

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI
KİMYA EĞİTİMİ BİLİM DALI

FARKLI KAVRAMSAL DEĞİŞİM TEKNİKLERİ İLE
ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ 5E MODELİNİN KİMYASAL DENGİ
KONUSUNUN ÖĞRETİMİNDEKİ ETKİLİLİĞİ

DOKTORA TEZİ

Akbar NASERİAZAR

TRABZON
Haziran, 2015

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLARI EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI
KİMYA EĞİTİMİ BİLİM DALI

FARKLI KAVRAMSAL DEĞİŞİM TEKNİKLERİ İLE
ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ 5E MODELİNİN KİMYASAL DENGE
KONUSUNUN ÖĞRETİMİNDEKİ ETKİLİLİĞİ

Akbar NASERİAZAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nce Doktora Unvanı
Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Danışmanı
Prof. Dr. Haluk ÖZMEN

TRABZON
Haziran, 2015

KTÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma jürimiz tarafından Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Haluk ÖZMEN



Üye : Prof. Dr. Mustafa SÖZBİLİR



Üye : Prof. Dr. Şule BAHÇECİ



Üye : Prof. Dr. Tacettin PINARBAŞI



Üye : Doç. Dr. Gökhan DEMİRCİOĞLU



Onay

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Nevzat YİĞİT
Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Tezimin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı ve bu tezi KTÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsünden başka bir bilim kuruluşuna akademik gaye ve unvan almak amacıyla vermediğimi; tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada kullanılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

Akbar NASERİAZAR

29 / 06 / 2015

ÖN SÖZ

Bu çalışmada zenginleştirilmiş bir öğretim materyalinin üniversite birinci sınıf düzeyinde kimyasal denge konusunun öğretimindeki etkililiğinin İran örneğinde belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma süresince doktora tez danışmanlığımı üstlenerek, çalışmanın yürütülmesi sırasında her aşamada bana yardımcı olan ve değerli katkılarıyla yol gösteren, yardımlarını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, tezimin yazılması ve düzeltilmesi sürecinde yoğun emek harcayan, titiz çalışma anlayışını her zaman örnek alacağım saygıdeğer hocam sayın Prof. Dr. Haluk ÖZMEN'e araştırma boyunca göstermiş olduğu anlayış için sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez hazırlama sürecinde görüş ve önerilerinden faydalandığım değerli hocalarım sayın Prof. Dr. Şule BAHÇECİ, sayın Prof. Dr. Muammer ÇALIK ve sayın Doç. Dr. Gökhan DEMİRCİOĞLU'na minnettarlığımı bildirmek isterim. Ayrıca, tez savunma sınavıma gelerek değerli katkılarda bulunan Atatürk Üniversitesi öğretim üyeleri sayın Prof. Dr. Mustafa SÖZBİLİR ve sayın Prof. Dr. Tacettin PINARBAŞI'na da teşekkürlerimi sunarım. Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan, her türlü sıkıntıma katlanan, yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen eşim Sohila YEKRANG ve çocuklarım Moin ve Metin'e teşekkür ederim.

Yaşamımın her alanında olduğu gibi bu çalışmamda da benden karşılıksız desteklerini esirgemeyen ve bana daima güç veren, sevgili annem ve kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Düşünce ve yardımlarını esirgemeyen ve her ihtiyaç duyduğumda değerli zamanlarını bana ayıran Karadeniz Teknik Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi tüm öğretim ve araştırma görevlilerine teşekkür ederim.

Haziran, 2015
Akbar NASERİAZAR

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR LİSTESİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1. 1. Araştırmanın Amacı	8
1. 2. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi	8
1. 3. Araştırmanın Sınırlılıkları.....	14
1. 4. Araştırmanın Varsayımları	14
1. 5. Tanımlar	14
2. LİTERATÜR TARAMASI	16
2. 1. Araştırmanın Kuramsal Çerçevesi	16
2. 1. 1. Yapılandırmacı Öğrenme Kuramı	16
2. 1. 2. Kavramsal Değişim	21
2. 1. 2. 1. Kavramsal Değişim Metinleri (KDM).....	22
2. 1. 2. 1. 1. Kimya Eğitiminde Kavramsal Değişim Metinleriyle İlgili Yapılan Çalışmalar	22
2. 1. 2. 2. Analogiler	26
2. 1. 2. 2. 1. Kimya Eğitiminde Analogiyle İlgili Yapılan Çalışmalar	27
2. 1. 2. 3. Animasyonlar	30
2. 1. 2. 3. 1. Kimya Eğitiminde Animasyonla İlgili Yapılan Çalışmalar	31
2. 1. 2. 4. Simülasyonlar	34
2. 1. 2. 4. 1. Kimya Eğitiminde Simülasyonla İlgili Yapılan Çalışmalar	35
2. 1. 3. Kimya Öğretiminde Yaşanan Güçlükler	38
2. 1. 4. İran Eğitim Sistemi ve İran'da Kimya Eğitimi	39
2. 1. 5. Kimyasal Denge	41
2. 1. 5. 1. Kimyasal Denge Konusu ile İlgili Yapılan Çalışmalar	42

2. 1. 5. 1. 1. Kimyasal Denge Konusundaki Alternatif Kavramaları Belirlemeye Yönelik Yapılan Çalışmalar	42
2. 1. 5. 1. 2. Kimyasal Denge Konusunun Öğretimine Yönelik Yapılan Çalışmalar	46
2. 2. Literatür Taramasının Sonucu.....	52
3. YÖNTEM	55
3. 1. Araştırmanın Tasarlanması.....	55
3. 1. 1. Araştırmaya Ait Çalışma Takvimi	57
3. 2. İdari Düzenlemeler.....	57
3. 3. Araştırmanın Yöntemi	58
3. 4. Örneklem	59
3. 5. Veri Toplama Araçları	60
3. 5. 1. Kimyasal Denge Kavramsal Anlama Testi (KİDKAT).....	60
3. 5. 2. Kimyasal Denge Başarı Testi (KİDBAT).....	61
3. 5. 3. Mülakat.....	62
3. 6. Çalışma Kapsamında Geliştirilen Öğretim Materyalleri.....	63
3. 6. 1. Kavramsal Değişim Metinlerinin (KDM) Geliştirilmesi	64
3. 6. 2. Analogilerin Geliştirilmesi.....	66
3. 6. 3. Animasyonların Geliştirilmesi	67
3. 6. 4. Simülasyonların Geliştirilmesi.....	68
3. 6. 5. Öğretmen Kılavuzunun Geliştirilmesi	71
3. 7. Pilot Uygulamaların Yapılması	76
3. 7. 1. KİDKAT ve KİDBAT'ın Pilot Uygulaması	76
3. 7. 1. 1. Geçerlik ve Güvenirlik Çalışmaları.....	77
3. 7. 2. Mülakat Sorularının Pilot Uygulaması	78
3. 7. 3. Kılavuzun Pilot Uygulaması.....	78
3. 8. Asıl Uygulamaların Yapılması	79
3. 8. 1. Kontrol Grubunda Derslerin Yürütülme Süreci	80
3. 8. 2. Deney Grubunda Derslerin Yürütülme Süreci	81
3. 8. 3. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Uygulamaların Karşılaştırılması	83
3. 9. Araştırmadan Elde Edilen Verilerin Analizi.....	87
3. 9. 1. KİDKAT'tan Elde Edilen Verilerin Analizi.....	87
3. 9. 2. KİDBAT'tan Elde Edilen Verilerin Analizi.....	88
3. 9. 3. Mülakatlardan Elde Edilen Verilerin Analizi	89
4. BULGULAR.....	91

4. 1. Birinci Alt Probleme Yönelik Bulgular	91
4. 1. 1. KİDKAT'tan Elde Edilen Bulgular	91
4. 1. 2. KİDBAT'tan Elde Edilen Bulgular	101
4. 2. İkinci Alt Probleme Yönelik Bulgular	110
4. 2. 1. KİDKAT'tan Elde Edilen Bulgular	110
4. 2. 2. Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular	114
4. 3. Üçüncü Alt Probleme Yönelik Bulgular	120
4. 3. 1. KİDBAT'tan Elde Edilen Bulgular	120
4. 3. 2. KİDKAT'tan Elde Edilen Bulgular	122
4. 3. 3. Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular	125
5. TARTIŞMA	131
5. 1. Araştırmanın Birinci Alt Problemine Yönelik Yapılan Tartışma	131
5. 2. Araştırmanın İkinci Alt Problemine Yönelik Yapılan Tartışma	136
5. 3. Araştırmanın Üçüncü Alt Problemine Yönelik Yapılan Tartışma	142
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	148
6. 1. Sonuçlar	148
6. 2. Öneriler	150
6. 2. 1. Araştırma Sonuçlarına Dayalı Öneriler	150
6. 2. 2. İleride Yapılabilecek Araştırmalara Yönelik Öneriler	151
7. KAYNAKLAR	153
8. EKLER	176
9. ÖZ GEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ	256

ÖZET

Farklı Kavramsal Değişim Teknikleri ile Zenginleştirilmiş 5E Modelinin Kimyasal Denge Konusunun Öğretimindeki Etkililiği

Bu çalışmanın amacı, 5E modeline göre hazırlanmış zenginleştirilmiş bir öğretim materyalinin üniversite biyoloji bölümü Genel Kimya dersi içeriğinde yer alan kimyasal denge konusunun öğretimindeki etkililiğini İran örnekleme bağlamında incelemektir. Çalışmada yarı deneysel yöntem kapsamında ön test–son test eşitlenmemiş kontrol gruplu desen kullanılmıştır. Bu amaçla bir deney, bir de kontrol grubu seçilmiş ve deney grubunda zenginleştirilmiş 5E modeline dayalı öğretim, kontrol grubunda ise geleneksel öğretim ile kimyasal denge ünitesi işlenmiştir.

Araştırma 2011-2012 eğitim-öğretim yılında İran'da yürütülmüştür. Çalışmanın örneklemini İran'da Marand şehrinden bir üniversitenin fen fakültesi biyoloji bölümü birinci sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Çalışmanın pilot uygulaması 20 biyoloji birinci sınıf öğrencisi ile asıl uygulama ise deney ve kontrol gruplarında 30'ar öğrenci içerecek şekilde toplam 60 öğrenci ile yürütülmüştür. Araştırmada veri toplama aracı olarak Kimyasal Denge Başarı Testi (KİDBAT), Kimyasal Denge Kavramsal Anlama Testi (KİDKAT) ve yarı yapılandırılmış mülakatlar kullanılmıştır. KİDBAT 26 adet çoktan seçmeli soru içerirken, KİDKAT 20 adet iki aşamalı çoktan seçmeli soru içermektedir. Mülakatlarda ise öğrencilere beş adet soru yöneltilmiştir. KİDBAT ve KİDKAT ön test, son test ve gecikmiş test olarak uygulanmıştır. Mülakatlar ise her iki gruptan seçilen 12'şer öğrenci ile son mülakat ve gecikmiş mülakat şeklinde yürütülmüştür. Araştırmada KİDBAT ve KİDKAT'tan elde edilen veriler SPSS 18 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Mülakat verileri ise öğrencilerin ortak düşüncelerini yansıtacak şekilde oluşturulan temalar frekanslandırılarak analiz edilmiştir.

Çalışmadan elde edilen veriler deney grubu öğrencilerinin başarı, kavrama ve yanlış kavramlarını giderme bakımından kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı olduklarını göstermektedir. Ayrıca öğrenilen bilgilerin kalıcılığı açısından da deney grubu öğrencilerinin kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı oldukları belirlenmiştir. Çalışma elde edilen sonuçlardan hareketle bazı önerilerde bulunularak tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kimyasal Denge, Kavramsal Değişim Metinleri, Analoji, Simülasyon, Bilgisayar Animasyonları, Zenginleştirilmiş 5E Öğretim Modeli, Alternatif Kavrama.

ABSTRACT

Effectiveness of Different Conceptual Change Techniques Enhanced with 5E Model in Teaching Chemical Equilibrium

The aim of this study is to investigate the effectiveness of teaching material that is prepared and enriched according to 5E Model, in teaching of subject of chemical equilibrium in General Chemistry course in a department of biology at an Iranian university. The pretest - posttest non-equivalent control group design was used within the scope of quasi-experimental method. For this purpose, an experimental and a control group were selected and the unit of chemical equilibrium was taught with enriched 5E model based teaching in the experimental group and traditional teaching method in control group.

The research was carried out in Iran during the academic year of 2011-2012. The sample of the study comprised of first year students in a department of biology in an university in Marand in Iran. The pilot study was carried out with 20 first year biology students and the main study was carried out 60 students totally, 30 students for control and experimental groups. Chemical Equilibrium Achievement Test (CEAT), Chemical Equilibrium Conceptual Understanding Test (CECUT) and semi structured interviews were used as data collection tools. While CEAT contains 26 multiple-choice questions, CECUT has 20 two-tier multiple-choice questions. In interviews, five questions were asked to students. CEAT and CECUT were implemented as pre-test, post-test and delayed-test. Interviews were conducted as post-interview and delayed-interview with 12 students that were chosen for each group. Data obtained from CEAT and CECUT was imported into SPSS 18 packet program. Interview data was analyzed with digitizing themes that reflect students' common thoughts.

Obtained data showed that students in the experimental group were more successful than students in the control group in terms of success, conception and dispelling alternative conceptions. In addition, it was determined that students in experimental group were better than the control group with the regard of retention of knowledge. It was made some suggestions according to conclusions obtained from the study.

Key Words: Chemical Equilibrium, Conceptual Change Text, Analogy, Simulation, Computer Animation, Enriched 5E Teaching Model, Alternative Conception.

TABLÖLAR LİSTESİ

<u>Tablo No</u>	<u>Tablo Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
1.	5E Modeli ile İlgili Yapılan Çalışmalar	19
2.	Kavramsal Değişim Metinleriyle İlgili Yapılan Çalışmalar	23
3.	Analoji ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	28
4.	Animasyonlar ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	32
5.	Simülasyonlar ile İlgili Yapılan Çalışmalar	36
6.	Kimyasal Denge Konusundaki Kavram Yanılgılarını Belirlemeye Yönelik Yapılan Çalışmalar	43
7.	Kimyasal Denge Konusunun Öğretimine Yönelik Yapılan Bazı Çalışmalar	47
8.	Araştırmaya Ait Çalışma Takvimi	57
9.	Araştırmanın Örneklem Grubu ve Yapılan Çalışmalar	60
10.	KİDKAT'taki Sorularının İlişkili Olduğu Konular	61
11.	KİDBAT'taki Sorularının İlişkili Olduğu Konular	62
12.	İleri ve Geri Reaksiyonların Hızı ile İlgili Analoji Örneği.....	66
13.	Örnek Ders Planı	71
14.	KİDKAT Analiz Sonuçları.....	77
15.	KİDBAT Analiz Sonuçları.....	78
16.	Deney ve Kontrol Gruplarındaki Uygulamaların Karşılaştırılması	84
17.	KİDKAT Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	92
18.	KİDKAT Ön Test, Son Test ve Gecikmiş Test Puanlarının ANOVA Sonuçları	92
19.	KİDKAT Tukey HSD Analizi Sonuçları	93
20.	Öğrencilerin KİDKAT Puanlarının Deney ve Kontrol Gruplarına Göre ANOVA Sonuçları.....	94
21.	Deney ve Kontrol Grupları KİDKAT Ön, Son ve Gecikmiş Test Sonuçlarına İlişkin Bağımsız t Testi Sonuçları	94

22.	Kontrol Grubu KİDKAT Ortalama, Standart Sapma ve Korelasyon Değerleri.....	95
23.	Deney Grubu KİDKAT Ortalama, Standart Sapma ve Korelasyon Değerleri.....	96
24.	Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin KİDKAT'ın Birinci ve İkinci Kısımına Verdikleri Doğru Cevap Yüzdeleri.....	98
25.	KİDBAT Ortalama ve Standart Sapma Değerleri.....	101
26.	KİDBAT Ön test, Son test ve Gecikmiş Test Puanları Tek Yönlü ANOVA Sonuçları.....	102
27.	KİDBAT'ın Ön Test, Son Test ve Gecikmiş Test Post Hoc Analizi Sonuçları.....	102
28.	Öğrencilerin KİDBAT Puanlarının Deney ve Kontrol Grubuna Göre ANOVA Sonuçları.....	103
29.	Deney ve Kontrol Grupları KİDBAT Ön Test Sonuçlarına İlişkin Bağımsız t- Testi Sonuçları.....	104
30.	Deney ve Kontrol Grubu KİDBAT Son Test Sonuçlarına İlişkin Bağımsız t- Testi Sonuçları.....	104
31.	Deney ve Kontrol Grupları KİDBAT Gecikmiş Test Sonuçlarına İlişkin Bağımsız t -Testi Sonuçları.....	105
32.	Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin KİDBAT Doğru Cevap Yüzdeleri.....	105
33.	Deney ve Kontrol Gruplarında Tespit Edilen Alternatif Kavramalar ve Yüzdeleri.....	110
34.	Mülakatlardan Elde Edilen Alternatif Kavrama Yüzdeleri.....	115
35.	Birinci Soruda Alternatif Kavramaya Sahip Öğrencilerin Mülakatlardaki Dağılımları.....	116
36.	İkinci Soruda Alternatif Kavramaya Sahip Öğrencilerin Mülakatlardaki Dağılımları.....	117
37.	Üçüncü Soruda Alternatif Kavramaya Sahip Öğrencilerin Mülakatlardaki Dağılımları.....	118
38.	Dördüncü Soruda Alternatif Kavramaya Sahip Öğrencilerin Mülakatlardaki Dağılımları.....	119
39.	Beşinci Soruda Alternatif Kavramaya Sahip Öğrencilerin Mülakatlardaki Dağılımları.....	120
40.	Deney ve Kontrol Gruplarının Gecikmiş Test Puanlarının Karşılaştırılması.....	120

41.	Gecikmiş Test ve Düzeltilmiş Gecikmiş Test Ortalamaları	121
42.	Gecikmiş Test Ölçeğine Göre Düzeltilmiş ANCOVA Sonuçları	121
43.	KİDBAT Son test ve Gecikmiş test Post Hoc Analizi Sonuçları.....	121
44.	KİDBAT Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	122
45.	KİDBAT Puanlarının Deney ve Kontrol Grubuna Göre ANOVA Sonuçları	122
46.	Deney ve Kontrol Gruplarının Gecikmiş Test Puanlarının Karşılaştırılması.....	123
47.	Gecikmiş Test ve Düzeltilmiş Gecikmiş Test Ortalamaları	123
48.	Gecikmiş Test Ölçeğine Göre Düzeltilmiş ANCOVA Sonuçları	123
49.	KİDKAT Tukey HSD Analizi Sonuçları	124
50.	KİDKAT Ortalama ve Standart Sapma Değerleri	124
51.	KİDKAT Puanlarının Deney ve Kontrol Grubuna Göre ANOVA Sonuçları	124
52.	Mülakatın Birinci Sorusuna Verilen Cevaplar	125
53.	Birinci Soruya Doğru Cevaplar Veren Öğrencilerin Dağılımı	125
54.	Mülakatın İkinci Sorusuna Verilen Doğru Cevaplar	126
55.	İkinci Soruya Doğru Cevaplar Veren Öğrencilerin Dağılımı	126
56.	Mülakatın Üçüncü Sorusuna Verilen Doğru Cevaplar	127
57.	Üçüncü Soruya Doğru Cevaplar Veren Öğrencilerin Dağılımı	127
58.	Mülakatın Dördüncü Sorusuna Verilen Doğru Cevaplar.....	128
59.	Dördüncü Soruya Doğru Cevaplar Veren Öğrencilerin Dağılımı	128
60.	Mülakatın Beşinci Sorusuna Verilen Doğru Cevaplar.....	129
61.	Beşinci Soruya Doğru Cevaplar Veren Öğrencilerin Dağılımı	129

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Şekil Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
1.	Araştırma kapsamında yapılan çalışmaların akış şeması	56
2.	Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısına yönelik animasyon ekran görüntüsü	68
3.	Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı ilgili simülasyon ekran görüntüsü.....	70
4.	Veri toplama araçlarından elde edilen bulguların sunuluşu	91
5.	Deney ve kontrol grubu öğrencilerin KİDKAT ön, son ve gecikmiş test ortalama puanlarının karşılaştırılması.....	95
6.	Deney ve kontrol grubu KİDKAT puanlarının karşılaştırılması	97
7.	Deney ve kontrol grubu öğrencilerin KİDBAT'ın ön, son ve gecikmiş test ortalama puanlarının karşılaştırılması.....	105

KISALTMALAR LİSTESİ

KDM	: Kavramsal Değişim Metni
DÜ	: Deney Üst Grup
DO	: Deney Orta Grup
DA	: Deney Alt Grup
KÜ	: Kontrol Üst Grup
KO	: Kontrol Orta Grup
KA	: Kontrol Alt Grup
DG	: Deney Grubu
KİDKAT	: Kimyasal Denge Kavramsal Anlama Testi
KİDBAT	: Kimyasal Denge Başarı Testi
KR-20	: Kuder Richardson - 20
ÖT	: Ön Test
ST	: Son Test
GT	: Gecikmiş Test
SM	: Son Mülakat
GM	: Gecikmiş Mülakat
AK	: Alternatif Kavrama
T	: Test
T-S	: Test ve Sebep

1. GİRİŞ

Çağdaş eğitim sistemlerinin temel amacının, bilgileri hafızasında tutabilen ve gerektiğinde söyleyebilen bireyler yerine; bilgilerini karşılaştıkları sorunlara çözüm üretmek üzere kullanabilen, bilgi birikimlerini analiz edebilen ve buna dayalı yeni bilgiler üretebilen bireylerin yetiştirilmesi olduğu ifade edilmektedir (Köseoğlu ve Erdoğan, 2006). Bu bağlamda düşünüldüğünde, eğitim sisteminden ve yetişen bireylerden beklentiler de değişmektedir. Artık bireylerin bilgi üreten ve geliştiren, olaylara yönelik farklı bakış açılarına sahip olabilen, analitik, eleştirel ve yaratıcı düşünce yapısına sahip olan, hayat boyu öğrenme kapsamında sürekli kendini geliştirebilen, bilgiye ulaşma yollarını bilen ve kullanabilen ve öğrendiklerini kalıcı hale getirebilen özelliklere sahip olmaları beklenmektedir (Avcıoğlu, 2008; Küçükıymaz, 2003). Bu ise beklentileri karşılayacak nitelikte öğretim yaklaşım ve yöntemlerinin seçilmesini ve bunların ilköğretimden itibaren bütün eğitim aşamalarında kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Eğitim ortamlarında öğretmeni merkeze alan, öğrencilerin çoğunlukla dinleyici rolünde oldukları, konu ve bilgi odaklı, ders kitapları, düz anlatım ve tebeşir-tahtaya odaklı olan öğretim yöntemleri çoğunlukla geleneksel yöntemler olarak nitelenmektedir. Bu tür yöntemlerle zaman zaman sonuç alınabilmesi mümkün olsa da, literatürdeki çalışmalar geleneksel öğretim yöntemlerinin özellikle soyut, moleküler ve anlaşılması zor olan kavramların öğrenilmesinde yeterli etkiyi gösteremediğini, öğrencilerin başarılarının beklenen düzeyde gerçekleşmediğini ve öğrencilerde hatalı fikirlerin meydana gelmesine de yol açabildiğini ifade etmektedir (Kıyıcı ve Yumuşak, 2005; Lord, 1999; Quilez, 2004; Yip, 2001). Ayrıca bu yöntemlerin istenen düzeyde öğrenmeler gerçekleştirmediği, öğrenme sürecinde öğrencileri pasif bilgi alıcısı olarak kabul ederek ezberle ittiği ve ezberlenen bilgilerin benzer durumlara uyarlanamadığı, bilgilerin uzun süre kalıcılığının sağlanamadığı, öğrencilerin sahip oldukları hatalı fikirleri gidermede yetersiz kaldığı, çoğunlukla öğrencilerin bilgilere kendilerinin ulaşmasına fırsat vermeden, bilgileri formüle edilmiş kalıplar içinde sunduğu belirtilmektedir (Bağcı Kılıç, 2001; Coştu, Ayas, Niaz, Ünal ve Çalık, 2007; Guzzetti, 2000; Tytler, 2002). Bu durum daha yenilikçi, esnek, öğrencilerin aktif katılımını sağlayan ve çağdaş anlamda kabul gören yöntemlerin geleneksel yöntemlerin yerini almasının bir zorunluluk haline gelmesine yol açmaktadır. Bu anlayış son yıllarda çağdaş eğitim-öğretim ortamlarında aktif öğrenmeye ve geleneksel yöntemlerin dezavantajlarını azaltmaya olanak veren modellerin sıkça kullanılmaya başlanmasına yol açmıştır.

Öğrencilerin öğrenme sürecinde aktif olmasını sağlayan bu modellerle öğrencileri, sadece bilgi ile doldurmak yerine, bilgiye kendisi ulaşabilen, kendi bilgisini kendisi yapılandırabilen, öğrendiği bilgileri yaşantısında kullanan, üretici, keşfedici düşünen, eleştiren, yaratıcı, yeniliklere açık bireyler olarak yetiştirmek hedeflenmektedir (Çelik, Şenocak, Bayrakçıken, Taşkesenligil ve Doymuş 2005; Bağcı Kılıç, 2001). Yapılandırmacı öğrenme kuramı öğrencilerin bilgiyi yaparak yaşayarak kendi zihinlerinde yapılandırabilmelerine, kendi öğrenme sorumluluklarını kazanmalarına, daha kalıcı öğrenmeler meydana gelmesine ve öğrenilen bilgilerin günlük yaşamla ilişkisinin kurulabilmesine olanak sağlayan bir yaklaşım olarak (Aşkar, Aktamış, Ergin ve Akpınar, 2002; Bağcı Kılıç, 2001) son yıllarda önem kazanmıştır. Öğrenenin etrafı ile etkileşimi sonucu öğrendiği bilgileri kendi zihninde var olanlarla ilişkilendirerek öğrendiğini savunan bu kuram, öğrenme sürecinde öğrenenin fiziksel ve zihinsel olarak aktif olmasını ve bunun için de öğrenenlere bilgilerini oluşturabilecekleri ve uygulayabilecekleri ortamların sağlanması gerektiğini ifade etmektedir (Özmen ve Yıldırım, 2005). Literatürde bu kuramın temel alındığı ve buna dayalı olarak farklı yöntem ve tekniklerin kullanıldığı çalışmalarda çoğunlukla yapılandırmacı yaklaşımın sınıf ortamındaki uygulanma modelleri dikkate alınarak geliştirilmiş materyallerin öğrencilerin değişik konulardaki anlamalarına, hatalı fikirlerini düzeltmelerine ve bilgilerinin kalıcılığına olan etkisi incelenmektedir (Çalık, Ayas ve Coll, 2010; Palmer, 2003; Tsai, 1999). Bu modeller içerisinde 5E modeli en fazla kullanılan öğretim modeli olarak ön plana çıkmaktadır. Literatürde bu modelin kullanılmasına ve diğer öğretim teknikleri ile karşılaştırılmasına yönelik olarak yapılan çalışmaların sonuçları, 5E'ye dayalı öğretimin özellikle geleneksel anlayışa göre daha etkili sonuçlar alınmasını sağlayabildiğini göstermektedir (Brown, 2006; Hanuscin ve Lee, 2007; Kurnaz ve Çalık, 2008; Özsevgeç, 2007). Bu sonuçlar 5E'nin etkisinin belirlenmesine yönelik araştırmalara olan ilginin hala canlı kalmasına yol açmaktadır.

Kimyanın, içerdiği kavramların soyut nitelikte olması ve kullandığı dilin farklılığı nedeniyle öğrenciler için öğrenilmesi oldukça zor bir alan olduğu literatürde ifade edilmektedir (Kirkwood ve Symington, 1996; Lorenzo, 2005). Öğrenciler formal olarak kimya öğrenmeden önce bile doğal olaylar hakkında çeşitli fikir ve inançlar geliştirirler ve bu ön bilgilerle birlikte sınıfa gelirler. Bu ön bilgi ve beceriler öğrenci açısından mantıklı olsa da, çoğu zaman bilimsel olarak kabul edilebilir olandan farklı olabilmektedir. Kimya konularında kavramların etkili bir şekilde öğretilmesi ve öğrenilmesi sürecinde, ilgili konularda öğrencilerin sahip oldukları bilimsel temellerden yoksun fikirlerin belirlenmesi önemli bir yer tutmaktadır. Çünkü bu fikirler öğrencilerin yeni bilgiler öğrenmelerini ve zihinlerinde doğru kavramları geliştirmelerini olumsuz yönde etkilemektedirler (Coştu, Karataş ve Ayas, 2003; Niaz ve diğ., 2002). Öğrenciler tarafından oluşturulan bilimsel

temellerden yoksun bu fikirler literatürde “yanlış anlama (misconceptions)” (Yah, 1998), “alternatif kavrama (alternative conceptions)” (Horton, 2007), “alternatif çerçeve (alternative frameworks)” (Driver, 1981), “ön kavrama (preconceptions)” (Benson, Wittrock ve Baur, 1993), “öznel inanç (naive beliefs)” (Camarazza, McCloskey ve Green, 1981), “çocukların bilimi (children’s science)” (Gilbert, Osborne ve Fensham, 1982) gibi birçok terimle ifade edilmektedir. DiSessa (1993)’e göre kavram yanılığı öğretilen bilginin yanlış anlaşılması iken, alternatif kavrama öğrencide kendiliğinden gelişmektedir. Öğretmenin yanlış bilgiler sunması durumunda, öğrencinin sahip olduğu yanlış bilgilere kavram yanılığı demenin uygun olmadığı ifade edilmektedir (Taber ve Tan, 2011). Ayrıca, alternatif kavrama daha çok yapılandırmacı öğrenme için uygun bir terim iken, kavram yanılığı pozitivist eğilimler için uygun bir terimdir (Taber, 2009). Ayrıca öğrencilerin taşıdıkları inançlar bilimsel açıdan hatalı olsa da, öğrenciler bu düşüncelerin hatalı olduğunun farkında olmadan onları kabullenmekte ve zihinlerine yerleştirmektedir. Bu nedenle bu tür inanışlara yanlış demek yerine alternatif kavrama denilmesinin daha doğru olacağı yönünde literatürde de mevcut olan düşüncelden hareketle, bu çalışmada bilimsel doğrulardan farklı öğrenci inanışlarını ifade etmek üzere “alternatif kavrama” terimi kullanılacaktır. Kavram öğretiminin etkili bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için öğrencilerin sahip oldukları ön bilgiler ve alternatif kavramalar belirlenmeli ve öğrenme ortamları bu ön bilgiler ve alternatif kavramalar dikkate alınarak düzenlenmelidir. Çünkü bu tür inanışlar ve açıklamalar geleneksel öğretim stratejileri ile değiştirilmeye karşı direnç göstermektedir (Treagust, Duit ve Nieswandt, 2000) ve bu nedenle alternatif öğretim tekniklerinin kullanılması zorunlu hale gelmektedir.

Kimyasal denge hem lise hem de üniversite kimya öğretim programında önemli bir yere sahip bir konu olarak, genel kimyadaki en önemli ve en zor konulardan birisi olarak kabul edilmektedir (Piquette ve Heikkinen, 2005; Solomonidou ve Stavridou, 2001; Tyson, Treagust ve Bucat, 1999). Bunun en önemli nedenleri arasında soyut nitelikte kavramlar içeriyor olması ve birçok alt kavramın bilinmesini gerektirmesi sayılabilir (Quilez-Pardo ve Solaz-Portoles, 1995; Voska ve Heikkinen, 2000). Ayrıca Bilgin (2006) kimyasal dengenin öğrencilerde bilimsel olarak hatalı fikirlerin meydana gelmesine yol açabilen özellikte bir yapıya sahip olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle son yirmi yıldır kimyasal denge konusundaki öğrenci anlamalarının, bu konuyu öğrenmede niçin güçlük yaşadıklarının ve taşıdıkları hatalı fikirlerin belirlenmesine yönelik çalışmalar oldukça artmıştır. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar her seviyedeki öğrencilerin kimyasal denge konusunu öğrenmede yeterli başarıyı gösteremediklerini ve birçok hatalı inanışa sahip olduklarını göstermektedir (Bilgin, 2006; Canpolat ve Pınarbaşı, 2002; Kousathana ve Tsaparlis, 2002; Özmen, 2008a; Piquette ve Heikkinen, 2005; Quilez-Pardo ve Solaz-Portoles, 1995;

Solomonidou ve Stavridou, 2001; Thomas ve Schwenz, 1998; Tyson, Treagust ve Bucat, 1999; Voska ve Heikkinen, 2000).

Kimyanın diğer konularında olduğu gibi, kimyasal denge konusunda da öğrencilerdeki başarısızlığın en önemli sebeplerinden birisinin kullanılan öğretim yöntemleri olduğu ve geleneksel öğretim yöntemlerinin özellikle soyut kavramlarla ilgili tam bir kavrama gerçekleştirme, hatalı inanışları tespit etme ve giderme ve kavramsal değişimi gerçekleştirme hususlarında yetersiz kaldığı literatürde açıkça ifade edilmektedir (Lord, 1999; Tsai, 1999; Yip, 2001). Geleneksel olarak adlandırılan yöntemlerin özellikle kimyasal denge gibi soyut kavramların yer aldığı kimya konularının öğretilmesi ve öğrenilmesindeki bu yetersizliği çözülmesi gereken önemli bir problem olarak öğretmenlerin, eğitimcilerin ve araştırmacıların karşısında durmaktadır. Geleneksel yöntemlerle ilgili bir diğer problem de öğrenilen bilgilerin kalıcılığının uzun süre devam ettirilememesidir. İlgili literatürde değişik kimya kavramlarıyla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, farklı kavramsal değişim tekniklerinin kullanıldığı ve/veya yapılandırmacı anlayışa uygun öğretim modellerinin kullanıldığı araştırmalarda öğrenilen bilgilerin kalıcılığının geleneksel yöntemlere göre daha uzun süre devam ettiği ifade edilmektedir (Çalık, Ayas ve Coll, 2010; Kelly ve Jones, 2007; Kelly, Phelps ve Sanger, 2004; Özmen, 2007; Özmen, Demircioğlu ve Demircioğlu, 2009). Bu sonuçlar farklı tekniklerin öğrencilerin bilgilerini uzun süreli hafızada depolamaları yönünde geleneksel yöntemlerden daha etkili olduklarını göstermektedir. Öğrenilen bilgilerin kalıcılığı bu bilgilerin daha sonra kullanılması ve yeni bilgilerin öğrenilmesi açısından önem taşıdığından, geleneksel yöntemlerin bu yetersizliği de aşılması gereken bir problem olarak ortaya çıkmaktadır.

Geleneksel öğretim yöntemlerinin yetersiz olduğu ve istenen düzeyde öğrenmelerin gerçekleşmesini sağlayamadığı yönündeki yaygın problemden hareketle, eğitimciler ve araştırmacılar son yıllarda farklı, yeni ve özellikle soyut ve moleküler düzeydeki kavramların öğretilmesinde kullanılabilecek alternatif teknikler bulmaya ve bunların etkisini belirlemeye yönelik çalışmalar yapmaya yönelmişlerdir. Literatürde bu anlamda kullanılabilecek birçok çağdaş teknikten söz edilmekte olup, kavramsal değişim metinleri, animasyonlar, simülasyonlar ve analogiler bunlardan sadece bazılarıdır (Harrison ve Jong, 2005; Harrison ve Treagust, 2000; Snir, Smith ve Raz, 2003; Tasker ve Dalton, 2006; Weerawardhana, Ferry ve Brown, 2006). İlgili literatür incelendiğinde kavramsal değişim metinlerinin (Chambers ve Andre, 1997; Mikkila, 2001; Palmer, 2003) animasyonların ve simülasyonların (Kelly ve Jones, 2007; Sandberg ve Bellamy, 2004; Sanger ve Greenbowe, 2000; Urhahne, Nick ve Schanze, 2008; Weerawardhana, Ferry ve Brown, 2006; Williamson, 2011) ve analogilerin (Coll, France ve Taylor, 2005; Çalık ve Ayas,

2005; Çalık, Ayas ve Coll, 2009; Harrison ve Jong, 2005; Harrison ve Treagust, 2006) kimyanın değişik kavramlarının öğrenilmesindeki etkisinin belirlenmeye çalışıldığı araştırmalara rastlanmaktadır. Bu teknikler kimyasal denge konusundaki öğrenmelere etkileri açısından da literatürde ele alınmış olup, yapılan çalışmaların hemen hemen hepsinde kullanılan farklı yöntemlerin geleneksel yöntemlere göre daha etkili sonuçlar elde edilmesini sağladığı belirtilmektedir.

Bu teknikler içerisinde en yaygın olarak kullanılanlardan birisi kavramsal değişim metinleridir. Kavramsal değişim metinleri öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramların kavramsal değişim yaklaşımı çerçevesinde bilimsel olarak kabul edilebilir bilgilere dönüştürülebilmesini sağlayan araçlardır. Alternatif kavramlar öğrencilerin bakış açısından mantıklı ve değerli olan ve öğrencilerin yeni bilgileri öğrenmelerini engelleyebilen, kabul edilebilir bilimsel açıklamalardan farklı öğrenci inanışları şeklinde tanımlanmaktadır (Guzzetti, 2000; Halloun ve Hestenes, 1985). Bu inanışların geleneksel yöntemlerle değiştirilmesinin çok zor olduğu da bilinmektedir (Guzzetti, 2000; Halloun ve Hestenes, 1985; Wandersee, Mintzes ve Novak, 1994). Alternatif kavramların bilimsel olarak kabul edilebilir bilgilere dönüştürülmesi mevcut bilginin yeniden yapılandırılmasını gerektirmekte (Tyson, Venville, Harrison ve Treagust, 1997) ve öğrenenin ancak kendi düşüncelerinde tatminsizlik ve şüphe yaşaması ve kavramsal şemasında yeni bazı ilişkiler oluşturmayı başarması durumunda gerçekleşebilmektedir (Tekkaya, 2003). Geleneksel öğretim ile bunun başarılması çok zor olup, zihinde tatminsizlik yaratmanın en yaygın yollarından birisi öğrencileri mevcut düşünceleri ile çelişen durumlarla karşı karşıya bırakmaktır (Tao ve Gunstone, 1999). Kavramsal değişim metinleri bu anlamda bir tatminsizlik yaratma ve bu sayede alternatif fikirleri bilimsel olarak kabul edilenlerle değiştirmede en yaygın olarak kullanılan tekniklerden birisidir.

Animasyonların ve simülasyonların kimya kavramlarının öğrenilmesindeki etkisine yönelik literatürde pek çok çalışma mevcut olup (Kelly ve Jones, 2007; Sandberg ve Bellamy, 2004; Sanger ve Greenbowe, 2000; Weerawardhana, Ferry ve Brown, 2006), elde edilen sonuçlar genellikle olumlu bir etkinin varlığını belirtmektedir. Bu araçlar, öğrencilerin tanecikler düzeyinde meydana gelen değişimleri görebilmelerine ve ders kitaplarının ve diğer yazılı kaynakların aksine, kimyanın dinamik, etkileşimli ve tanecikli doğasını anlayabilmelerine olanak sağlamaları nedeniyle faydalı kabul edilmektedirler (Kelly ve Jones, 2007; Tasker ve Dalton, 2006; Yeziarski ve Birk, 2006). Kimya makroskobik, moleküler ve sembolik olmak üzere üç seviye içermekte ve bu seviyeler arasındaki ilişkinin yeterince anlaşılabilmesi birçok öğrenci için güçlük kaynağı olmaktadır (Harrison ve Treagust, 2000; Johnstone, 1999; Raviola, 2001; Sirhan, 2007). Hinton ve Nakhleh (1999) kimyasal değişimlerin anlaşılmasının öğrencilerin moleküler, makroskobik

ve sembolik düzeylerdeki anlamaları arasında bir köprü kurmayı gerektirdiğini ifade etmektedirler. Geleneksel öğretim yöntemleri çoğunlukla makroskobik ve sembolik seviyeye odaklanmakta (Kelly, Phelps ve Sanger, 2004), moleküler dünyada meydana gelen değişimlere ise değinmemektedir (Bunce ve Gabel, 2002). Bu durum tanecikler düzeyinde gerçekleşen olayların anlaşılmasının çok önemli olduğu kimyasal olaylarda öğrencilerin kavramları zihinlerinde yeterince canlandıramamalarına yol açmakta ve bunun sonucu olarak da öğrenciler kimyanın bu üç seviyesi arasında ilişki kuramamaktadırlar (Gabel, 1999). Ayrıca öğrencilerin tanecikler düzeyinde gerçekleşen olayları, atom ve moleküllerin hareketini zihinlerinde canlandıramamaları geleneksel yöntemlerin öğrenci anlamalarını geliştirme ve hatalı inanışlarını azaltma konusunda etkisiz kalmalarına yol açmaktadır (Kozma ve Russell, 1997; Kozma, Chin, Russell ve Marx, 2000; Wu, Krajcik ve Soloway, 2001). Literatürde animasyonlara ve simülasyonlara dayalı olarak gerçekleştirilen öğretimlerin öğrencilerin daha iyi anlamalar gerçekleştirebilmelerine ve tanecikler düzeyindeki kavramsal sorulara daha bilimsel düzeyde cevap verebilmelerini sağlamalarına yardımcı olacağı ifade edilmektedir (Ardaç ve Akaygün, 2004; Çalık, Kolomuç ve Karagölge, 2010; Kelly ve Jones, 2007; Özmen, 2008b). Bu anlamda animasyonlar ve simülasyonlar kimya kavramlarının ve moleküler düzeydeki kimyasal değişimlerin öğretilmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Analojilerin kimyasal kavramların öğrenilmesindeki etkisinin belirlenmesine yönelik olarak da literatürde pek çok araştırma mevcuttur (Coll, France ve Taylor, 2005; Çalık, Ayas ve Coll, 2009, 2010; Tien, Teitcher ve Rickey, 2007; Tsai, 1999). Bu araştırmaların sonuçları analogi kullanımının öğrencilerin anlamalarını geliştirdiğini göstermektedir. Yapılandırmacı anlayışa göre öğrencinin mevcut bilgi birikimi yeni bilgilerin oluşturulması sürecinde son derece önemlidir (Good, Wandersee ve St Julien, 1993). Bu nedenle yapılandırmacı anlayış öğretim etkinliklerinin düzenlenmesinde öğrencilerin mevcut bilgilerinin dikkate alınması gerektiğini savunur. Bu anlayışa göre öğrenci yeni karşılaştığı bilgileri daha önceden bildikleri ile karşılaştırarak anlamlı hale getirmeye çalışır. Bu düşünce analogjilerin yapılandırmacı anlayışın temel mantığına olan uygunluğunu gösterir. Çünkü analogi bilinen bir duruma benzetilerek bilinmeyen bir durumun açıklanması sürecidir (Wong, 1993). Bu anlamda düşünüldüğünde analogjilerin öğrencilerin mevcut bilgileri ile etkileşerek anlamalarını güçlendirebileceği, öğrenmenin kalıcı ve anlamlı olmasını sağlamaya yardımcı olacağı ve öğrencilerin kavramsal düzeydeki anlamalarını güçlendirmede analogjilerden yararlanabileceği literatürde belirtilmektedir (Çalık, Ayas ve Coll, 2010; Taylor ve Coll 1997; Tsai 1999). Ayrıca öğrenmenin kalıcı olabilmesi için soyut kavramların somutlaştırılması ve bilinen kavramlarla ilişkilendirilmesi gerektiği de ifade edilmektedir (Glynn ve Takahashi, 1998). Bu anlamda analogi kullanımının öğrencilerin

zihinlerinde soyut kavramlara dair şekillerin ve modellerin oluşmasına yardımcı olduğu bilinmektedir (Dilber, 2006). Bütün bu bilgiler analogilerin sınıf ortamında yaygın şekilde kullanılmasına yol açmaktadır (Brown, 1993; Dagher, 1995). Bunun yanı sıra, literatürde öğrencilerin mevcut bilgilerinin yetersiz, hatalı veya zayıf organize edilmiş olduğu durumlarda analogilerin etkili bir rol oynayacağı ifade edilmektedir (Coll, 1999; Coll ve Treagust, 2001). Bu durumda analogilerin sadece öğrencilerin kendi hatalı inanışları hakkında bilinçlenmelerine değil, bu hatalı inanışları bilimsel fikirlere dönüştürmelerine de yardımcı olduğu (Orgill ve Bodner, 2004) ve analogi kullanımının kavramsal değişimde önemli bir rol oynadığı (Küçükturan, 2003) belirtilmektedir.

Literatür detaylı şekilde incelendiğinde, yukarıda ifade edilen farklı tekniklerin kimyasal denge konusunun öğretilmesindeki etkililiğine yönelik araştırmaların, oldukça sınırlı sayıda da olsa, mevcut olduğu görülmektedir (Bilgin ve Geban, 2001; Canpolat vd., 2006; Huddle, White ve Rogers, 2000; Naseriazar, Özmen ve Badrian, 2011; Özmen, 2007; Solomonidou ve Stavridou, 2001). Bütün bu araştırma sonuçları kimyasal denge konusunun öğrenilmesinde etkili sonuçların elde edildiğini ifade etse de, bu konunun öğrenciler tarafından öğrenilmesinde halen sorunlar yaşandığı, hatta bazı öğrenci alternatif kavramlarının öğretim sonrasında da devam ettiğini de rapor etmektedirler. Bu durum kimyasal denge konusunun öğrenilmesinde ve öğretilmesinde yaşanan sorunların geleneksel öğretim yöntemleri dışındaki yöntemlerle bile belli ölçüde devam ettiğini ve bunun çözülmesi gereken bir problem olarak halen varlığını sürdürdüğünü göstermektedir. 5E öğretim modelinin farklı kavramsal değişim tekniklerinin birlikte kullanılması sonucu zenginleştirilerek uygulanmasının bu problemin çözümüne ne ölçüde katkı sağlayacağını araştırılması ise bu sorunun çözümünde önemli bazı ipuçları verebilecek nitelikte olabilir. Çünkü kimyanın diğer konularında farklı tekniklerle zenginleştirilmiş 4E ve/veya 5E öğretim modelinin öğrenmedeki etkisini belirlemeye yönelik çalışmaların sonuçları çoğunlukla olumludur (Çalık, 2008; Çalık, Ayas ve Coll, 2006; Çalık, Ayas ve Coll, 2010; Kurnaz ve Çalık, 2008; Türk ve Çalık, 2008). Çalışmada farklı tekniklerin kullanılmasının temel mantığı bu tekniklerin tek başlarına kullanıldıklarında yaşanabilecek yetersizliklerin diğer tekniklerle giderilebileceği düşüncesidir. Nitekim her teknik tek başına kullanıldığında bazı olumlu sonuçların yanısıra olumsuzluklar da ortaya çıkabilmekte veya tek kullanım yetersiz kalabilmektedir. Bu durum kimyasal denge konusunda da farklı tekniklerin birbiriyle ilişkilendirilmesinin yaşanan problemlerin çözümüne katkı sağlayabileceği düşüncesini doğurmaktadır. Bu düşünceden hareketle bu çalışmada *“farklı kavramsal değişim teknikleri ile zenginleştirilmiş ve 5E modeline göre geliştirilmiş bir öğretim materyali kimyasal denge konusunun öğretiminde ne ölçüde etkili olur?”* sorusuna cevap

aranmaktadır. Bu genel araştırma sorusundan hareketle aşağıdaki alt araştırma sorularına cevap aranacaktır:

1. Öğretim materyalinin öğrenci başarısı üzerindeki etkisi açısından deney ve kontrol gruplarının ön test, son test ve gecikmiş test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark var mıdır?
2. Öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramaların düzeltilme oranları açısından deney ve kontrol grupları arasında fark var mıdır?
3. Öğretim materyalinin bilgilerin kalıcılığı üzerindeki etkisi açısından deney ve kontrol grupları arasında fark var mıdır?

1. 1. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı farklı kavramsal değişim teknikleri ile zenginleştirilmiş 5E modelinin kimyasal denge konusunun öğretimindeki etkililiğinin belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda çalışmada üniversite birinci sınıf genel kimya dersinde yer alan kimyasal denge konusuna yönelik bir öğretim materyali geliştirilmiş ve uygulamadaki etkililiği İran örneklemini bağlamında araştırılmıştır.

1. 2. Araştırmanın Gerekçesi ve Önemi

Kimyasal denge, soyut nitelikte kavramların fazla olduğu ve asitler ve bazlar, çözünürlük dengeleri, yükseltgenme ve indirgenme gibi (Voska ve Heikkinen, 2000) kimyanın diğer birçok konusuna temel oluşturan bir konu olması nedeniyle öğrencilerin etkili şekilde öğrenmeleri gereken bir konudur. Literatürde kimyasal denge konusuna yönelik olarak yapılan çalışmalar genellikle i) öğrenci başarılarının ve alternatif kavramalarının belirlenmesi ve ii) farklı tekniklerin kimyasal denge konusunun öğretimindeki etkililiğinin belirlenmesi şeklinde iki başlık altında toplanmaktadır (Bilgin, 2006; Kousathana ve Tsaparlis, 2002; Huddle, White ve Rogers, 2000; Piquette ve Heikkinen, 2005; Solomonidou ve Stavridou, 2001; Thomas ve Schwenz, 1998; Voska ve Heikkinen, 2000). Bunlar içerisinde ilk başlık altında yer alan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, her seviyedeki öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili kavramları öğrenmede sorunlar yaşadıklarını, geleneksel yöntemlerle yapılan kimyasal denge öğretiminde istenen düzeyde başarıların elde edilemediğini ve öğrencilerde çeşitli alternatif kavramaların oluştuğunu göstermektedir. Geleneksel olarak adlandırılan öğretim yöntemlerinin kimya öğretiminde etkili öğrenmeler ortaya çıkarmadaki bu yetersizlikleri, kimya konularının öğretiminde yeni ve farklı öğretim modellerinin, tekniklerinin ve zengin içerikli ve öğrencilerin alternatif kavramalarını dikkate alan öğretim materyallerinin

geliştirilmesini ve kullanılmasını bir ihtiyaç haline getirmektedir. Buna dayalı olarak son yıllarda yapılan çalışmaların öğrenci başarılarının ve alternatif kavramalarının belirlenmesinden ziyade farklı yöntemlerin veya zenginleştirilmiş içerikli materyallerin etkililiğini araştırmaya odaklandığı görülmektedir. Kimyasal denge konusu da, kimyanın en zor konularından birisi olarak, farklı yöntemlerin etkisinin araştırılması gereken bir konu olarak ön plana çıkmakta ve bu bir ihtiyaç olarak kendisini göstermektedir. Bu bağlamda öğrencilerin alternatif kavramalarını da dikkate alarak hazırlanmış ve yeni ve farklı öğretim yöntemlerini kullanan içeriklerin geliştirilmesi ve bunların öğretimde kullanılmak üzere öğretmenlere kadar ulaştırılmasının (Ünal, 2007) kimya öğretiminde yaşanan sorunların azaltılabilmesi açısından önem taşıdığına inanılmaktadır.

Literatürde fen ve kimya eğitimi alanlarında kullanılabilecek birçok etkili öğretim yöntem ve tekniğinin bulunduğu ifade edilmekte (Gabel, 1999) ve bunların kullanılmasına ve etkililiklerinin belirlenmesine yönelik birçok çalışmaya rastlanmaktadır. Bunlar içerisinde kavramsal değişim metinleri, animasyonlar, simülasyonlar ve analogiler üzerinde en fazla araştırma yapılanlar arasında yer almaktadır (Coll, France ve Taylor, 2005; Çalık, Ayas ve Coll, 2009; Durmuş ve Bayraktar, 2010; Kelly ve Jones, 2007; Palmer, 2003; Sandberg ve Bellamy, 2004; Weerawardhana, Ferry ve Brown, 2006). Kimyasal denge ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde ise bu tür farklı tekniklerin etkililiğine yönelik sınırlı sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir. Örnek olarak, Akkuş, Kadayıfçı, Atasoy ve Geban (2003) yapılandırmacı anlayışa dayalı öğretimin öğrencilerin kimyasal denge konusunu öğrenmeleri üzerindeki etkisini araştırmış ve olumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Öte yandan, Huddle, White ve Rogers (2000), Naseriazar ve Özmen (2012), Naseriazar, Sevinç, Özmen ve Badrian (2010), Sarıçayır, Şahin ve Uce (2006), Solomonidou ve Stavridou (2001) animasyon ve simülasyonların kimyasal denge öğretiminde geleneksel öğretim yöntemlerine göre daha etkili sonuçlar elde edilmesini sağladığını ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde Bilgin ve Geban (2001) ve Naseriazar, Özmen ve Badrian (2011) analogi kullanımının kimyasal dengenin öğrenilmesi üzerinde olumlu etkiye sahip olduğunu bulmuşlardır. Kavramsal değişim metinlerinin kimyasal denge kavramının öğrenilmesi üzerindeki etkisini belirlemeye yönelik olarak ise Canpolat vd. (2006) ve Özmen (2007) tarafından yapılan çalışmalarda etkili sonuçların elde edildiği rapor edilmiştir. Kimyasal denge gibi öğrenci öğrenmeleri açısından oldukça sorunların yaşandığı bir konuda yapılan çalışmaların bu derece sınırlı sayıda kalması yeni çalışmaların yapılmasını bir zorunluluk haline getirmektedir. Bu bağlamda yapılacak yeni ve farklı çalışmaların sayısının artmasının hem araştırmacılara, hem eğitimcilere hem de öğretmenlere yönelik yeni bulguların ortaya çıkmasına ve bu sayede özellikle sınıf ortamına yönelik olarak daha nitelikli uygulamaların yapılmasına yardımcı olacağına inanılmaktadır.

Literatürde yaygın şekilde kullanılan pek çok teknik olmasına rağmen, bu çalışma kavramsal değişim metinleri, animasyonlar, simülasyonlar ve analogilerin kullanılması ile sınırlı tutulmuş ve bu tekniklerin birlikte kullanılması tercih edilmiştir. Bu tekniklerin seçilme ve birlikte kullanılma gerekçeleri her birinin işlevi ve özellikle kimya eğitiminde kullanılmasının sağladığı avantajlar ve dezavantajlar dikkate alınarak açıklanabilir. Literatürde kavramsal değişim metinlerini, animasyonların, simülasyonların ve analogilerin kullanılmasına yönelik olarak yapılan çalışmaların pek çoğunda yapılan farklı uygulamanın geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında daha etkili sonuçların alınmasını ve bilgilerin zihinde daha uzun süre kalıcı olmasını sağlayabildiği ifade edilse de, bu yöntemlerin tek başlarına kullanılmasının öğrenci başarılarının çok üst düzeylere çıkmasını sağlayamadığı, öğrencilerin bazı alternatif kavramalarının öğretim sonrasında bile devam ettiği (Canpolat vd., 2006; Huddle, White ve Rogers; 2000; Özmen, 2007) ve özellikle her bir teknik tek başına kullanıldığında bir takım avantajlarının yanı sıra bir takım dezavantajlarının olabileceği, öğrencilerin sıkılabileceği ve motivasyonlarının azalabileceği de ifade edilmektedir (Çalık, Ayas ve Coll, 2010; Türk ve Çalık, 2008). Örnek olarak, kavramsal değişim metinlerinin öğrencilerin alternatif kavramalarının bilimsel fikirlere dönüştürülmesinde etkili olduğu yönünde birçok çalışma olmasına rağmen, kavramsal değişim metinlerinin sürekli kullanılmasının öğrencilerin sürekli okumaktan sıkılmalarına yol açabileceği (Dole, 2000) ve bu nedenle etkili sonuçların alınamayabileceği (Huddle, White ve Rogers, 2000), metinlerin bazı destekleyici tekniklerle birleştirilmesi durumunda daha etkili sonuçların alınabileceği (Guzzetti, 2000) belirtilmektedir. Bu anlamda düşünüldüğünde kavramsal değişim metinlerinin diğer bazı destekleyici tekniklerle birleştirilmesi gerektiği (Çalık, Ayas ve Coll, 2010; Guzzetti, 2000; Özmen, 2011; Özmen, Demircioğlu ve Demircioğlu, 2009) fikri literatürde yaygın olarak yer almaya başlamıştır. Özellikle, öğrencilerin moleküler dünyayı anlamakta güçlük çektikleri ve kavramsal değişim metinlerinin kullanılması ile kimyanın moleküler doğasının anlaşılacağı açıktır. Bu anlamda animasyonların ve simülasyonların kavramsal değişim metinleri ile birlikte kullanılmasının bu sorunu belli ölçüde ortadan kaldırabilmesi mümkün olabilir. Nitekim literatürde farklı kimya konularının öğretimine yönelik olarak kavramsal değişim metinlerinin animasyonlarla desteklendiği sınırlı sayıda araştırmalar yapılmış olup, etkili sonuçların alındığı yönünde bulgular mevcuttur (Özmen, 2011; Özmen, Demircioğlu ve Demircioğlu, 2009). Kavramsal değişim metinlerinin animasyon ve simülasyonlarla desteklenerek kimyasal denge konusunun öğrenilmesindeki etkisinin belirlenmesine yönelik olarak ise literatürde, ulaşılabildiği kadarıyla, tek bir çalışmaya (Naseriazar ve Özmen, 2013) rastlanmıştır. Bu anlamda kimyasal denge konusunda yapılacak olan yeni çalışmalara ihtiyaç olduğu ve bu tür çalışmaların sonuçlarının kimyasal denge konusunun

öğretilmesinde kullanılacak yeni ve zengin içerikli materyallerin geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kavramsal değişim metinlerine benzer şekilde değişik kavramların öğrenilmesinde, soyut kavramların öğrencilerin zihinlerinde canlandırılmasında ve alternatif kavramalarının giderilmesinde etkili oldukları bilinmesine rağmen, analogilerin de bazen öğrencilerin kendi fikirlerini değersizleştirdiği (Chiu ve Lin, 2005; Taylor ve Coll, 1997) ve alternatif kavramaları düzelterek bir yaklaşım olarak kullanılmak yerine direkt bir öğretim aracı olarak kullanılmalarının öğrenci zihninde tatminsizlik oluşturmayı engellediği ifade edilmektedir (Glynn ve Takahashi, 1998; Glynn, Britton, Semrud-Clikeman ve Muth, 1989). Bu nedenle analogiler iki taraflı bir kılıca benzetilmektedir (Harrison ve Coll, 2007; Harrison ve Treagust, 2006). Ayrıca, analogiler makroskobik dünyada aşına olunan olayların kullanılmasına odaklandığı için, moleküler dünyada gerçekleşen olayları açıklamada yetersiz olmaları muhtemeldir. Bu anlamda düşünüldüğünde farklı tekniklerle desteklenmeleri gerektiği düşünülmektedir. Ancak literatürde özellikle kimyasal denge konusunda analogilerin kullanılmasına yönelik sadece birkaç çalışmaya rastlanmasına rağmen (Bilgin ve Geban, 2001; Naseriazar, Özmen ve Badrian, 2011), analogilerin farklı tekniklerle desteklendiği çalışmalar ulaşılabildiği kadarı ile mevcut değildir. Bu anlamda hem analogilerin hem de analogilerin farklı tekniklerle zenginleştirilmesinin etkililiğini belirlemeye yönelik yeni çalışmalara ihtiyaç olduğu açıktır. Öğrencilerin günlük yaşamdan aşına oldukları çeşitli olayların analogik olarak kullanılması sonucu kimyasal denge konusunda anlamaların gerçekleştirilebileceği düşüncesi ve analogilerin yapılandırıcılıkla uyumlu olduğu bilgisi bu çalışmada analogilerin kullanılmasına karar verilmesindeki önemli sebeplerden birisidir.

Kimyasal denge konusunda moleküler düzeyde pek çok olayın gerçekleşmesi ve dengenin dinamik doğasının anlaşılmasının bu olayların anlaşılmasına bağlı olması nedeniyle bu çalışmada animasyonların ve simülasyonların kullanılmasına karar verilmiştir. Ayrıca, kimyasal değişmelerde sıcaklık, basınç, hacim gibi değişkenlerin değişiminin sonuçlara nasıl yansıdığına, bir başka ifade ile bağımsız değişkenler üzerinde yapılan müdahalenin bağımlı değişkenleri nasıl etkilediğinin gözlenmesi oldukça önemlidir. Ayrıca yapılması zor, tehlikeli veya imkânsız olan deney veya etkinliklerin simülasyonlar aracılığı ile yapılabilmesi mümkün olmaktadır (Rodrigues, 1997; Tekdal, 2002). Bu anlamda düşünüldüğünde, kimyasal denge konusunda yapılacak laboratuvar etkinliklerinin simülasyonlar aracılığı ile etkileşimli olarak gerçekleştirilmesinin, güvenlik, zaman, maddi ve tekrarlanabilirlik açılarından önemli bir kolaylık sağlayacağına inanılmaktadır. Bu yönüyle simülasyonların kullanılmasının uygulama sürecine önemli katkılar sağlaması beklenmektedir. Ancak animasyonların ve simülasyonların kimya

kavramlarının öğretiminde etkili olduğu yönünde çalışmalar yaygın şekilde mevcut olmasına ve özellikle moleküler boyutta gerçekleşen olayların anlaşılmasında bu tür araçların oldukça etkili olduğu bilinmesine rağmen (Kelly ve Jones, 2007; Sanger ve Greenbowe, 2000; Yeziarski ve Birk, 2006; Tversky, Morrison ve Betrancourt, 2002), animasyonların kullanıldığı durumlarda sözel açıklamalara ihtiyaç olduğu belirtilmektedir. Buna benzer şekilde Jacobson ve Kozma (2000) da animasyonların destekleyici bazı materyallerle kullanılmaları gerektiğini önermektedir. Kimyasal denge konusunda animasyonların ve simülasyonların kullanımına yönelik çalışmalar mevcut olsa da (Huddle, White ve Rogers, 2000; Naseriazar ve Özmen, 2012; Solomonidou ve Stavridou, 2001), bu araçların farklı tekniklerle desteklendiği çalışmalara pek rastlanmamaktadır. Bu anlamda da bir ihtiyacın varlığı kendisini göstermektedir.

Bu sonuçlar farklı yöntemlerin birlikte kullanılmasının birbirlerinin yetersizliklerini azaltma hususunda etkili olup olmayacağı, bir başka ifade ile farklı yöntemlerin birbirlerinin etkisini arttırmak üzere birlikte kullanılmasının ne ölçüde başarılı olacağı ve yaşanan problemlerin çözümüne katkıda bulunup bulunmayacağı sorusunu ortaya çıkarmaktadır. Öte yandan, özellikle içerdiği basamaklar açısından öğrencilerin kendi bilgilerini kendilerinin keşfetmelerine, bu bilgileri açıklamaya, yorumlamaya ve anlamlı hale getirmeye çalışmalarına ve bilgilerini günlük yaşama uyarlamalarına olanak vermesi 5E öğretim modelini diğerlerinden ayırmakta, bu yönüyle model aktif öğrenme anlayışının sınıf ortamına yansıtılmasında kullanışlı bir yapı olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak bu modelin basamaklarının farklı öğretim yöntem ve teknikleri ile zenginleştirilmesi gerektiği de literatürde ifade edilmektedir (Orgil ve Thomas, 2007; Şahin, Çalık ve Çepni, 2009; Türk ve Çalık, 2008; Ürey ve Çalık, 2008). Farklı tekniklerin birlikte kullanılmasının aynı anda daha fazla sayıda duyu organına hitap edeceği ve bunun da öğrenme düzeyini artırarak bilgilerin daha uzun süre kalıcı olmalarını sağlayacağı belirtilmektedir (Saka ve Yılmaz, 2005). Literatürde farklı tekniklerin 4E ve/veya 5E modeli içerisinde tek başına (Orgil ve Thomas, 2007) veya (Çalık ve Ayas, 2005; Çalık, Ayas ve Coll, 2009, 2010; Türk ve Çalık, 2008) birlikte kullanılmasının öğrenmedeki etkisinin belirlenmesi amacıyla çeşitli kimya konularına yönelik pek çok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmaların sonuçları hem farklı kavramsal değişim tekniklerinin, hem de 5E modeline yönelik geliştirilmiş materyallerin öğrenci anlamaları üzerinde daha etkili olduğunu ve öğrenilen bilgilerin daha uzun süre kalıcılığının sağlandığını göstermektedir (Çalık, Ayas ve Coll, 2010; Çepni, Şahin ve İpek, 2010; İpek ve Çalık, 2008; Kolomuç, 2009). Kimyasal denge konusunda ise farklı tekniklerin etkililiğini belirlemeye yönelik çalışmalar mevcut olsa da, bu tekniklerin 5E modeli içerisinde ayrı ayrı veya birlikte kullanıldığı ve etkisinin belirlenmeye çalışıldığı araştırmalara rastlanmamıştır. Farklı kimya konuları üzerinde yapılan araştırmaların

sonuçlarının etkili olması, kimyasal denge konusunda da farklı tekniklerin birlikte kullanılmasının öğrenci öğrenmeleri, alternatif kavramalarını gidermeleri ve bilgilerin uzun süre kalıcılığını sağlamaları üzerindeki etkisinin belirlenmesine yönelik çalışmalara olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu düşünceden hareketle bu çalışmada farklı kavramsal değişim teknikleri yapılandırmacı bir anlayışla 5E modeli içerisinde birleştirilmeye ve etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmayı mevcut literatürden ayıran en temel farklılıklardan bir tanesi de çalışmanın İran'da yürütülmüş olmasıdır. İran eğitim sistemi ve İran'da kimya eğitiminin durumu hakkında ilerleyen bölümlerde daha detaylı bilgi verilecek olmasına rağmen, çalışmanın özgünlüğü açısından bu kısımda belirtilmesi gereken birkaç hususa değinilmesi kaçınılmazdır. Çalışmada hem zenginleştirilmiş öğretim materyalinin hazırlanma, hem de 5E modelinin kullanılma gerekçeleri uluslararası literatür esas alınarak detaylı olarak açıklanmıştır. İlerleyen bölümlerde bahsedileceği gibi, İran eğitim sisteminde son yıllarda yapılan bazı değişikliklerle 5E modeline yönelik uygulamalar ilköğretim düzeyinde uygulanmaya başlanmış olup, kademeli olarak üst sınıflara doğru uygulanacaktır. Uluslararası literatür için 5E'ye yönelik çalışmalar yeni olmasa da, İran için hem 5E modeli, hem de buna yönelik yapılan çalışmalar yeni ve önemlidir. İran eğitim sisteminde 5E uygulamalarının başlatılmış olması ve ilerleyen yıllarda bu uygulamaların üniversiteye kadar da gideceği düşüncesinde hareketle, bu çalışmada 5E modelinin esas alınmasına karar verilmiştir.

İran'da alan eğitimine yönelik yapılan çalışmalar son derece sınırlıdır. Lisansüstü düzeyde kimya eğitimi ile ilgili hazırlanmış doktora tezi ise yoktur. Kimya eğitimine yönelik olarak çalışmalar yapan birkaç araştırmacıdan birisi de bu çalışmanın araştırmacısı olup, bu çalışma uygulamaları İran'da yürütülen ilk doktora tezi olma niteliği taşıyacaktır. Bu nedenle genelde alan eğitimi, özelde ise kimya eğitimi adına İran'da yapılan her türlü çalışmanın özgün nitelik taşıdığı ve kimya eğitiminin niteliğinin artırılması açısından bu tür çalışmaların son derece gerekli ve önemli olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda mevcut çalışmanın sonuçlarının ve geliştirilen materyallerin öğretmenlerle ve akademisyenlerle paylaşılmasının hem İran'da kimya eğitimine yönelik yapılacak çalışmalara ışık tutacağına, hem de öğretimin niteliğini artırma ve öğreticilere kaynak sağlama açısından son derece faydalı olacağına inanılmaktadır. Çalışmada uygulamaların yapılması amacıyla üniversite birinci sınıf öğrencileri seçilmiştir. Bunun en önemli nedeni, üniversite biyoloji bölümündeki genel kimya dersinde yer alan kimyasal denge konusunun içeriğinin lise son sınıf içeriği ile hemen hemen aynı olmasıdır. İran'da liselerde henüz 5E'ye yönelik uygulamalar yapılmadığından öğretmenler bu anlamda son derece yetersizdirler. Bu nedenle çalışmanın lise öğretmenleriyle uygulanması sağlıklı sonuçların alınamayacağı

düşüncesini doğrumuştur. Öte yandan araştırmacının liselerde ders verebilmesi veya uygulama yapması yask olduğundan, uygulamaları araştırmacının bizzat kendisinin yapabileceği üniversite düzeyi öğrencileri örneklem olarak seçilmiştir. Bu çalışmada hem zenginleştirilmiş materyal hazırlamanın, hem 5E modelini kullanmanın, hem de İran eğitim sisteminde hiç yapılmamış bu tür bir çalışmanın yapılmasının çalışmaya özgün değer açısından farklılık kazandırdığı düşünülmektedir.

1. 3. Araştırmanın Sınırlılıkları

1. Çalışmanın örnekleme, 2011-2012 eğitim-öğretim yılı güz döneminde İran'ın Marand şehrinde Marand Azad Üniversitesi, Fen- Edebiyat Fakültesi birinci sınıf biyoloji lisans programında öğrenim gören iki farklı gruptan toplam 60 kişi ile sınırlıdır.
2. Uygulama süresi, veri toplama araçlarının uygulanması ve ders anlatımları, ön test ve son testlerin gerçekleştirilmesi dahil toplam altı hafta ile sınırlıdır. Bu sürenin iki haftası ön test ve son test uygulamaları için, dört haftası ise öğretim süreci için kullanılmıştır.

1. 4. Araştırmanın Varsayımları

Araştırmanın varsayımları şu maddeler altında özetlenebilir:

1. Çalışma kapsamında yapılan literatür araştırmasının, alternatif kavramaların belirlenmesi ve çalışmanın yönteminin sağlam temellere dayandırılması açısından yeterli olduğu varsayılmıştır.
2. Çalışmaya katılan tüm öğrencilerin ön, son ve gecikmiş son testlerde soruları içtenlikle cevaplandıkları ve görüşlerini samimi ifade ettikleri varsayılmıştır.
3. Çalışmaya katılan kontrol ve deney gruplarının birbirinden etkilenmedikleri ve öğrenciler sorulara cevap verirken birbirlerine bakmadan samimi cevapladıkları varsayılmıştır.

1. 5. Tanımlar

Bu bölümünde araştırmanın kuramsal modeline uygun, genel anlamda otoriteler tarafından kabul gören, araştırma ile ilgili temel kavramların ve değişkenlerin tanımlarına yer verilmiştir.

Kavram: Yaşantı sürecindeki deneyimlerimiz sonucunda iki ya da daha fazla varlığı ortak özelliklerine göre gruplayarak zihnimizde oluşturduğumuz düşünce birimleridir.

Alternatif Kavrama: Öğrencilerin geçmiş yaşamlarında oluşturdukları ve öğretim ortamına getirdikleri hatalı bilgilerdir.

Kavramsal değişim: Öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramların onlarda meydana getirilen tatsızlık sonucu bilimsel olarak kabul edilebilir fikirlerle değiştirilmesi sürecine denir.

Yapılandırıcılık: Öğrenmenin bireysel olduğu, zihinde meydana geldiği ve yeni kazanılan bilgilerin zihinde var olan diğer bilgilerle ilişkilendirilerek kazanıldığı kabulleri üzerine temellendirilmiş bir öğrenme teorisidir.

5E Modeli: Girme, keşfetme, açıklama, derinleştirme ve değerlendirme basamaklarından oluşan yapılandırıcı öğrenme teorisinin eğitimde kullanımına yönelik modellerden birisidir.

Zenginleştirilmiş öğretim materyali: Farklı yöntem ve tekniklerin bir arada kullanıldığı öğretim materyalidir.

Kavramsal değişim metni: Öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramların giderilmesinde kullanılan ve bilimsel olmayan fikirlerin değiştirilmesi esasına dayalı olarak kullanılan bir kavramsal değişim tekniğidir.

Analoji: Öğrencilerin bilmedikleri bir olayı veya kavramı bildikleri veya aşına oldukları bir olay veya kavrama benzeterek öğretmek amacıyla kullanılan bir tekniktir.

Animasyon: Resim veya çizimlere hareket kazandırarak onları değiştirme işlemidir. Doğada doğrudan gözlenmesinde sorunların yaşandığı olgu ve olayların canlandırılmasıdır.

Simülasyon: Gerçek ortamda yaşanması veya gözlenmesi mümkün olmayan olay veya durumlarla ilgili gerçekçi deneyimler elde etmeye olanak sağlayan bilgisayar destekli uygulamalardır.

Kimyasal denge: Geri dönüşümlü olarak gerçekleşen kimyasal reaksiyonların gerçekleşme şeklini ve sürecini açıklamaya dayanan, kimyanın en soyut ve anlaşılması en zor olan konularından birisidir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde araştırmaya genel bir alt yapı oluşturmak amacıyla, yer alan konularla ilgili teorik bilgilere yer verilmiş, konular hakkında yapılan çalışmalardan bahsedilmiş ve yapılan çalışmalar ile ilgili literatür incelemesine yer verilmiştir.

2. 1. Araştırmanın Kuramsal Çerçevesi

Bu başlık altında, yapılandırmacı öğrenme kuramı, kavramsal değişim, kavramsal değişim metinleri, analogiler, animasyonlar ve simülasyonlar hakkında bilgiler incelenmiş ve sunulmuştur. Ayrıca kimyasal denge konusu ile ilgili yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

2. 1. 1. Yapılandırmacı Öğrenme Kuramı

Yapılandırmacılık teorik felsefe olarak Piaget, Vygotsky ve Bruner gibi bilim adamlarının fikirleri üzerine kurulmuş olup, bir öğrenme kuramı olmasının yanısıra, bir düşünme kuramı, bir öğretim kuramı, bir bilimsel bilgi kuramı ve bir program geliştirme kuramı kimliklerine de sahiptir (Matthews, 2002). Yapılandırmacı öğrenme; insanların yeni bilgiler, olaylar, düşünceler ve durumlarla karşılaştıklarında etkileşime girdiklerini ve zaten var olan bilgilerinin, inançlarının karşılıklı etkileşimi sonucunda sürekli yeni anlamlar ve bilgiler ürettiklerini ifade eder (Yıldırım ve Şimşek, 2003). Bu düşüncede öğrencilerin kendilerine iletilen bilgileri aynen almadıkları, bilginin her bir öğrenci tarafından bireysel olarak yapılandırıldığı ve öğrenmede ön bilgilerin, kişisel özelliklerin ve öğrenme ortamının da önemli etkilere sahip olduğu ifade edilmektedir (Özmen, 2004).

Yapılandırmacı öğrenme kuramına göre, öğretmen ne kadar etkili bilgi sunumu gerçekleştirse de öğrenci kendisi bilgiyi zihninde yapılandırmadığı sürece kalıcı öğrenmeler gerçekleşmemektedir (Bağcı Kılıç, 2001). Bu kuramda öğretmenin rolü sadece öğrencilerin bilgiyi kendi zihinlerinde yapılandırmalarında ve anlamalarını derinleştirmelerinde rehberlik yapmaktır (Akpınar ve Ergin, 2005; İşman vd. 2002). Öğretmenin bilgiyi direkt olarak aktarmadığını, öğrencinin bilgiyi kendisinin aktif bir şekilde yapılandırması gerektiğini ifade eden bu kuram, öğrencilerdeki alternatif kavramaların nedenlerini açıklamakta son derece başarılıdır (Taber, 2000).

Yapılandırmacı kuramın sınıf ortamında uygulamak üzere geliştirilen 3E, 4E, 5E ve 7E gibi öğretim modelleri bulunmakla birlikte, uygulamalarda en fazla kullanılan model 5E modelidir (Abell ve Volkmann, 2006; Hanuscin ve Lee, 2007). 5E modeli BSCS (Biological Science Curriculum Study) projesinde kullanılan bir modeldir. Model, Girme (Enter),

Keşfetme (Exploration), Açıklama (Explanation), Derinleştirme (Elaboration) ve Değerlendirme (Evaluation) olmak üzere beş basamaktan meydana gelmektedir (Özmen, 2002; Şahin, Çalık ve Çepni, 2009). Bu basamaklar aşağıda özetlenmiştir.

1. *Girme Aşaması*: Öğrencilerin derse ilgilerini çekmeyi, konuyla ilgili ön bilgilerini ortaya çıkarmayı ve kendi bilgilerinin farkında olmalarını ve sorgulamalarını sağlamayı amaçlayan basamaktır. Merak uyandırıcı bir girişle derse başlanır ve öğrenilecek konunun nedeniyle ilgili sorular sorulur. Bu aşama öğrencilerin ön hazırlık aşamasıdır.

2. *Keşfetme Aşaması*: Öğrencilerin gruplara ayrılarak işbirliği içerisinde deneyler, gözlemler ve etkinlikler yaparak çalıştıkları, deneyim kazandıkları ve bilimsel bilgiyi keşfettikleri basamaktır. Bu basamakta öğretmenin rehberliğinde öğrenciler video, laboratuvar, bilgisayar ve kütüphane ortamlarında çalışarak veri toplamaya ve probleme çözüm üretmeye çalışmaktadırlar. Öğretmen bu aşamada pasif bir rol üstlenerek öğrencileri birlikte çalışmaya teşvik eder. Bu basamak modelde öğrencilerin en aktif oldukları basamaktır.

3. *Açıklama Aşaması*: Bu basamakta öğretmen ve öğrenciler birlikte elde edilen verileri tartışmakta ve açıklamalar yapmaya çalışmaktadır. Öğretmen, öğrencilere, önceden sahip oldukları kavramlarla keşfetme aşamasında edindikleri bulguları karşılaştırıp arkadaşlarıyla paylaşmaları konusunda rehber olmalı ve bunu sağlayacak ortamlar hazırlamalıdır. Ayrıca, öğrencilerin yetersiz olan eski düşüncelerini değiştirmelerine yardımcı olmalı ve gerekli durumlarda temel kavramlarla ilgili açıklamalar yapmalıdır. Bu basamakta öğrenciler hem topladıkları verileri yorumlamakta, hem de öğretmenin desteğiyle bilgi edinmektedirler.

4. *Derinleştirme Aşaması*: Bu basamakta öğrencilerin öğrendikleri yeni bilgileri farklı durumlara uyarlamaları ve günlük hayatla ilişkilendirmeleri beklenmektedir. Öğrenciler bu basamakta yeni elde ettikleri bilgileri açıklamaları ve tanımları kullanmaları yönünde teşvik edilirler. Yeni problem durumları ile karşı karşıya bırakılarak bilgilerini bu yeni sorunların çözümünde kullanmaları ve böylece bilgiyi derinleştirmeleri, detaylandırmaları ve içselleştirmeleri sağlanmaya çalışılır. Ayrıca, bu basamak günlük yaşamda karşılaşılan olayların açıklanmasında bilimsel bilginin kullanılmaya çalışıldığı basamaktır.

5. *Değerlendirme Aşaması*: Bu aşamada, öğrencilerin eski fikir ve anlayışlarını değiştirmeleri ve bu değişimin farkında olmaları beklenir. Öğrenciler öğrendikleri yeni bilgileri sorgulayarak bir çıkarımda bulunmakta ve kendi gelişmelerini değerlendirmektedirler. Öğretmen bu aşamada açık uçlu sorularla ve çeşitli etkinlikler düzenleyerek hem öğrencilerin kendi gelişimlerinin farkında olmalarını sağlamaya çalışır, hem de onları değerlendirerek eksikliklerini görme fırsatı yakalar.

Kimyanın değişik kavramlarının öğretiminde 5E modelinin ne ölçüde etkili sonuçlar verdiğini tespiti yönelik literatürdeki çalışmalar aşağıda tablo halinde sunulmuştur.

Tablo 1. 5E Modeli ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Yazarlar	Ünite/Kon / Kavram	Amaç	Yöntem/ Örneklem	Veri Toplama Araçları	Sonuç
Atasoy vd. (2003)	Kimyasal bağlar	Kimyasal bağlar konusundaki kavram yanlışlarını belirlemek ve bu yanlışların giderilmesinde yapılandırmacı ve geleneksel yöntemlerin etkisini belirleyerek karşılaştırmak	Deneysel yöntem / 81 lise üçüncü sınıf öğrencisi	Mantıksal düşünme yeteneği testi, bilimsel işlem beceri testi, kimyasal bağlar ön bilgi testi, kimyasal bağlar kavram testi, mülakat	Çalışma sonucunda soyut düşünme yeteneği gelişmiş öğrencilerin somut düşünen öğrencilerden daha başarılı olduğu, deney grubu öğrencilerinin kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı olduğu belirlenmiştir.
Demircioğlu vd. (2004)	Çözünürlük dengesine etki eden faktörler	Kimya öğretim programında yer alan 'Çözünürlük Dengesine Etki Eden Faktörler' konusunda yapılandırmacı ve geleneksel yöntemlerin etkililiğini araştırmak	Deneysel yöntem / Bir kimya öğretmeni, 46 lise ikinci sınıf öğrencileri	Kavram başarı testi, mülakatlar	Çalışmanın sonunda deney grubu öğrencilerin kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı oldukları belirlenmiştir.
Zkilavuz (2005)	Asit ve bazlar	Asit ve bazlarla ilgili kavramların anlaşılmasında yapılandırmacı yaklaşımın etkisini geleneksel yöntem ile karşılaştırmak	Yarı deneysel yöntem / Onuncu sınıf öğrencileri	Asit-baz kavramları başarı testi	5E öğrenme döngüsü modelinin asit ve bazlarla ilgili kavramların anlaşılmasında daha etkili olduğu görülmüştür.
Ekici (2007)	Yükseltgenme -indirgenme tepkimeleri ve elektrokimya	Yükseltgenme-indirgenme tepkimeleri konularıyla ilgili kavramsal anlamaya geleneksel öğretim yaklaşımının ve yapılandırmacı yaklaşımın uygun 5E öğrenme döngüsü modelinin etkileri karşılaştırılmıştır.	Deneysel yöntem / 49 lise 3 öğrencisi	Elektrokimya kavram testi, tutum testi	Araştırma sonucunda 5E öğrenme modelinin yükseltgenme indirgenme konularıyla ilgili kavramsal anlamalar üzerine, geleneksel öğretim yaklaşımına göre daha etkili olduğu belirlenmiştir.
Türk ve Çalık (2008)	Ekzotermik ve endotermik reaksiyonlar	Ekzotermik ve endotermik reaksiyonlar konusuyla 5E modeliyle birlikte kavramsal değişim metni, analogi ve çalışma yapıları ile dayalı öğrencilerin kavram yanlışlarını tespit etmek ve alternatif kavramlarını çürütmek	Deneysel yöntem / lise öğrenci grupları (3-4 öğrenci)	Çalışma yapıları ve analogi haritası	Kavramsal değişim yaklaşımının kavram yanlışlarının azaltılmasında ve önlenmesinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1'in devamı

Kolomuç (2009)	Kimyasal reaksiyonların hızları	Kimyasal reaksiyonların hızları konusunun 5E öğrenme modeline göre animasyon destekli öğretiminin öğrenci başarısına etkisini geleneksel öğretim yöntemi ile karşılaştırmak	Yarı deneysel yöntemin / 72 lise 11. sınıf öğrencisi	Kimyasal reaksiyonların hızı ile ilgili test ve yarı yapılandırılmış mülakatlar	5E modeline göre animasyon destekli öğretimin öğrencilerin alternatif kavramlarını değiştirmekte etkili olduğu ve yeni bilgilerin kazandırıldığı ve bu bilgilerin kalıcı olmasını sağladığı tespit edilmiştir.
Ceylan ve Geban (2009)	Maddenin yoğun fazları ve çözünürlük	Maddenin yoğun fazları ve çözünürlük konularındaki anlamalar üzerine 5E öğrenme modeline dayalı öğretim yönteminin ve geleneksel yöntemin etkisini belirlemek ve karşılaştırmak	Yarı deneysel yöntem / 119 lise 10. sınıf öğrencileri	Çoktan seçmeli test ve açık uçlu sorular	Sonuçlara göre 5E öğrenme modeli geleneksel öğretim yöntemine kıyasla öğrencilerin maddenin yoğun fazları ve çözünürlük konusunu daha iyi kavramalarını sağlamıştır.
Yalçın ve Akpınar (2010)	Asit ve baz	5E öğrenme modelinin farklı öğrenme stillerine sahip öğrencilerin akademik başarılarına asit-baz konusunun öğretiminde etkisini incelemek	Yarı deneysel yöntem / 94 lise 11. sınıf öğrencisi	Asit-baz kavram başarı testi	Çalışmanın sonunda, 5E modelini esas alan etkinliklerin farklı öğrenme stillerine sahip öğrencilerin ihtiyaçlarına cevap verecek nitelikte hazırlandığı belirlenmiştir.
Yalçın ve Bayrakçı (2010)	Asit-baz	Asit ve baz konusunda 5E modelinin ve geleneksel yöntemin öğretmen adaylarının başarılarına olan etkisini karşılaştırmak	Yarı deneysel yöntem / 43 Fen Bilgisi öğrencisi	Asit ve baz başarı testi ve mülakat	5E modeline uygun olarak geliştirilen etkinliklerin geleneksel yaklaşıma kıyasla öğrenci başarısını artırdığı kalıcı öğrenmeye önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.
Ültay (2012)	Asit ve bazlar	Asit ve Bazlar konusunda REACT stratejisine ve 5E modeline göre hazırlanan etkinliklerin Fen Bilgisi Öğretmen adaylarının anlamalarına, kimyaya yönelik tutum ve deneyimlerine olan etkisini mevcut öğretimle karşılaştırmak	Yarı deneysel yöntem / Fen Bilgisi Öğretmen adayları	İki aşamalı Asitler ve Bazlar Kavram Testi, Kimya Tutum ve Deneyimleri Anketi ve klinik mülakatlar	Uygulama sonuçları REACT stratejisinin ve 5E modelinin geleneksel yöntemle göre daha etkili olduklarını göstermiştir.

Tabloda sunulan çalışmalar incelendiğinde kimyanın değişik konuları ile ilgili olarak 5E modelinin etkililiğinin geleneksel öğretim yöntemleri ile karşılaştırıldığı ve yapılandırıcılığa dayalı olarak geliştirilen ve uygulanan öğretim materyallerinin ve faaliyetlerinin öğrenci başarısını arttırmada ve yanlışlarını gidermede geleneksel yöntemlere göre daha etkili olduğu görülmektedir.

2. 1. 2. Kavramsal Değişim

Fen bilimlerinin zor öğrenilmesinin sebeplerinden bir tanesi de öğrencilerin sınıfa alternatif kavramlarla gelmesi ve bu alternatif kavramların bilimsel kavramların gelişmesini engelleyebilmesidir (Tekkaya, 2003). Bu durum alternatif kavramların giderilmesini önemli hale getirmektedir. Kimya eğitimi alanında literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, araştırmaların çoğunlukla alternatif kavramların tespit edilmesi ve giderilmesi üzerine odaklandığı görülmektedir (Çalık vd. 2008). Öğrencilerde var olan alternatif kavramlarını gidermek için kullanılan çeşitli modellerden birisi de kavramsal değişim modelidir.

Kavramsal değişimin tanımı birçok eğitimci tarafından farklı şekillerde yapılmaktadır. Öğrencilerin kavram yanlışlarını değiştirme süreci (Duit ve Treagust, 2003), öğrencilerin yeni kavramlar oluşturup yeni anlayışlar geliştirmeleriyle birlikte önceden sahip oldukları kavramları geliştirme ve eski kavramlar ile yenilerini değiştirme süreci (Yağbasan ve Gülçiçek, 2003), kavram yanlışlarının tespit ve tamir edilmesi (Chi ve Roscoe, 2002), bunlardan bazılarıdır. Öğrenciler, günlük yaşantıları ve çevre etkileşimleriyle oluşturdukları bilimsel olmayan kavramlardan başlamak suretiyle alternatif kavramların farkına varıp bunları bilimsel olarak doğru olanlarla değiştirirler. Kavramsal değişim, öğrenmede öğrencinin önbilgisinin etkisini vurgular. Bu süreçte bilginin pasif aktarımından ziyade aktif olarak yapılandırılmasının öğretim için gerekli olduğu belirtilmektedir (Yip, 2004).

Kavramsal değişimin gerçekleştirilmesinde geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılan ve öğretim sürecini zenginleştirmeyi, basitleştirmeyi ve somutlaştırmayı amaçlayan birçok yöntem ve teknik kullanılmaktadır. Bu yöntem ve teknikler bazen tek başlarına kullanılırken, bazen de birbirleri ile zenginleştirilerek ve birleştirilerek kullanılma yoluna gidilmektedir. Kavramsal değişim metinleri, analogiler, animasyon ve simülasyonlar bunlardan bazılarıdır (Chambers ve Andre, 1997; Harrison ve Treagust, 2000; Özmen, Demircioğlu ve Coll, 2009; Tasker ve Dalton, 2006). Aşağıda bu yöntemler sırasıyla ele alınarak kısaca açıklanmış ve literatürde kullanıldıkları çalışmalardan örnekler sunulmuştur.

2. 1. 2. 1. Kavramsal Değişim Metinleri (KDM)

Kavramsal değişim metinleri (KDM), öğrencilerin alternatif kavramaların giderilmesinde kullanılan kavramsal değişim yaklaşımına yönelik öğretim yöntemleri içerisinde en etkili yöntemlerdendir. Kavramsal değişim yaklaşımının ilkelerine dayanan ve kendine özgü yapısıyla, sadece bilgi aktarıcı bir yapıya sahip geleneksel metinlerden farklı olan metin tipine KDM adı verilir. Hynd ve Alvermann (1986) KDMleri, bilimsel olarak doğru olan bilgilerle kavram yanılgıları arasındaki çelişkileri açık bir şekilde ortaya koyan metinler olarak tanımlamaktadır. KDMler; öğrencilerin yanlış düşünce ve inançlarının belirlenmesi, tanımlanması ve bunların çürütülüp, alternatif bir teorinin, inancın veya daha uygun bir fikrin önerilmesi esasına dayanmaktadır (Palmer, 2003; Pınarbaşı ve Canpolat, 2002; Tekin vd. 2004). Kavramsal değişim metinleri, öğrencileri alternatif kavramalara karşı ikna edici argümanlardan birisidir (Hynd, 2001). KDM ile öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramaların düzeltilmesi ya da mevcut bilgi yapısının yeniden düzenlenmesi amaçlanır. Bu metinler, öğrencilerin hali hazırdaki kavramlarının bazı olayların açıklanmasında yetersiz kaldığını, onlara hissettirebilecek şekilde hazırlanır.

Kavramsal değişim metinlerinin hazırlanmasında farklı basamaklar takip etmek mümkün olmakla birlikte, literatürde en fazla kullanılan tür öğrencilere metnin girişinde konuyla ilgili ön bilgilerini ve alternatif kavramalarını aktif hale getirmek için bir sorunun sorulduğu, daha sonra o konuda en çok sahip olunan ortak kavram yanılgılarının ifade edildiği, bu yanılgıların neden yanlış olduğuna dair açıklamaların yapıldığı ve son olarak, konunun gerektirdiği bilgilerin bilimsel bir çerçevede anlatılarak örneklerle zenginleştirildiği türdür. Kavramsal değişim metinleri genellikle "öyküsel" (narrative) ve "açıklayıcı" (expository) olmak üzere iki farklı şekilde hazırlanabilir ve kullanılabilir. Literatürde genellikle açıklayıcı kavramsal değişim metinleri kullanılmakta (Chambers ve Andre, 1997), ancak öyküsel kavramsal değişim metinlerinin kullanıldığı çalışmalar da bulunmaktadır (Guzzetti, 2000). Özellikle, hikaye veya öyküsel kavramsal değişim metinlerinin ilköğretim öğrencileri için daha uygun olduğu, ancak lise ve üniversite öğrencileri üzerine olumlu etkilere sahip olmadığı ifade edilmektedir (Diakidoy, Kendeou ve Lonides, 2003).

2. 1. 2. 1. 1. Kimya Eğitiminde Kavramsal Değişim Metinleriyle İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatürde kavramsal değişim yaklaşımının öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgılarını gidermede ve öğrencilerin zihinlerindeki yanlış anlamaları bilimsel olarak kabul edilen anlamalar ile değiştirmedeki etkililiğini araştıran çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Kimyanın değişik konularına yönelik olarak yapılan ve literatürde yer alan bazı çalışmalar aşağıda tablo halinde sunulmuştur.

Tablo 2. Kavramsal Değişim Metinleriyle İlgili Yapılan Çalışmalar

Yazarlar	Ünite/Konu/Kavram	Amaç	Yöntem / Örneklem	Veri Toplama Araçları	Sonuç
Uzuntiryaki, Çakır ve Geban (2001)	Asit ve bazlar	Kavramsal değişim metinleri, kavram haritaları ve geleneksel yöntemin asit-baz konularının öğretimindeki etkililiğini karşılaştırmak	Yarı deneysel yöntem / 61 ise onuncu sınıf öğrencisi	Çoktan seçmeli sorular	Kavram haritalarının yanlışlıkların giderilmesinde etkili bir kavram değiştirme modeli olduğu saptandı. Kavramsal değişim metinleri ve geleneksel yöntemin kavram yanlışlıklarının değiştirilmesinde etkili olmadığı belirlendi.
Canpolat (2002)	Kimyasal denge	Kavramsal değişim metinlerinin ve geleneksel yöntemin öğrencilerin kimyasal denge konusundaki kavramları öğrenmeleri üzerindeki etkisini karşılaştırmak	Yarı deneysel yöntem / 85 üniversite fen bilgisi öğretmenliği 1. sınıf öğrencisi	Kavra başarı testi	Kavramsal değişim metinlerinin uygulandığı öğrencilerin kimyasal denge kavramlarıyla ilgili başarılarının geleneksel yöntemle göre daha yüksek olduğu belirlendi.
Özmen ve Demircioğlu (2003)	Asit ve bazlar	Asit ve bazlar konusundaki yanlış anlamaların giderilmesinde kavramsal değişim metinlerinin etkisini geleneksel yöntemle karşılaştırmak	Yarı deneysel yöntem / 60 ise 10. sınıf öğrencisi	Çoktan seçmeli kavram testi	Kavram yanlışlıklarını giderme bakımından kavramsal değişim metinleriyle öğretilen grubun geleneksel öğretimle öğretilen gruba göre daha başarılı olduğu belirlendi.
Demircioğlu, Demircioğlu ve Ayas (2004)	Nötrleşme	Nötrleşme konusunda öğrencilerin yanlışlıklarını gidermede kavramsal değişim metinlerinin etkisini araştırmak.	Yarı deneysel yöntem / 90 ise 9., 10. ve 11. sınıf öğrencisi		Kavramsal değişim metinlerinin öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlıklarını gidermede ve yeni kavramların öğretiminde etkili olduğu görüldü.
Balcı (2006)	Reaksiyon hızı konusu	Analojilerle desteklenmiş kavramsal değişim metinlerine dayalı öğretimin öğrencilerin reaksiyon hızı konusunu anlamalarına etkisini incelemek	Yarı deneysel yöntem / 42 ise ikinci sınıf öğrencisi	Reaksiyon hızı başarı testi, bilimsel işlem beceri testi	Analojilerle desteklenmiş kavramsal değişim metinlerini kullanan öğrencilerin başarılarının geleneksel öğretime göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 2'nin devamı

Özmen (2007)	Kimyasal denge	Öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili alternatif kavramlarını gidermesinde kavramsal değişim metninin etkililiği araştırılmıştır.	Yarı deneysel yöntem / 40 lise 10. sınıf öğrencisi	Kimyasal denge kavram başarı testi	Kavramsal değişim metninin kimyasal denge konusunda geleneksel öğretim yöntemlerine göre daha başarılı olduğu ve öğrencilerin alternatif kavramların kimyasal denge konusuna göre daha az olduğunu tespit edilmiştir.
Taştan, Yalçınkaya ve Boz (2008)	Kimyasal reaksiyonlarda enerji	Kavramsal değişim metninin kimyasal reaksiyonlarda enerji konusunun öğretimdeki etkililiğini belirlemek	Yarı deneysel yöntem / 60 lise 10. sınıf öğrencisi	Enerji kavram testi, kimya ve bilimsel süreç beceri testi, tutum ölçeği	Uygulama sonucunda, kavramsal değişim metnileri ile yapılan öğretimin öğrencilerin anlamalarını arttırdığı belirlenmiştir.
Özmen, Demircioğlu ve Demircioğlu (2009)	Kimyasal bağlar	Öğrencilerin kimyasal bağlar konusunun öğretiminde ve ilgili kavram yanılgılarını gidermesinde kavramsal değişim metnileri ile bilgisayar destekli animasyonların birlikte etkililiği araştırılmıştır.	Yarı-deneysel yöntem / 58 lise 11. sınıf öğrencileri	Kavram başarı testi	Kavramsal değişim metnileriyle uygulanan animasyonların, kimyasal bağlar konusunda öğrencilerin kimya kavramlarının anlaşılmasında ve kavram yanılgılarının giderilmesinde daha iyi olduğu gösterilmiştir.
Taşdelen (2011)	Elektrokimya	Bilgisayar destekli kavramsal değişim metnlerine dayalı öğretim yönteminin öğrencilerin elektrokimya kavramlarını anlamasına etkisini incelemek	Yarı deneysel yöntem / 66 lise öğrencisi	Elektrokimya kavram testi, bilimsel süreç becerisi testi	Deneysel gruptaki öğrencilerin başarısının kontrol grubu öğrencilerine göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.
Özmen (2011)	Maddenin tanecikli ve maddelerdeki hal değişimleri	Kavramsal değişim metninin ve bilgisayar animasyonların öğrencilerin maddenin tanecikli ve maddelerdeki hal değişimleri konusundaki başarılarına etkisini incelenmiştir.	Yarı deneysel yöntem / 51 ilköğretim 6 sınıf öğrencisi	Kavram başarı testi	Araştırma sonucunda, kavramsal değişim metnileriyle uygulanan animasyonların yönteminin, kavramların daha iyi anlaşılmasında ve kavram yanılgılarının giderilmesinde, geleneksel yöntemden daha etkili olduğunu göstermiştir.

Tablo 2'nin devamı

Kingir ve Geban (2012)	Reaksiyon hızı	Kavramsal değişim metinlerine dayalı öğretim yönteminin öğrencilerinin reaksiyon hızı kavramlarını anlamalarına etkisini geleneksel öğretim yaklaşımı ile karşılaştırmak	Yarı deneysel yöntem / 45 lise 10. sınıf öğrencisi	Kimya kavram testi, reaksiyon hızı kavram testi	Kavramsal değişim metinlerine dayalı öğretimin öğrencilerin anlamalarında geleneksel öğretimden daha etkili olduğu belirlenmiştir.
Şendur ve Toprak (2013)	Alkanlar	Kavramsal değişim metinlerinin öğrencilerin alkanlar konusunu anlamalarına etkisini belirlemek	Yarı deneysel yöntem / 63 üniversite ikinci sınıf öğrencisi	Alkan kavram testi	Deneysel grubu öğrencilerinin kavramları anlamada daha başarılı oldukları ve yanılgılarını daha yüksek oranda giderdikleri belirlenmiştir.
Egbers ve Marohn (2013)	Çözeltiler	Kavramsal değişim metinlerinin öğrencilerin çözeltiler konusundaki başarılarına etkisini incelemek	Yarı deneysel yöntem / 2283 lise öğrencisi	Kâğıt kalem testi	Kavramsal değişim metinlerinin çözeltiler ile ilgili başarıyı arttırmada ve kavram yanılgılarını gidermede daha etkili olduğu belirlenmiştir.
Aslan ve Demircioğlu (2014)	Gaz kavramı	Videoya dayalı kavramsal değişim metinlerinin öğrencilerin gaz kavramını anlaması ve kavram yanılgılarını gidermesine etkisini belirlemek	Yarı deneysel yöntem / 41 lise 12. sınıf öğrencisi	Doğru-yanlış testi	Videoya dayalı kavramsal değişim metinlerinin geleneksel öğretime göre daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Tablodan da görüldüğü gibi, kimyanın değişik kavramlarına yönelik olarak gerek başarıların artırılmasında gerekse öğrenci yanılgılarının giderilmesinde kavramsal değişim metinlerinin kullanılmasına ve etkinliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalar literatürde geniş şekilde yer almaktadır.

2. 1. 2. 2. Analogiler

Öğrencilerin alternatif kavramlarının giderilmesi için kavramsal değişim yaklaşımına uygun öğretim yöntemlerinden birisi de analogilerdir. Analoji genel olarak, bilinen bir somut kavramla bilinmeyen bir kavram veya zihinde canlandırılmayan soyut kavramlar arasında ilişki kurulması olarak tanımlanmaktadır. Analoji tanımlanırken genel olarak 'kaynak' ve 'hedef' kavramları kullanılmaktadır. Bilinen olgu veya kavram analog veya kaynak, kullanılan benzetmelerde açıklanmak istenen kavram veya bilinmeyen ise hedef olarak ifade edilmektedir. Literatürde ön bilgi ya da geçmiş durum çoğunlukla analog, kaynak, temel ya da araç olarak, yeni bilgi ya da yeni durum ise genellikle hedef olarak adlandırılmaktadır (Asoko ve de Boo, 2001). Analoji kullanımı ile bilinen ve bilinmeyen olgular arasında benzetme yaparak anlamlı öğrenme sağlanır. Analogiler, aşına olunan bilgilerle ilişki kurulduğunda, anlaşılır ve mantıklı yeni fikirler sunabilir (Clement, 2002; Taylor ve Coll, 1997). Analoji kullanımının, öğrencilerin zihinlerinde kimya kavramlarına dair şekillerin ve modellerin oluşmasına yardımcı olduğu ve soyut olan kimya kavramlarını, somut olan kavramlara benzeterek daha kolay anlaşılmasını sağladığı ifade edilmektedir (Dilber, 2006). Analogilerin kullanılmasında hedef ve kaynak arasındaki benzeyen ve benzemeyen özellikler karşılaştırıldığı için bir analoji haritası da hazırlanmaktadır (Kesercioğlu, Yılmaz, Huyugüzel Çavaş ve Çavaş, 2004).

1989 yılında Glynn ve arkadaşları fen bilgisi ve kimya öğretiminde öğrenme etkinliklerinin geliştirilmesi, zenginleştirilmesi ve öğrencilerin yeni kavramları etkili bir şekilde öğrenmelerinde analogilerle öğretme (teaching with analogies) modelini önermiştir (Küçüküran, 2003). Analoji ile öğretim modelinin temeli beş işleme dayanır: 1. Öğrenilecek hedef kavram tanıtılır, 2. Öğrencilerin analogu hatırlamasına yardımcı olunur, 3. Hedef kavram ve analog arasındaki benzer özellikler açığa çıkarılır, 4. Analoginin çalışmadığı yerler göz önünde bulundurulur ve analogilerin nerede geçersiz olduğu gösterilir, 5. Hedef kavram konusunda sonuçlar çıkarılır (Duru, 2002; Şenpolat, 2005).

Kimya derslerinde analogilerin kullanımında şu hususlara dikkat edilmelidir: 1. Analogiler kullanılırken hangi konuda hangi analoginin kullanılacağına dikkat edilmeli, öğrencinin dikkati analogiye çekilmelidir. Öğrencilerin analoji kurmalarına fırsat verilmelidir. Mümkünse aynı konuda birden fazla benzetme yapılmalı ve benzetmeler arasında

bağlantı kurularak konunun daha kolay öğrenilmesi sağlanmalıdır (Duru, 2002). 2. Analojiyle öğrenmenin kolay bir modelini geliştirmek için öncelikle hedef durumla analog durum bulunmalıdır. Sonra bu analojinin kavranması için analog durum anlaşılmalı, analogi ilişkisinin akla yatkınlığı kavranmalı, analog ve hedef durumun akla yatkınlığı kavranmalı ve bulgular analog durumdan hedef duruma uygulanmalıdır (Clement, 1993). 3. Analojiler öğrenmeye yardım ettiği gibi, bazı durumlarda da öğrenmeye engel olabilirler. İyi incelenmeden oluşturulan analogiler çok fazla genişletilirse kavram yanlışlarına ve yanlış anlamalara yol açabilirler. Bazı öğrenciler öğretmenin söylediğinden farklı olarak analog ve hedef durum ilişkisi kurabilirler. Analojilerin etkili olabilmesi için analog durumun öğrenciler tarafından bilinmesi gerekir. Analojiler öğrencilerin düşünme düzeyine uygun hale getirilerek akla yatkın hale dönüştürülmelidir (Duru, 2002).

Literatürde kullanım şekline göre dört farklı analojinin varlığından söz edilmektedir (Bilaloğlu, 2006). Bunlar, basit analogiler, resimle yapılan analogiler, oyunlaştırılmış analogiler ve hikaye tarzı analogilerdir. Basit analogiler, bir olay veya kavramın doğrudan başka bir olay veya kavrama benzetilmesi esasına dayanan analogilerdir. Resimle yapılan analogiler, anlatılması amaçlanan kavram, olay veya durumun resimlerle ifade edildiği türden analogiler olup, bu tür analogilerde kaynağın özellikleri belirtilirken sözel ifadelerin yanısıra resimlerin olması gerektiği de ifade edilmektedir. Oyunlaştırılmış analogiler bir olay, durum veya kavramın oyunlaştırılarak başka bir olay, durum veya kavrama benzetilmesi şeklinde kullanılmaktadır. Hikaye tarzındaki analogiler ise bir olayın açıklanmasının hikayeleştirme tarzında başka tanıdık bir olaya benzetilerek yapılması esasına dayanan analogilerdir.

2. 1. 2. 2. 1. Kimya Eğitiminde Analojiyle İlgili Yapılan Çalışmalar

Analojilere göre farklı alanlarda pek çok çalışma yapılmıştır. Bu bölümde kimyanın değişik kavramları ile ilgili yapılan araştırmalara yer verilmiştir.

Tablo 3. Analoji ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Yazarlar	Ünite/Konu/Kavram	Amaç	Yöntem/Örneklem	Veri Toplama Araçları	Sonuç
Bilgin ve Geban (2001)	Kimyasal denge	Analoji kullanımının kimyasal denge konusunu anlamaya ve kavram yanlışlarını giderilmeye etkisini incelemek	Yarı deneysel yöntem / 38 lise ikinci sınıf öğrencisi	Çoktan seçmeli ve doğru - yanlış testler	Analoji kullanılan gruptaki öğrencilerin kavram yanlışlarının geleneksel yöntemle göre daha az olduğu belirlendi.
Günay (2005)	Atom ve moleküller	Analojiler ve kavramsal değişim metinlerine dayalı öğretimin, öğrencilerin atom ve moleküller konusunu anlamalarına ve kavram yanlışlarını gidermeye etkisini incelemek	Yarı deneysel yöntem / 45 lise 2. sınıf öğrencisi	Atom ve molekül kavram testi, kimya tutum testi, bilimsel süreç beceri testi	Analoji ve kavramsal değişim metinlerinin, geleneksel öğretime göre öğrenci başarısında daha etkili olduğu belirlendi.
Vural (2005)	Kimyasal reaksiyonlar	Öğrencilerin kimyasal reaksiyonlarla ilgili doğru zihinsel imajlar oluşturmalarında geleneksel öğretim yöntemi ile analoji ve model kullanma yönteminin etkilerini araştırmak	Yarı deneysel yöntem / 38 lise 2. sınıf öğrencisi	Kimyasal reaksiyon ön bilgi testi, kimyasal reaksiyon kavram testi	Öğrencilerin kimyasal reaksiyonlar konusunda doğru zihinsel imajlar geliştirmelerinde analoji ve model kullanmanın geleneksel öğretim modeline göre daha etkili olduğu belirlendi.
Kılıç (2007)	Kimyasal bağlar	Kimyasal bağlar konusundaki yanlış kavramların giderilmesinde analoji ve geleneksel öğretimin etkilerini incelemek.	Yarı deneysel yöntem / 48 lise 9. sınıf öğrencisi	Mantıksal düşünme grup testi, kimyasal bağlar ön bilgi testi ve kimyasal bağlar kavram testi	Çalışmanın sonunda, öğrencilerin kimyasal bağlarla ilgili kavram yanlışlarının giderilmesinde analoji öğretim modelinin etkili olduğu belirlendi.
Trey ve Khan (2008)	Le Chatelier Prensibi	Le Chatelier Prensibinin öğretiminde bilgisayar destekli analogilerin ve metinli ve resimli analogilerin etkisini incelemek	Yarı deneysel yöntem / 30 lise 12. sınıf öğrencisi	Açık uçlu test	Bilgisayar destekli analogilerin normal analogilere göre daha etkili olduğu belirlendi.

Tablo 3'ün devamı

Türk ve Çalık (2008)	Endotermik ve ekzotermik reaksiyonlar	Endotermik ve ekzotermik reaksiyonların öğretiminde 5E ve analogi öğretim modelinin etkisini karşılaştırmak.	3-4 küçük öğrenci grubu	Değerlendirme, analogi haritası	Yanlış kavramaların giderilmesinde 5E modelinin içinde analogi öğretim modelinin etkili olduğu belirlendi.
Yıldırım (2009)	Dengenin dinamik yapısı ve dengeye etki eden faktörler	Dengenin dinamik yapısı ve dengeye etki eden faktörlerin öğretimine yönelik analogi ve laboratuara dayalı öğretim yönteminin etkisini karşılaştırmak.	Yarı deneysel yöntem /134 lise 11. sınıf öğrencisi	Kimyasal denge kavram testi, yarı yapılandırılmış mülakat, yapılandırılmış ve yapılandırılmamış gözlem ve doküman analizi	Laboratuara ve analogiye dayalı öğretimin geleneksel öğretime göre öğrencilerin öğretiminde başarılı olduğu belirlendi. Ayrıca laboratuara dayalı öğretim alan grubun analogiye dayalı öğretim alan gruba göre daha başarılı olduğu belirlendi.
Çetingül ve Geban (2011)	Asit ve baz	Analogi ve kavramsal değişim metinlerinin öğrencilerin asit ve bazlar konusundaki anlamlı öğrenmelerine etkisini belirlemek	Yarı deneysel yöntem / 50 lise 11. sınıf öğrencisi	Asit ve baz kavram testi, beceri test, mülakat	Uygulama sonucunda, kavramsal değişim metinleriyle birlikte analogi yönteminin öğrencilerin bilimsel gerçekleri daha iyi anlamasında ve kavram yanlışlarının giderilmesinde etkili olduğu belirlendi.

Tablodan da görüldüğü gibi, literatürde kimyanın değişik kavramlarının öğretiminde analogi kullanımının etkisini araştıran ve geleneksel yöntemlerle karşılaştıran birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda çoğunlukla analogi kullanımının hem öğrencilerin soyut kavramları anlamalarında hem de yanlışlarını gidermede etkili olduğu belirlenmiştir.

2. 1. 2. 3. Animasyonlar

Animasyon genel anlamı ile bir nesneye hareket ve canlılık verme olarak tanımlanabilir (Ayas vd., 1997). Teknik olarak ise resimlere veya çizimlere hareket kazandırma işlemidir (Akpınar ve Ergin, 2007; Mayer ve Moreno, 2002). Animasyonlar; hareketli özelliklerinden dolayı, zihinde canlandırılması zor olan kavramların ve dinamik süreçlerin öğrenilmesini ve daha sonra hatırlanmasını kolaylaştıran materyallerdir (Pekdağ, 2010). Bunun yanında animasyonlar hareketli karakteristiğine göre olayların gerçekleşme sürecinde bazı durumların ortaya çıkışını ve yok oluşunu, şekillerin veya renklerin değişmeye uğramasını gösterir. Bu değişiklikler grafik olabildiği gibi, resim ve karikatür de olabilmektedir (Laybourne, 1998). Ayrıca animasyonların öğrencilerde öğrenmeye karşı isteksizlikleri azaltarak anlamlı öğrenme becerisini geliştirme, kavramlara dikkati toplama, öğrenmenin kalıcılığını artırma konularında yardımcı olacağı ifade edilmektedir (Karaçöp, Doymuş, Doğan ve Koç, 2009).

Fenin diğer branşlarında olduğu gibi kimya alanında da animasyonlar anlamlı öğrenmeyi arttırmak ve kavramsal değişimin meydana gelmesini kolaylaştırmak amacıyla yoğun şekilde kullanılmaktadırlar (Ebenezer, 2001; Kelly ve Jones, 2007; Sanger ve Greenbowe, 2000). Animasyonların gözle görülemeyen kimyasal olayların öğrencilerin zihinlerinde canlandırılmasında ve öğrencilerde zihinsel modellerin oluşturulmasında etkili olduğu, kavram yanlışlarının düzeltilmesinde ve kavram öğreniminin kolaylaştırılmasında öğrencilere yardımcı olduğu belirtilmektedir (Kelly ve Jones, 2007; Yang, Andre, Greenbowe ve Tibell, 2003). Özellikle mikroskobik düzeyde meydana gelen olayların ve tanecikler arası etkileşimlerin gözlenmesinde ve kimyadaki olayların hareketli özelliklerini göstererek pek çok kimya kavramını etkili ve anlamlı şekilde öğrenmede oldukça etkili oldukları ifade edilmektedir (Kelly ve Jones, 2007; Özmen, Demircioğlu ve Demircioğlu, 2009; Yeziarski ve Birk, 2006). Nitekim literatürde animasyonların kullanımına yönelik yer alan birçok çalışma animasyonlara dayalı öğretim alan öğrencilerin tanecikler düzeyindeki olayları daha iyi anladıklarını ve kavramsal düzeydeki sorulara daha bilimsel nitelikte açıklamalar yapabildiklerini belirtmektedir (Ardaç ve Akaygun, 2004; Çalık, Kolomuç ve Karagölge, 2010; Kelly ve Jones, 2007; Özmen, 2008b; Yeziarski & Birk, 2006). Moleküler düzeyde kimyasal işlemler dinamik, görülmesi imkânsız ve genellikle zihinde canlandırması zor olduğu için animasyonlar kimya eğitiminde güçlü araçlar olabilir (Burke vd., 1998). Özellikle hareket

animasyonların belirgin bir özelliği olduğu için bu sayede dinamik süreçlerin öğretimi kolaylaşmaktadır.

2. 1. 2. 3. 1. Kimya Eğitiminde Animasyonla İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatürde animasyonların çeşitli kimya kavramlarının ve/veya mikroskobik düzeyde gerçekleşen olayların anlaşılmasındaki etkisini belirlemeye yönelik olarak yapılan çalışmalardan seçilen bazı örnekler aşağıda sunulmuştur.

Tablo 4. Animasyonlar ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Yazarlar	Ünite/Konu/Kavram	Amaç	Yöntem/Örneklem	Veri Toplama Araçları	Sonuç
Ebenezer (2001)	Çözünme ve çözünürlük	Sodyum klorür tuzunun su içerisinde çözünmesi ile ilgili anlamların sağlanmasında animasyonların etkisini incelemek	DeneySEL yöntem /17 lise 11. sınıf kimya öğrencisi	Etkinlik ve sorular	Çözünme kavramlarının anlaşılmasında animasyonların faydalı olduğu, mikroskobik yönleri hakkında öğrencilerin sahip oldukları kavramaları keşfetmek, tartışmak ve değerlendirmek için kullanılabileceği belirlendi.
Yang, Andre, Greenbowe ve Tibell (2003)	Elektrokimya	Elektrokimya kavramlarının öğretiminde bilgisayar animasyonlarının etkisini belirlemek.	Yarı deneysel / 415 üniversite 1. sınıf öğrencisi	Kimya teşhis testi, görselleştirme testi	Animasyonların zihinsel modellerin oluşturulmasında yardımcı olduğu ve öğrencilerin elektrokimya kavramlarını anlamalarını kolaylaştırdığı belirlendi.
Kayalı ve Tarhan (2004)	Kimyasal bağlar ünitesi, iyonik bağlar	İyonik bağlar konusuyla ilgili kavram yanılgılarının belirlenmesi ve giderilmesi.	Yarı deneysel yöntem / 32 lise-1. sınıf öğrencisi	Çoktan seçmeli test, açık uçlu soru ve sözlü görüşmeler	Bilgisayar animasyonlarının kavram yanılgılarının giderilmesinde başarılı olduğu belirlendi.
Talib, Matthews ve Secombe (2005)	Elektrokimya	Animasyonlu öğretim ile geleneksel öğretimin, öğrencilerin elektrokimya konusundaki kavramsal değişime etkisini incelemek	Yarı deneysel yöntem / 85 üniversite fen bilim öğrencisi	Elektrokimya kavram testi ve mülakat	Öğrencilerin elektrokimya kavramlarını anlamasında ve yüksek başarı göstermesinde animasyonlu öğretimin etkili olduğu sonucuna varıldı. Ayrıca bilgisayar animasyonlarının öğrencilerin elektrokimyadaki kavram yanılgılarının giderilmesinde geleneksel öğretime göre daha etkili olduğu belirlendi.
Kelly ve Jones (2007)	Çözünme	Animasyonların çözünme kavramının öğretimindeki etkisini belirlemek	Yarı deneysel yöntem / 18 üniversite birinci sınıf öğrencisi	Çalışma yaprağı, yarı yapılandırılmış mülakatlar ve gözlemler	Animasyonların öğrencilerin çözünme ve çözünürlük ile ilgili kavramları daha etkili anlamalarına yardımcı olduğu belirlendi.
Özmen (2008b)	Kimyasal bağlar	Bilgisayar destekli eğitimin öğrencilerin kimyasal bağlar konusunu anlamalarına etkisini belirlemek	Yarı deneysel yöntem / 50 lise 11. sınıf öğrencisi	Kimyasal bağlar başarı testi, kimya tutum ölçeği	Kimyasal bağları anlamada ve kavram yanılgılarını gidermede bilgisayar destekli öğretim grubu öğrencilerinin daha başarılı oldukları tespit edildi.

Tablo 4'ün devamı

Karaçöp, Doymuş, Doğan ve Koç (2009)	Elektrokimya	Animasyona dayalı öğretimin, jigsaw tekniğinin ve geleneksel yöntemin öğrencilerin elektrokimya konusundaki başarısına etkisini incelemek ve karşılaştırmak.	Yarı deneysel yöntem / 122 üniversite birinci sınıf öğrencisi	Kimya akademik başarı testi	Çalışma sonucunda, öğrencilerin elektrokimya ünitesini anlamasında bilgisayar animasyonları ve jigsaw tekniğinin geleneksel öğretime göre daha başarılı olduğu belirlendi.
Doymuş, Şimşek ve Karaçöp (2009)	Maddenin halleri	Animasyona dayalı öğretimin, işbirlikli öğretim yönteminin ve geleneksel öğretim yönteminin öğrencilerinin "Maddenin halleri" konusundaki anlamaları üzerine etkisini araştırmak.	Yarı deneysel yöntem / 64 üniversite fen bilgisi öğretmenliği 1. sınıf öğrencisi	Mikro seviyede maddenin hallerini anlama testi, makro ve sembolik düzeyde anlama ders testi ve mantıksal düşünme testi	Animasyon ve işbirlikli öğretim yöntemlerinin maddenin mikro düzeyini anlamada geleneksel öğretime göre daha etkili olduğu bulundu.

Tablodan da görüldüğü gibi, kimyanın değişik kavramlarının öğretiminde özellikle mikroskobik düzeydeki anlamaları ve görselleştirme yeteneğini arttırmak amacıyla animasyonlar yaygın şekilde kullanılmaktadır. Çalışmalarda çoğunlukla deneysel yöntemlerin kullanıldığı ve etki belirleme yoluna gidildiği gözlenmektedir.

2. 1. 2. 4. Simülasyonlar

Doğrudan ve çıplak gözle algılanması zor olan, laboratuarda ya da sınıf ortamında test edilmesi, uygulanması mümkün olmayan, gösterimi tehlikeli, zor, zahmetli ya da pahalı olan olay, çok hızlı veya çok yavaş gerçekleşen olayların ve durumların bilgisayarla canlandırılarak gösterilmesi simülasyon (benzeşim) olarak tanımlanmaktadır (Hofstein ve Lunetta, 2003; Ulusoy, 2011). Bir başka ifade ile simülasyon gerçek bir durumun temsil edilmesi, gerçeğe uygun bir modelinin geliştirilmesidir. Bu sayede gerçek hayatta öğrencilerin karşılaşabileceği tehlikeleri ya da olumsuzlukları sınıf ortamına taşımadan, gerçek hayata ait olayları veya olguları simülasyonlar aracılığı ile öğrenciye sunmak mümkün olabilmektedir.

Öğretim ortamlarında gerçekleştirilmesi gereken deney, etkinlik ve uygulamaların sahip oldukları bazı sınırlamalardan dolayı öğrenciler, moleküler seviyede meydana gelen kimyasal olayları görememekte ve özellikle mikroskobik düzeyde gerçekleşen olayların oluşum süreci hakkında bilgi sahibi olamamaktadırlar. Oysaki özellikle kimya bilimi makroskobik dünyada gerçekleşen olayları moleküler boyutta gerçekleşen etkileşimlerle ve sembollerle açıklayan bir bilim dalıdır (Vermaat vd., 2003). Bu anlamda düşünüldüğünde moleküler düzeyde gerçekleşen kimyasal süreçleri ve/veya tanecik hareketlerini görsel hale getirmek ve zihinde canlandırılabilmesine yardımcı olmak önemli hale gelmektedir. Özellikle büyük bir çoğunluğu soyut nitelikte olan kimya kavramlarının ve mikro boyutta meydana gelen olayların zihinde canlandırılabilmesinde bilgisayar ortamında hazırlanan simülasyonlar oldukça etkili ve başarılı olabilmektedirler (Demirci, 2003; Ronen ve Eliahu, 2000). Bir başka ifade ile bu olayları ve kavramları görsel araçlarla simüle etmek daha kolay anlaşılmasını sağlayabilmektedir (Ayas vd., 1997). Simülasyon uygulamalarının en avantajlı taraflarından birisi de zaman sorunu olmadan tekrar tekrar çalışılabilmeleri ve etkileşimli olarak olayın gerçekleşme biçimini güvenli bir şekilde göstermeleridir.

Simülasyon benzeri yazılımlarla sanal ortamda gerçeğe yakın olacak doğrulukta sonuçların alınabileceği kimya deneylerinin yapılması mümkündür. Bu anlamda düşünüldüğünde simülasyon yazılımlarının eğitim amaçlı kullanılabilen yeni bir teknoloji olduğu söylenebilir (Tatlı ve Ayas, 2011). Bilgisayarı eğitim ortamlarında bir öğretimsel materyal veya araç olarak kullanmanın en iyi yollarından birisi de, bilgisayar sayesinde kolayca yapıp gözlemlene şansına sahip olduğumuz olay veya durumları renkli, sesli ve dinamik bir anlayışla hazırlama ve kullanmadır. Benzeşim yazılımları bu anlamda

bilgisayarlardan en iyi faydalanma yollarından birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü bu yazılımlar sayesinde gerçek ortamlarda veya yaşamda yapılması olası olmayan, çok zor olan, güvenli olmayan veya çok pahalı olan olayları veya durumları sanal ortamlarda oluşturmak ve gözlemlenmek mümkün olmaktadır (Hofstein ve Lunetta, 2003; Şen, 2001). Simülasyonların gerçekle birebir örtüşmesi özellikle mikroskobik dünyayı anlama ve zihinde canlandırma açısından oldukça faydalı olmaktadır.

Simülasyon programlarındaki çeşitli müdahale olanakları, örneğin kullanıcının bilgisayar ortamındaki deneyde değişik başlangıç değerleri verebilmesi, öğrencilere öğrenmenin değişik yöntemlerinden biri olan “keşfederek öğrenme” olanağını sağlar. Simülasyon programlarında öğrenci, bilinçli şekilde aktif bir rol üstlenir. Simülasyon programları genelde, günlük hayatta çeşitli nedenlerden dolayı gerçekleştirilemeyen (örneğin çok hızlı, çok yavaş neticelenen veya pahalı) deneylerin canlandırılmasında kullanılırlar (Şen, 2001). Çok karmaşık, teknik olarak zor ve tehlikeli, para ve zaman kaybına neden olan ya da çok hızlı gerçekleşen, sınıf veya laboratuvar ortamında test edilmesi, uygulanması mümkün olmayan olayları araştırmaya olanak sağlar (Hofstein ve Lunetta, 2003).

2. 1. 2. 4. 1. Kimya Eğitiminde Simülasyonla İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatürde simülasyonların kullanımının değişik kimya kavramlarının öğrenciler tarafından anlaşılma düzeyleri üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmektedir.

Tablo 5. Simülasyonlar ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Yazarlar	Ünite/Konu/Kavram	Amaç	Yöntem/Örneklem	Veri Toplama Araçları	Sonuç
Josephsen ve Kristensen (2006)	Kimyasal tepkimeler	SimuLab bilgisayar tabanlı öğrenme programını kullanmanın öğrencilerin kimyasal tepkimeleri anlamalarına etkisini belirlemek.	Deneysel yöntem / 92 üniversite öğrencisi	Kavram testi, mülakat	SimuLab kullanımının kimya öğretiminde yaratıcı ve kritik düşünme becerilerini geliştirip, bilimsel düşünceyi temelini oluşturan kavramsal sistemlerin anlaşılmasını ve yüksek düşünme yeteneğine sahip olmalarını sağlamaya yardımcı olduğu belirlendi.
Winberg ve Berg (2007)	Asit ve baz titrasyonu	Bilgisayar simülasyonlarının asit ve baz titrasyonunu anlamaya etkisini araştırmak.	Deneysel yöntem / 175 üniversite birinci sınıf öğrencisi	Soru, tutum anketi, mülakat	Araştırma sonucunda simülasyonun öğrencilerin daha çok teorik soru sormalarına, karmaşık konuları daha iyi anlamalarına ve bilgilerini doğru kullanmalarına yardımcı olduğu belirlendi.
Tatlı ve Ayas (2011)	Kimyasal değişimler	Kimya öğretim programı içerisinde yer alan kimyasal değişimler ünitesi kapsamındaki deneyleri konu alan etkileşimli bir sanal kimya laboratuvarı geliştirilmek ve tanıtmak.	Deneysel yöntem / Lise dokuzuncu sınıf derslerini yürüten 20 kimya öğretmeni	Yarı yapılandırılmış mülakatlar	Sanal kimya laboratuvarının öğretmenlerin üzerindeki iş yükünü hafiflettiği, zamanın daha etkin kullanılmasını sağladığı, yapılandırmacı öğrenme yaklaşımının uygulanabilmesi ve süreci planlı yönetme gibi pek çok açıdan alana katkı sağladığı tespit edildi.
Plass vd. (2012)	Kinetik moleküler teori, difüzyon, gaz kanunları ve faz değişimi	Kinetik moleküler teori, difüzyon, gaz kanunları ve faz değişimi konularında simülasyon destekli öğretimin öğrenci başarısına etkisini geleneksel öğretim yöntemi ile karşılaştırmak.	Deneysel yöntem / 718 lise öğrencisi	Kimya kavram anlama testi, kimya transfer testi, grafik beceri testi ve kimya bilgi testi.	Bilgisayar simülasyonlarının kullanılmasının soyut olan kavramların somutlaştırılmasında ve moleküler seviyede kavramların anlaşılabilmesinde ve basitleştirilmesinde etkili olduğu belirlendi.

Tablo 5'in devamı

Moore, Herzog ve Perkins (2013)	Molekül polaritesi	Kimya derslerinde tasarlanmış aktif simülasyonların rehber-soruşturma faaliyetlerinde etkililiğini belirlemek	Yarı deneysel yöntem / 80 üniversite birinci sınıf öğrencisi	Video verileri, gözlem notları, Fare tıklama verileri, ses kayıtları ve mülakat	Bilgisayar simülasyonları kullanılan öğrencilerin geleneksel yöntem grubundaki öğrencilere göre daha başarılı oldukları belirlendi. Simülasyonların öğrencilerin kendi öğrenmelerini gerçekleştirmelerinde veya kısa deneyimleri yaşamalarında etkili olduğu belirlendi.
Akaygun ve Jones (2014)	Sıvı buhar basıncı	Simülasyonların sıvı buhar basıncı konusunun öğretimindeki etkililiğini belirlemek	Yarı deneysel / 191 birinci sınıf kolej öğrencisi	Açık uçlu anket ve mülakat	Simülasyonla öğretim gören öğrencilerin daha başarılı oldukları belirlendi.
Chamberlain vd. (2014)	Asit ve baz çözümleri	Öğrencilerin bir interaktif sınıf ortamında simülasyonları kullanmalarının ve simülasyonların yol gösterici faaliyetlerin tasarımında etkisini belirlemek.	Deneysel yöntem / 210 üniversite ikinci sınıf öğrencisi	Fare tıklama, sınıf notları ve gecikmiş yeniden çizme	Rehberlik düzeyi açısından interaktif simülasyonların öğrencilerin keşfetmelerini olumlu yönde etkilediği belirlendi.

Tablodan da görüldüğü gibi simülasyonlar hem öğretimsel amaçlı olarak hem de motivasyon amaçlı olarak değişik kavramların öğretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

2. 1. 3. Kimya Öğretiminde Yaşanan Güçlükler

Kimya kavramlarının soyut nitelikte olması, mikroskobik düzeyde gerçekleşen olayların öğrencilerin zihinlerinde yeterince canlandırılmaması ve kimyanın doğasının makroskobik, mikroskobik ve sembolik düzeylerden oluşması gibi sebeplerden dolayı, birçok öğrenci için kimya öğrenilmesi oldukça zor bir alan olarak algılanmaktadır (Harrison ve Treagust, 2000; Johnstone, 1999; Lorenzo, 2005; Raviola, 2001; Stieff ve Wilensky, 2003; Taber, 2002). Özellikle makroskobik düzeydeki olayları açıklamak için mikroskobik düzeyi anlamının gerekli olması kimyanın anlaşılma güçlüğüne daha da arttırmaktadır. Örneğin Sirhan (2007) bu iki seviye arasındaki ilişkinin anlaşılmasının hem kimya öğretimi hem de daha ileri düzeylerdeki kavramların anlaşılması açısından önemli olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle bu seviyeler arasındaki geçişlerin anlaşılması anlamlı öğrenmenin sağlanması açısından da önem taşımaktadır. Özellikle tanecikler düzeyinde gerçekleşen olayları yeterince kavrayamamış ve zihninde canlandıramamış öğrencilerin hem öğrenmeye çalıştıkları kavramları hem de daha ileri düzeydeki kavramları anlamakta güçlük çektikleri ve çoğunlukla da yanlış anlamalar geliştirdikleri bilinmektedir (Ayas, Özmen ve Coştu, 2002; Çökelez ve Dumon, 2005; Sanger ve Greenbowe, 1997; Tsai, 1999; Tytler, 2000).

Kimyanın içerdiği konuların doğasının soyut olması ve kullanılan dilin öğrencilere zor gelmesi kadar, kimya öğretiminde kullanılan yöntemlerin eksik veya yetersizliği de kimya kavramlarının yeterince anlaşılmasında etkili olan faktörlerden birisi olarak ortaya çıkmaktadır. Nitekim literatürde kimya öğretiminde kullanılan ve geleneksel olarak adlandırılan öğretim yöntemlerinin kavram öğretiminde ve öğrencilerin sahip oldukları yanlışların giderilmesinde yeterince etkili olmadıkları yönünde çalışmalara sıklıkla rastlanmaktadır (Guzzetti, 2000; Özmen, 2008b; Özmen, Demircioğlu ve Demircioğlu, 2009; Quilez, 2004). Bu durum yeni ve alternatif öğretim yöntemlerinin geliştirilmesi ve etkililiğinin tespit edilmesi çalışmalarına olan ilgiyi gün geçtikçe arttırmaktadır. Özellikle birden fazla yöntem veya tekniğin birbirinin eksiklerini giderecek veya dezavantajlarını ortadan kaldıracak şekilde birleştirilerek kullanılması ve etkisinin test edilmesine yönelik çalışmaların sayısı hızla artmaktadır (Kelly ve Jones, 2007; Özmen, 2008b; Özmen, Demircioğlu ve Demircioğlu, 2009; Tasker ve Dalton, 2006). Bütün bu çalışmalarda alternatif olarak kullanılan yöntem ve tekniklerin de bazen istenen başarıyı sağlamakta yetersiz kaldığı ve farklı yöntemlerin birleştirilerek kullanılmasının daha etkili olabileceği görülmektedir.

2. 1. 4. İran Eğitim Sistemi ve İran'da Kimya Eğitimi

İran'da 2008 yılına kadar uygulanan eğitim sisteminde kullanılan programda ilkokulda beş yıl, ortaokulda ise üç yıl olacak şekilde öğrencilere fen ve teknoloji dersleri anlatılmaktadır. Lise süresi ise dört yıldır. Deneysel, matematiksel, sosyal ve fen alanlarında öğretim veren liseler bulunmaktadır. Ortaokul son sınıfta Türkiye'deki TEOG sınavına benzer şekilde yürütülen bir sınava giren öğrenciler sınav puanından hareketle bu dört alandaki liselere yönlendirilmektedir. Lise eğitim sisteminde, Türkiye'deki gibi iki öğretim dönemi (iki yarıyıl) bulunmaktadır.

2008 yılında İran'da milli eğitim sisteminde yapısal bir değişikliğe gidilmiş ve yeni düzenlenen eğitim sistemi 6+3+3 şeklinde düzenlenmiştir. Bu sistem ilkokul, lise birinci aşama ve lise ikinci aşama şeklinde düzenlenmiş olup, şu ana kadar altı yıllık ilkokul ve üç yıllık lise birinci aşama düzeyindeki ilk iki yılın (toplamda ilk sekiz yıl) öğretim programları aşamalı olarak değişmiştir. 2015-2016 öğretim yılında lise birinci aşamaya ait son öğretim programları da değiştirilerek uygulanmaya başlanacaktır. Bir yıl sonra ise lise ikinci aşamaya ait (son üç yıl) öğretim programları başlayacak ve bu tarihten itibaren üç yıl içinde bütün programlar tamamen yenilenecektir.

İran eğitim sisteminde toplam beş gün okula devam edilmektedir ve perşembe ve cuma günleri tatildir. İlkokulda bir öğrenci her gün dört saat derse girerken, lise birinci ve lise ikinci aşamada her gün altı saat derse girilmektedir. İlkokulda eğitim yarıyıllara ayrılmadan bir yıl devam etmekte, lise birinci aşama ve ikinci aşamada ise iki yarıyıl halinde eğitim verilmektedir. Üniversite giriş sistemi Türkiye'deki gibi olup, "konkor" adı verilen bir üniversite sınavı her yıl haziran ayında yapılmakta ve hem devlet üniversitelerine hem de özel üniversitelere bu sınavda alınan puanlara göre öğrenci yerleşmektedir. İlkokuldan üniversiteye kadar kız-erkek öğrenciler farklı okullarda, üniversitede ise erkek-kız karışık şekilde aynı sınıfta öğrenim görmektedirler. İlkokul ve lisede kız öğrencilere eğitim veren okullarda bayan öğretmenler, erkek öğrencilere eğitim veren okullarda ise erkek öğretmenler derslere girmektedir. Ancak, 1 – 3. sınıf arasında erkek öğrencilere eğitim veren okullarda öğretmenler bayan ya da erkek olabilmektedirler. 6. sınıf sonunda üstün yetenekli öğrencileri seçmek için sınav yapılmaktadır. Seçilen öğrencilerin okulları diğer okullardan ayrıdır. Bu okullarda devlet okullarındaki günlük dört saatlik öğretimin yanısıra, iki saatlik öğretim bu öğrenciler için hazırlanmış farklı kitaplarla yürütülmektedir. Lise birinci aşamanın sonunda da (9. yılın sonunda) aynı sınav uygulanmakta ve başarılı olan öğrencilere devlet okullarındaki günlük altı saatlik eğitimin yanında iki saatlik öğretim onlar için hazırlanmış farklı kitaplarla verilmektedir. Türkiye'de BİLSEM adıyla hizmet veren üstün yetenekli öğrencilere yönelik kurumlar İran'da SAMPAD adı ile anılmaktadır.

İran'da her seviyedeki okullarda sınıfta projeksiyon cihazı ve akıllı tahta yer almakta olup SAMPAD adlı kurumlarda öğretmenler bu cihazları kullanmak zorundadırlar. Devlet okullarındaki öğretmenler ise gerekli gördüklerinde bu cihazları kullanmaktadırlar. Hem SAMPAD adlı okullarda, hem de devlet okullarında laboratuvarlar bulunmaktadır. Ancak, SAMPAD okullarında laboratuvarlar daha gelişmiş, öğretmenler de daha deneyimli ve alanında uzman kişilerdir. Ayrıca bu okullardaki öğretmenler devlet tarafından atanmamakta, okul yöneticileri tarafından nitelikli öğretmenler arasından seçilmektedir.

Lise birinci sınıflarda genel alan olarak tüm öğrencilerin Kimya I dersini okumaları zorunludur. Kimya I dersi her hafta üç saatlik bir programla öğretmen tarafından öğretilmektedir. Lise ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıflarda ise Matematik ve Bilim alanlarında haftada dört saat kimya dersi zorunludur. Lise II kimya derslerinde teorik dersin yanında laboratuvar uygulamaları da haftada bir saat olacak şekilde yapılmaktadır. Kimya ders kitapları devlet tarafından renkli şekilde basılmakta ve öğrenciler kitapları satın almaktadır. Kitaplar hem teorik hem de uygulamalı bir içeriğe sahip olup, deneyler sadece Kimya II dersi içeriğinde zorunlu olarak yapılmaktadır. Kimya I, III ve IV ders kitaplarında ise deney mevcut olmakla birlikte deney yapmak öğretmenlerin isteğine bırakılmış olup, çok aktif şekilde uygulanmamaktadır. Kimya I ders kitapları içerik olarak çoğunlukla günlük yaşamdaki konu ve kavramları ele almakta, bu bağlamda hava, su, doğal kaynaklar, enerji kaynakları gibi bölümler kitaplarda yer almaktadır. Kimya II ders kitabında atom, periyodik çizelge, kimyasal bağlar, organik kimya konuları ve bunlara deneyler yer almaktadır. Kimya III ders kitabı kimyasal tepkimeler ve stokiyometri, kimyasal termodinamik ve çözeltiler konularını içermektedir. Kimya IV ders kitabında ise kimyasal kinetik, kimyasal denge, asitler-bazlar ve elektrokimya konuları yer almaktadır. Ders kitapları içerik olarak geleneksel bir anlayışla hazırlanmış olup, uygulama sürecinde öğretmen isteğine bağlı olarak alternatif tekniklerin kullanımı da mümkündür.

İran'da lisede çalışan öğretmenlerin en az lisans mezunu olmaları gerekmektedir. Bunların içinde yüksek lisans ve az sayıda doktora mezunu olanlar da mevcuttur. Üniversitelerde eğitim fakülteleri bulunmamakta, her üniversitede fen-edebiyat fakülteleri içerisinde fizik, kimya, biyoloji ve matematik bölümleri yer almaktadır. Kimya örneği için düşünüldüğünde kimya lisans programı içerisinde kimya öğretmenliği bölümü de bulunmaktadır. Öğretmenlik programlarında öğrenim gören öğrenciler alan derslerinin yanı sıra, dini dersler ve öğretmenlik meslek derslerini de almaktadırlar. Özellikle öğretmenlik meslek dersleri içerisinde öğretmen adaylarına geleneksel öğretim yöntem ve teknikleri öğretilmektedir. Bu nedenle öğretmen olarak yetişen adaylar çağdaş öğretim yöntem, teknik ve yaklaşımlarından çok az düzeyde haberdar olmaktadır.

Kimya öğretmenleri genelde geleneksel yöntemle dersleri yürütürler ancak dersler farklı metotlarla da öğretilir. 2008 yılından sonra değişen eğitim sistemiyle birlikte ders kitapları da değişmeye başlamış olup, ilköğretim düzeyindeki bütün kitaplar ve lise birinci aşamada ilk iki yılın kitapları çağdaş ve öğrenci merkezli bir içeriğe sahip olacak şekilde değiştirilmiştir. Kitaplara teknoloji destekli uygulamalar, görsel efektler, videolar eklenmiş ve zenginleştirilmeye çalışılmıştır. Yeni içeriğe sahip ders kitaplarına yönelik olarak öğretmenlere her yıl hizmet içi eğitim kursları verilmekte ve bu yolla yeni programları tanımları ve uygulamaları sağlanmaya çalışılmaktadır. Öğretmenlik lisans programlarında ise bu anlamda henüz bir değişikliğe gidilmemiş olup, geleneksel öğretim uygulamaları devam etmektedir. Öğretmenlere yönelik yürütülen hizmet içi eğitim faaliyetlerine rağmen, öğretim sürecinde öğretmenler çoğunlukla geleneksel anlatımı kullanmakta, bunun yanında kısmen öğrencileri sürece dahil edebilecekleri uygulamalara da yer vermektedirler. Örneğin çok az sayıda kimya öğretmeni yapısalcı yöntemi, kavram haritalarını, yaşam temelli öğrenmeyi ve problem çözümü sınıf ortamında kullanmaktadır (Naseriazar ve Badrian, 2010). Hem lise hem de üniversite düzeyinde kimya eğitiminde geleneksel yöntemlerin ağırlıklı kullanılıyor olması, literatürde de belirtildiği gibi, kimyayı öğrenciler için anlaşılması ve başarılması zor bir ders durumuna düşürmektedir.

İran devlet üniversitelerinde yüksek lisans seviyesinde yalnız bir tane üniversitede kimya eğitimi programı yürütülmektedir. Öğretim elemanlarının tamamı alanda lisansüstü eğitimlerini tamamlamış kişilerdir. Doktora programı ise İran'da hiçbir üniversitede yoktur. Kimya eğitimi alanında çalışan birkaç araştırmacı mevcut olup, bu kişilerin doktraları da alandadır.

2008 yılında değişen eğitim sistemine uygun olarak yenilenmeye başlanan ders kitaplarında özellikle ilköğretim fen bilgisi derslerinde yapılandırmacılık ve özellikle 5E modeli tamamen kullanılmaktadır. Lise düzeyinde ise lisenin birinci aşamasının ilk iki yılındaki (7. ve 8. sınıflar) ders kitapları da 5E modeline göre hazırlanmış olduğundan bu seviyelerde de uygulama yapılmaktadır. Sonraki yıllarda ise geleneksel anlayışla kimya eğitimi devam etmektedir.

2. 1. 5. Kimyasal Denge

Hem lise hem de üniversite düzeyinde kimyanın en önemli ve merkezi konularından birisi de kimyasal denge konusudur. Kimyanın diğer pek çok soyut nitelikteki kavramına benzer şekilde kimyasal denge de öğrencilerin en çok anlamakta zorlandıkları, bir başka ifade ile geleneksel yollarla öğretiminde ve öğrenci yanılgılarının giderilebilmesinde en çok zorlanılan kavramlardan birisidir (Bergquist ve Heikkinen, 1990; Tyson, Treagust ve Bucat, 1999; Solomonidou ve Stavridou, 2001; Piquette ve Heikkinen, 2005). Ayrıca kimyasal

denge konusu asitler ve bazlar, çözünlülük, yükseltgenme-indirgenme reaksiyonları gibi pek çok kimya konusunun öğrenilmesi için de alt yapı teşkil etmektedir (Voska ve Heikkinen, 2000). Bunun yanısıra literatürde kimyasal denge konusunun öğrencilerin yanılı gelişmelerine yatkın bir konu olduğu da ifade edilmektedir (Bilgin, 2006). Bütün bu nedenlerden dolayı literatürde kimyasal denge konusunda öğrenci alternatif kavramalarının belirlenmesi ve özellikle alternatif kavramaların giderilmesine yönelik farklı öğretim yöntem ve tekniklerinin geliştirilmesi ve etkililiğinin araştırılması amacına yönelik çok sayıda çalışma mevcuttur (Bilgin ve Geban, 2006; Canpolat vd., 2006; Cheung, Ma ve Yang, 2009; Cheung, 2009; Ganaras, Dumon ve Larcher, 2008; Kousathana, Demerouti ve Tsaparlis, 2005; Özmen, 2007; Piquette ve Heikkinen, 2005; Sarıçayır, Şahin ve Üce, 2006; Solomonidou ve Stavridou, 2001). Son yıllarda yapılan çalışmaların alternatif öğretim yolları geliştirme ve uygulamaya yönelik olduğu görülmektedir.

2. 1. 5. 1. Kimyasal Denge Konusu ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Kimyasal denge konusunda literatürde yer alan çalışmalar geçmişten günümüze ele alınarak incelenmiş ve değerlendirilmiştir. İncelenen çalışmalar alternatif kavramalarını belirlemeye yönelik yapılanlar ve farklı öğretim yöntemlerinin kullanımına yönelik olarak yapılanlar şeklinde iki başlık altında ele alınarak aşağıda özetlenmiştir.

2. 1. 5. 1. 1. Kimyasal Denge Konusundaki Alternatif Kavramaları Belirlemeye Yönelik Yapılan Çalışmalar

Her seviyedeki öğrencilerin kimyasal denge konusunda taşıdıkları alternatif kavramaların tespitine yönelik yapılan çalışmalar bu başlık altında ele alınarak sunulmuştur. Araştırmalarda veri toplama amacı ile mülakat, çoktan seçmeli test, iki aşamalı test ve teşhis testi gibi veri toplama araçlarından faydalanıldığı görülmektedir.

Tablo 6. Kimyasal Denge Konusundaki Kavram Yanılıklarını Belirlemeye Yönelik Yapılan Çalışmalar

Yazarlar	Örneklem	Veri Toplama Araçları	Sonuç
Van Driel vd. (1998)	90 lise öğrencisi	Anket	Öğrencilerin fiziksel değişimlerin tersinir olduğu, kimyasal değişimlerin ise tersinir olmadığı, kimyasal reaksiyonlarda reaksiyona giren maddelerin tamamen tükendiği gibi kavram yanlışlarının olduğu belirlendi.
Thomas ve Schwenz (1998)	16 üniversite kimya öğrencisi	Yapılandırılmış mülakatlar	Termodinamik konusunda kimyasal dengeyle ilgili öğrencilerin zorlukları tespit edildi ve öğrencilerin kimyasal dengeye etki eden faktörler, dengedeki bir reaksiyonun özellikleri konularında kavram yanlışlarına sahip oldukları belirlendi.
Tyson vd. (1999)	Lise öğrencileri	İki basamaklı test, mülakat	Öğrenciler Le Chatelier prensibini kullanarak yanlış nedenler ileri sürerek doğru sonuca ulaşabilmektedirler. Kitaplardaki ifadeler, öğretmenlerin söyledikleri ve öğrencilerin kullandıkları aynı anlama gelmemektedir. Kavramın soyut olması öğretilmesinde zorluklara neden olmaktadır.
Voska ve Heikkinen (2000)	95 ikinci dönem üniversite öğrencisi	İki aşamalı teşhis testi, öğrencilerin anlama düzeylerini belirleme testi	Tepkimenin endotermik ya da ekzotermik olduğunu bilmeden sıcaklıktaki değişimle denge konusundaki kaymayı tahmin etme, katalizörün reaksiyon hızına etkisi ve tepkime ortamına giren veya ürün ilavesiyle denge sabitindeki değişimle ilgili kavram yanlışlarının olduğu belirlendi.
Yıldırım (2000)	75 lise ikinci sınıf öğrencisi	Test	Dengenin dinamik yapısı, Le Chatelier prensibi, denge anında reaksiyondaki maddelerin denge derişimlerinin değiştirilmesinin dengeye etkisi, sistemin sıcaklığının veya basıncının değiştirilmesinin dengeye etkisi ve denge sabitinin sayısal değerinin nelere bağlı olduğu gibi konularda kavram yanlışlarının olduğu belirlendi.
Akkuş (2000)	71 lise ikinci sınıf öğrencisi	Kimyasal denge kavram testi	Öğrencilerin denge durumu, sistemin dengeye yaklaşması, dengeğin özellikleri, denge şartlarının değiştirilmesi, denge sabiti, katalizör ve inert gaz ilavesi konularında yanlışlarının olduğu belirlendi.
Erdemir vd. (2000)	Üniversite birinci sınıf öğrencisi	Kimyasal denge başarı testi	Öğrencilerin denge şartlarının değişmesi, tepkime hızı ile denge arasındaki ilişki, tepkime hızı ve tepkime kavramları ile ilgili kavram yanlışlarının olduğu belirlendi.
Bilgin ve Geban (2001)	38 lise ikinci sınıf öğrencisi	Çoktan seçmeli test, doğru / yanlış seçeneekli test	Öğrencilerde tepkime dengeye gelirken gerçekleşen olaylar, kimyasal dengeğin özellikleri, kimyasal dengeye etki eden faktörler ve katalizör ilavesiyle ilgili kavram yanlışlarının olduğu tespit edildi.
Solomonidou ve Stavridou (2001)	175 lise öğrencisi	Yazılı cevap gerektiren soru	Öğrencilerin kimyasal reaksiyonları mikroskobik düzeyde göstermekte ve denge anında gerçekleşen olayları anlamakta zorlandıkları, Le Chatelier prensibini ve denge sabitini yanlış uyguladıkları belirlendi.

Tablo 6'nın devamı

Özen (2002)	100 lise ikinci sınıf öğrencisi	Test	Öğrencilerin Le Chatelier prensibini anlamadıkları, denge şartlarının değiştirilmesi, ileri ve geri reaksiyon hızları, denge stokiyometrisi ve denge sabiti ile ilgili kavram yanlışlarının olduğu belirlendi.
Kousthana ve Tsapartlis (2002)	120 lise son sınıf öğrencisi	Test	Çalışma sonunda öğrencilerin sayısal problemleri çözerken birçok hatalar yaptıkları, reaksiyon sonucunda toplam mol sayısındaki değişikliği anlamakta zorluklar yaşadıkları belirlendi.
Sepet, Yılmaz ve Morgil (2004)	76 lise ikinci sınıf öğrencisi	Test	Denge tepkimelerinde ürünler ve girenlerin durumu, ileri ve geri tepkime hızları, ileri ve geri aktivasyon enerjileri, derişimler cinsinden denge sabiti ve basınçlar cinsinden denge sabiti arasındaki bağıntı, dengeye madde eklenmesi veya çıkarılması ve dengeye katalizör etkisi konularında kavram yanlışlarının olduğu belirlendi.
Alkan ve Benlikaya (2004)	Lise ikinci sınıf ve üniversite öğrencileri	Test	Öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarının büyük bir kısmının denge dinamik yapısının açıklanmasında çarpışma teorisine yer verilmemesinden ve kimyasal reaksiyon kavramının açıklanmasında maddenin tanecikli yapısı ve çarpışma teorisinin birlikte ele alınmamasından kaynaklandığı belirlendi.
Quilez (2004)	12.sınıf lise öğrencileri, üniversite 4. sınıf öğrencileri, öğretmen adayları ve öğretmenler	Yazılı cevap gerektiren sorular	Öğrencilerin Le Chatelier prensibinin uygulanması, denge kabının hacminin değiştirilmesi sonucunda derişimde meydana gelen derişim, kütlelerin ve hacmin deriştilmesinden kaynaklanan kısmi basınçtaki derişiklik konularında kavram yanlışlarının olduğu belirlendi.
Stieff ve Wilensky (2003)	6 üniversite öğrencisi	Görüşme	Uygulama sonunda, görüşmeler sırasında kimyasal denge konusuyla ilgili pek çok kavram yanlışısına rastlandı.
Yıldırım vd. (2007)	Lise son sınıf öğrencileri ve kimya öğretmenliği programı 1. , 4. ve 5. sınıf öğrencileri	İki aşamalı kavram testi	Öğrencilerin denge dinamik yapısı, Le Chatelier prensibi ve denge sabitine etki eden faktörler konularında kavram yanlışlarına sahip oldukları belirlendi.
Chiu (2007)	İlköğretim, lise ikinci, lise son sınıf öğrencileri	İki aşamalı test	Çalışma sonucunda öğrencilerin çoğunluğunun denge dinamik yapısıyla ilgili kavram yanlışlarının olduğu görülmektedir.
Doğan vd. (2007)	Beşinci sınıf kimya öğretmen adayları, Anadolu ve düz lise 2.sınıf öğrencileri	Test	Araştırma sonunda, hem öğretmen adayları hem de farklı liselerdeki öğrencilerin Le Chatelier prensibini anlama ve uygulamada güçlüklerle karşılaşmış oldukları belirlendi.
Özmen (2008a)	90 üniversite fen ve teknoloji öğretmen adayı	İki aşamalı teşhis testi	Öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışları kimyasal denge konusunda beş ana başlık altında gruplandırıldı. Kimyasal denge durumu, Le Chatelier prensibinin kullanımı, denge sabiti, heterojen dengeler ve katalizör.

Tablo 6'nın devamı

Cheung (2009)	12 lise kimya öğretmeni	Mülakat	Öğretmenlerin denge konusundaki çeşitli kavramlarla ve Le Chatelier prensibinin uygulanmasına yönelik olarak çeşitli kavram yanılgılarına sahip oldukları belirlendi.
Cheung vd. (2009)	109 lise kimya öğretmeni	Yazılı cevap gerektiren soru	Öğretmenlerin çoğunluğu Le Châtelier prensibine, Denge sabitlerini hesaplanmasına ve kimyasal denge konularını sadece sayısal anlamları gibi kavram yanılgılarına sahip olduğunu ortaya koymuştur.
Naseriazar ve Özmen (2010)	30 öğretmen adayı ve 27 kimya öğretmeni	Kimyasal denge başarı testi	Öğrencilerin ve öğretmenlerin Le Chatelier prensibi, sıcaklık, basınç ve konsantrasyon değişimlerinin dengeye etkisi, denge eşitliğinin yazılması ve denge sabitinin hesaplanması sırasında katsayıların kullanımı konusunda kavram yanılgılarına sahip oldukları belirlendi.
Şendur, Toprak ve Pekmez (2011)	151 lise öğrencisi	Kimyasal denge kavram yanılı testi ve mülakatlar	Çalışmanın sonunda öğrencilerin dengesiz bir sisteme sabit sıcaklıkta katı madde eklendiğinde denge sabiti artar veya azalır, reaksiyona giren maddeler bittiği zaman reaksiyon denge haline geçer şeklinde kavram yanılgılarına sahip oldukları belirlendi.
Demircioğlu vd. (2013)	97 üniversite 1., 2., 3., 4. ve 5. sınıf kimya öğrencisi	İki aşamalı kavram testi	Çalışma sonucunda, öğrencilerin kimyasal denge konusunda çeşitli kavram yanılgılarına sahip oldukları tespit edildi.

Tablodan da görüldüğü gibi hem lise hem de üniversite öğrencilerinin, öğretmen adaylarının ve öğretmenlerin kimyasal denge konusundaki kavramlarla ilgili anlama düzeylerini ve yanlışlarını belirlemeye yönelik oldukça fazla sayıda çalışma yapılmış olup, her seviyede çeşitli kavram yanlışlarının olduğu belirlenmiştir.

2. 1. 5. 1. 2. Kimyasal Denge Konusunun Öğretimine Yönelik Yapılan Çalışmalar

Kimyanın diğer konularında olduğu gibi kimyasal denge konusunda da her seviyedeki öğrencilerin taşıdıkları yanlışları belirlemeye yönelik çalışmaların sayısının çok fazla olması ve benzer yanlışların taşıyor olması, zaman içerisinde yanlış belirleme çalışmalarının yerine belirlenen bu yanlışların giderilmesine yönelik çalışmalara ağırlık verilmesine yol açmaya başlamıştır. Bu düşünceden hareketle farklı öğretim yöntem ve tekniklerinin tek tek veya birlikte kullanılması ve öğretim sürecindeki etkililiğinin tespit edilmesi amacıyla son yıllarda kimya öğretimi alanında pek çok çalışma yapılmıştır. Kimyasal denge konusu da farklı öğretim yöntem ve tekniklerinin etkililiğinin tespitine yönelik çalışmaların sıklıkla yapıldığı bir konu olup, bu anlamda literatürde yer alan çalışmalar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 7. Kimyasal Denge Konusunun Öğretimine Yönelik Yapılan Bazı Çalışmalar

Yazarlar	Amaç	Örneklemler	Veri Toplama Araçları	Sonuç
Akkuş (2000)	Kimyasal denge konusunun öğretiminde yapılandırıcı yaklaşım ile geleneksel öğretimin etkililiğinin karşılaştırılması	71 lise ikinci sınıf öğrencisi	Kavramsal başarı testi, kimyasal denge kavram testi, bilimsel işlem beceri testi ve mülakatlar	Dene grubundaki öğrencilerin başarılarının daha yüksek olduğu ve kavram yanılgılarının giderilmesinde daha başarılı oldukları belirlendi.
Canpolat (2002)	Kavramsal değişim yaklaşımının kimyasal denge ile ilgili başarıya etkisini geleneksel yöntemle karşılaştırmak	Fen bilgisi öğretmenliği öğrencileri	Kimyasal denge kavram testi	Kavramsal değişim yaklaşımının daha başarılı olduğu belirlendi.
Bilgin (2002)	İşbirlikli öğretim yönteminin öğrencilerin kimyasal denge konusundaki kavramları anlamalarına etkisini geleneksel yöntemle karşılaştırmak	87 lise ikinci sınıf öğrencisi	Kimyasal denge kavram testi, kimyasal denge başarı testi, bilimsel işlem beceri testi	Dene grubundaki öğrencilerin kimyasal denge konusundaki kavramları anlama başarılarının daha iyi olduğu belirlendi.
Akkuş vd. (2003)	Yapılandırıcı öğretim yönteminin öğrencilerin kimyasal dengeyi anlamalarına etkisini belirlemek	10. sınıf öğrencileri	Kimyasal denge kavram testi	Dene grubu öğrencilerinin denge ile ilgili kavramları anlamada daha başarılı oldukları belirlendi.
Karataş (2003)	Bilgisayar destekli öğretimin öğrencilerin kimyasal denge konusunda başarılarına ve kavram öğrenimine etkisini incelemek	Lise 2 öğrencileri	Kimyasal denge kavram testi	Dene grubu öğrencilerinin kavramsal başarılarının daha yüksek olduğu belirlendi.
Sandberg ve Bellamy (2004)	Bilgisayar destekli öğretimin Le Chatelier ilkesini anlatmadaki etkililiğinin tespit etmek	Lise fen öğrencileri	Bilgisayar destekli materyaller, kavram testi	Animasyonların etkili bir şekilde hazırlanmasında kavram yanılgılarını giderebileceği, fakat gerçekteki olaylarla benzerlikleri veya farklılıklarının mutlaka söylenmesi gerektiği belirlendi.
Akkuş (2004)	Kavramsal değişim metninin öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili kavramsal başarıları üzerine etkisini incelemek	Lise fen sınıfı öğrencileri	Kavram yanılgısı testi, doğru yanlış testi	Kavramsal değişim metninin öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili kavramsal başarıları üzerine daha etkili olduğu belirlendi.

Tablo 7'nin devamı

Harrison ve Jong (2005)	Öğretmenlerin kullandıkları analogilerin kimyasal dengenin anlaşılmasına etkisini belirlemek	12. sınıf öğrencileri	Gözlem ve mülakatlar	Öğrencilerin dengenin dinamik yapısını daha iyi öğrendikleri belirlendi.
Coştu ve Ünal (2005)	Çalışma yapılarının Le Chatelier prensibinin anlatılmasındaki etkililiğini belirlemek	Lise 2. sınıf öğrencileri	Test, gözlem ve mülakatlar	Deney grubundaki öğrencilerin daha başarılı oldukları belirlendi.
Bilgin ve Geban (2006)	İşbirlikli öğrenme yaklaşımının öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili kavramsal anlamalarına ve matematik problemlerini çözebilmelerine etkisini geleneksel yöntemle karşılaştırmak	Lise 10. sınıf öğrencileri	Kimyasal denge kavram testi	Deney grubu öğrencilerinin bilimsel kavramların kazanılmasında ve matematik problemlerinin çözümünde daha başarılı oldukları belirlendi.
Bilgin (2006)	Grup tartışmalarının kimyasal dengeyle ilgili öğrencilerin anlamalarına ve kavram yanılgularına etkisini belirlemek	Üniversite 2. sınıf öğrencileri	Kavram yanılgı testi	Öğrencilerde kavramsal anlamayı sağlamakta ve kavram yanılgılarının giderilmesinde etkili olduğu belirlendi.
Weerawardhana vd. (2006)	Bilgisayar destekli programların kimyasal dengeyi anlama üzerine etkisini belirlemek	Lise 11. sınıf öğrencileri	Kavram testi	Anlamalı öğrenmenin gerçekleşmesinde ve kimyasal dengenin dinamik yapısının öğretiminde etkili olduğu belirlendi.
Canpolat vd. (2006)	Kimyasal dengeyle ilgili kavramların anlaşılmasında geleneksel öğretim yöntemine karşı kavramsal değişim yaklaşımının etkisini belirlemek	Üniversite öğrencileri	Kimyasal denge başarı testi	Kavramsal değişim yaklaşımının öğrencilerin başarıları üzerinde daha etkili olduğu belirlendi.
Sarıçayır vd. (2006)	Bilgisayar destekli eğitimin kimyasal denge konusunun öğretimindeki etkisini belirlemek	Lise öğrencileri	Bilimsel başarı testi	Öğrencilerin kavram yanılgılarının giderilmesinde bilgisayar programlarının etkili olduğu belirlendi.
Sarıçayır (2007)	Kimyasal denge konusunda bilgisayar destekli öğretim, laboratuvar temelli öğretim ve geleneksel öğretim yöntemlerinin öğrenci başarıları üzerindeki etkisini belirlemek	Anadolu Lisesi ve normal lise öğrencileri	Kimya bilimsel başarı testi	Bilgisayar destekli ve laboratuvar temelli öğretimin öğrencilerin akademik başarıları üzerinde daha etkili olduğu belirlendi.

Tablo 7'nin devamı

Şimşek (2007)	Kimyasal denge konusunda işbirlikli öğretim uygulamalarında kullanılan jigsaw ve birlikte öğrenme tekniklerinin öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili başarılarına etkisini belirlemek	Üniversite öğretmen adayları	Kimyasal denge akademik başarı testi, kimyasal denge maddenin tanecikli yapısı testi	Kimyasal denge ünitesinde jigsaw ve birlikte öğrenme tekniğinin akademik başarıyı arttırmada daha etkili olduğu belirlendi.
Morais vd. (2007)	Kimyasal dengenin öğretiminde bilgisayar programlarının etkisini belirlemek	Lise öğrencileri	Kimyasal denge kavram testi	Bilgisayar yazılımlarının kimyasal denge konusunun öğretiminde etkili olduğu belirlendi.
Özmen (2007)	Kimyasal denge ile ilgili lise öğrencilerinin alternatif kavramlarını gidermeye kavramsal değişim metnlerinin etkisini belirlemek	Lise 10. sınıf öğrencileri	Kimyasal denge kavram yanılığ testi	Kavramsal değişim metnlerinin kimyasal denge kavramlarını anlamada ve başarılı olmada etkili olduğu belirlendi.
Doymuş (2008)	Öğrencilerin kimyasal denge konusunu anlamaları üzerine geleneksel öğrenme yöntemine karşı işbirlikli öğrenmede kullanılan jigsaw tekniğinin etkisini belirlemek	Üniversite 1. sınıf öğrencisi	Kimyasal denge başarı testi	Jigsaw tekniğinin öğrenci başarısı üzerinde daha etkili olduğu belirlendi.
Yıldırım (2009)	Dengenin dinamik yapısı ve dengeye etki eden faktörler konularının öğretimine yönelik laboratuvar ve analogilerin etkinliğini belirlemek	Anadolu Lisesi ve genel lise 11. sınıf öğrencileri	Kimyasal denge kavram testi ve yarı yapılandırılmış mülakatlar	Laboratuvara ve analogije dayalı öğretimin öğrencilerin kimyasal denge kavramlarını anlamalarında etkili olduğu belirlendi.
Atasoy, Akkuş ve Kadayıfçı (2009)	Kimyasal denge konusunda kavramsal değişim yaklaşımı ile geleneksel öğretim yönteminin öğrencilerin kavramsal başarısına etkisini incelemek	10 sınıf öğrencileri	Kimyasal denge kavram testi ve görüşmeler	Kavramsal değişim yaklaşımının öğrencilerin kavramsal anlayışı açısından geleneksel öğretime göre daha etkili olduğu belirlendi.
Özdemir ve Ardac (2009)	Animasyon kullanımının öğrencilerin kimyasal denge konusunun dinamik yapısını anlamasına etkisini geleneksel öğretim yöntemiyle karşılaştırmak	Lise 11. sınıf öğrencileri	Kimyasal denge kavram testi ve transfer testi	Animasyon kullanımının öğrencilerin kimyasal dengenin dinamik yapısını anlamaları üzerinde geleneksel yöntemle göre daha etkili olduğu belirlendi.
İlhan (2010)	Kimyasal denge konusunun öğrenilmesinde yaşam temelli öğretim yaklaşımının etkisini incelemek	Anadolu Lisesi 11. sınıf öğrencileri	Kimyasal denge başarı testi	Yaşam temelli öğrenmenin öğrencilerin başarılarını arttırmada etkili olduğu belirlendi.

Tablo 7'nin devamı

Karakethüdaoğlu (2010)	Kavramsal değişim metinleri ve analogi kullanımının kimyasal denge konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesindeki etkisini belirlemek	Üniversite birinci sınıf öğrencileri	Kimyasal denge kavram testi	Kavramsal değişim yaklaşımına dayalı öğretim yönteminin, kimyasal denge kavramlarını anlamada etkili olduğunu göstermiştir.
Pekmez Şahin (2010)	Analojilerin öğrencilerin kimyasal denge konusundaki kavram yanlışlarının önlenmesinde etkisini belirlemek	Lise 11. sınıf öğrencileri	Kimyasal denge kavram yanlışlığı testi ve yarı yapılandırılmış mülakat	Analoji kullanımının öğrencilerin daha az yanlış kavramaya sahip olmalarını sağladığı ve başarılarını arttırmada etkili olduğu belirlendi.
Yıldırım vd. (2010)	Analojilerin ve laboratuara dayalı öğretimin kimyasal denge konusunda öğrenci başarısına etkisini incelemek	Lise 11. sınıf öğrencileri	Kavram testi, yarı yapılandırılmış görüşme ve yapılandırılmamış gözlem	Laboratuara dayalı öğretimin daha etkili olduğu belirlendi.
Naseriazar ve Özmen (2010)	Tablet – PC kullanılarak yapılan öğretimin üniversite öğrencilerinin kimyasal denge ile ilgili anlamalarına ve yanlışlığı gidermelerine etkisini incelemek	Üniversite 1. sınıf öğrencileri	Kimyasal denge kavram testi	Tablet – PC kullanımının kimyasal denge öğretiminde daha etkili olduğu belirlendi.
Yıldırım, Kurt ve Ayas (2011)	Çalışma yapılarının kimyasal dengeye etki eden faktörlerin öğrenilmesindeki etkisini belirlemek	Lise 11. sınıf öğrencileri	Kimyasal denge kavram testi, yarı yapılandırılmış mülakatlar ve yapılandırılmamış gözlemler	Çalışma yapırağı kullanan öğrencilerin daha başarılı oldukları belirlendi.
Naseriazar, Özmen ve Badrian (2011)	Analoji destekli öğretimin kimyasal denge konusunun öğretimindeki etkisini belirlemek	Üniversite 1. sınıf öğrencileri	Kimyasal denge başarı testi	Deney grubu öğrencilerinin dengeyle ilgili kavramları anlamada daha başarılı oldukları belirlendi.
Naseriazar ve Özmen (2012)	Simülasyon destekli öğretimin kimyasal denge konusunun öğretimindeki etkisini belirlemek	Üniversite kimya birinci sınıf öğrencileri	Kimyasal denge başarı testi	Simülasyonların özellikle kavram yanlışlarının gidermede daha etkili olduğu belirlendi.
Uysal (2013)	Öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili kavramları anlamaları üzerine analogi kullanımının etkisini incelemek	96 lise 11. sınıf öğrencisi	Kimyasal denge kavram testi, mantıksal düşünme testi, mülakat	Analojilerin öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili kavramları anlamaları üzerinde geleneksel öğretim yaklaşımına göre daha etkili olduğu belirlendi.

Tablo 7'nin devamı

Naseriazar ve Özmen (2013)	Simülasyon, animasyon ve kavramsal değişim metinleri destekli öğretimin kimyasal denge konusunun öğretimindeki etkililiğini belirlemek	Lise 12. sınıf öğrencileri	Kavramsal başarı testi, kimyasal denge kavram yanılığı testi	Simülasyon, animasyon, kavramsal değişim metinleri destekli eğitimin daha etkili sonuçlar ortaya çıkardığı belirlendi.
Kaya (2013)	İşbirlikli öğrenmede tartışma uygulamalarının kimyasal denge konusunda öğretmen adaylarının anlamasına etkisini incelemek	Üniversite 1. sınıf öğrencileri	Kimyasal denge kavram testi	Tartışma yaklaşımının kullanıldığı öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili kavramsal başarılarının daha yüksek olduğu belirlendi.
Şahin (2013)	İşbirlikli öğrenmede kullanılan okuma-yazma-uygulama yöntemi ile öğretmen merkezli öğrenme yönteminin kimyasal denge ünitesinin öğretimindeki etkisini belirlemek	Fen Bilgisi Öğretmenliği 1. sınıf öğrencileri	Akademik başarı testi, grup yazma raporu ve yarı yapılandırılmış mülakatlar	İşbirlikli öğretim uygulamalarının öğrenci başarısı üzerinde daha etkili olduğu belirlendi.
Achor ve Ukwuru (2014)	Bilgisayar destekli öğretimin lise ikinci sınıf öğrencilerinin kimyasal reaksiyonlar ve denge konularındaki başarısına etkisini belirlemek	240 lise ikinci sınıf öğrencisi	Başarı testi	Bilgisayar destekli öğretimin kimyasal reaksiyon ve denge reaksiyonlarında öğrencilerin başarısını arttırdığı belirlenmiştir
Akaygün ve Jones (2014)	Fiziksel ve kimyasal denge kavramlarının anlaşılmasında yazılı açıklamaların ve resimlerin etkisini belirlemek	243 lise öğrencisi	Fiziksel denge anketi, kimyasal denge anketi	Çalışma sonucunda hem yazılı hem de resimli açıklamaların etkili olduğu ancak yazılı açıklamaların çoğunlukla dengenin dinamik doğası gibi süreçlere odaklanırken, resimli açıklamaların daha ziyade moleküllerin uzamsal yönelimleri gibi dengenin yapısal boyutuna odaklandıkları belirlendi.
Ghirardi vd. (2014)	Makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyelere yönelik olarak geliştirilen bir öğretim modülünün lise öğrencilerinin kimyasal denge kavramlarını öğrenmelerine etkisini belirlemek	54 lise ikinci sınıf öğrencisi	Test ve mülakat	Geliştirilen öğretim modülünün kavramların öğretiminde etkili olduğu belirlenmiştir.

Kimyasal denge konusunun farklı yöntem ve tekniklerle öğretilmesine yönelik yapılan çalışmaları içeren literatür incelendiğinde, tablodan da görüldüğü gibi, çalışmaların genellikle lise ve üniversite öğrencileri üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde de alternatif yöntemlerin kimyasal denge ile ilgili kavramların öğrenilmesinde ve yanlışlıkların giderilmesinde geleneksel yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar verdikleri görülmektedir.

2. 2. Literatür Taramasının Sonucu

Genel olarak kimyanın içerdiği konu ve kavramların özelde de kimyasal denge konusunun soyut ve öğrenciler tarafından öğrenilmesi zor nitelikte olduğu bilinen bir gerçektir. Nitekim son otuz yıl içerisinde özellikle kimyasal denge konusunda yapılan araştırmalarda yaşanan güçlükler, taşınan yanlışlıklar ve bunların giderilmesine yönelik yapılan çalışmalar bu gerçeği açıkça ortaya koymaktadır (Canpolat ve Pınarbaşı, 2002; Özmen, 2008a; Piquette ve Heikkinen, 2005; Solomonidou ve Stavridou, 2001; Tyson, Treagust ve Bucat, 1999). Konuyla ilgili literatür incelendiğinde her seviyeden öğrencilere yönelik çok sayıda çalışmanın yapıldığı, bu çalışmalarda elde edilen sonuçların birbirlerine benzer oldukları ve bu anlamda önemli bir bilgi birikimine sahip olduğu görülmektedir. Kimyanın diğer konularında olduğu gibi, kimyasal denge özelinde düşünüldüğünde de öğrencilerin, öğretmen adaylarının ve hatta öğretmenlerin taşıdıkları yanlışlıkların önemli ölçüde bilindiği ve benzerlik gösterdiği bilinen bir gerçektir (Kousathana ve Tsaparlis, 2002; Özmen, 2008a; Piquette ve Heikkinen, 2005; Voska ve Heikkinen, 2000). Bu çalışmada yürütülen literatür taraması da bu gerçekliği bir kere daha ortaya koymaktadır. Bu durum yanlışlıkların neler olduğunu öğrenme konusunda araştırmacıların bilgilenmesini sağlama dışında, artık yanlışlıkların belirleme çalışmalarının güncelliğini belli ölçüde kaybettiğinin görülmesini de sağlamaktadır. Bir başka ifade ile günümüzde sadece literatürü tarayarak da kimyasal denge konusunda hangi tür yanlışlıkların taşındığının ve öğretilmesinde ne tür sorunlar yaşandığının belirlenmesi mümkün olmaktadır. Bu çalışmada da literatürden bu anlamda faydalanılmıştır.

Kavramsal düzeyde öğretimde yaşanan sorunların ve taşınan yanlışlıkların biliniyor olması özellikle son onbeş yılda araştırmacıları bunlara karşı önlem almaya yönlendirmeye başlamıştır. Çünkü yanlışlıkların ve yaşanan sorunların belirlenmesi kadar bunların ortadan kaldırılması veya azaltılması da son derece önem taşımaktadır (Özmen, Demircioğlu ve Demircioğlu, 2009). Her seviyedeki temel kavramın daha ileri düzeydeki kavramlar için alt yapı oluşturduğu düşünüldüğünde bu önem rahatlıkla anlaşılmaktadır (Tsai, 1999). Bu nedenle son yıllarda yapılan çalışmaların alternatif öğretim faaliyetlerinin ve/veya materyallerinin geliştirilmesine ve bunların etki düzeylerinin belirlenmesine

odaklandığı görülmektedir (Akaygün ve Jones, 2014; Özdemir ve Ardaç, 2009; Özmen, 2007; Yıldırım, Kurt ve Ayas, 2011). Gerek kimyanın diğer konuları gerekse kimyasal dengeye yönelik çalışmalar incelendiğinde, bazı yöntem ve/veya tekniklerin daha ön plana çıktıkları ve araştırmalarda daha çok tercih edildikleri görülmektedir. Ayrıca bu çalışmaların sonuçları da geleneksel olarak ifade edilen yöntemlere göre daha etkili sonuçların alındığı yönünde bulgular sunmaktadır. İlgili literatür incelendiğinde özellikle tanecik düzeyinde gerçekleşen olayların açıklanmasında animasyon ve/veya simülasyonların (Kelly ve Jones, 2007; Naseriazar ve Özmen, 2012; Pekdağ, 2010; Sanger ve Greenbowe, 2000; Urhahne, Nick ve Schanze, 2008), öğrenci yanılgılarının ortaya konulmasında, öğrenende tatminsizlik yaratılmasında ve yanılgıların düzeltilmesinde kavramsal değişim metinlerinin (Canpolat vd., 2006; Durmuş ve Bayraktar, 2010; Pınarbaşı ve Canpolat, 2002; Özmen, 2007; Palmer, 2003), anlaşılması zor olan olay veya durumların tanıdık hale getirilerek anlatılmasında analogi uygulamalarının (Çalık, Ayas ve Coll, 2010; Çetingül ve Geban, 2011; Günay, 2005; Trey ve Khan, 2008) sıklıkla kullanıldıkları ve etkili sonuçlar verdikleri görülmektedir. Literatürden elde edilen bu bulgular, bu çalışmada da etkili öğretim gerçekleştirilmede bu tür yöntem/tekniklerden faydalanılabileceğinin düşünülmesi açısından faydalı olmuştur. Bununla birlikte, her yöntemin belli bir etki göstermekle birlikte, tek başına kullanıldığında bazı sorunlara yol açtığı ve faydasının yanısıra bazı dezavantajlara yol açtığı, bu nedenle birbirlerinin yetersizliklerini azaltmak adına farklı yöntem/tekniklerin birlikte kullanılmasının daha etkili olabileceği de yine literatür araştırmalarından anlaşılmaktadır (Çalık, Ayas ve Coll, 2010; Dole, 2000; Huddle, White ve Rogers, 2000; Türk ve Çalık, 2008). Bu anlamda düşünüldüğünde kimyanın diğer konularına ve özellikle kimyasal denge konusuna yönelik literatürün detaylı şekilde taranmış olması bu çalışmada uygulanması düşünülen yöntem, teknik ve materyallerin seçilmesinde ve birbiriyle uyumlu şekilde kullanılmasında son derece faydalı olmuştur. Literatür taraması sayesinde özellikle dengenin doğasına uygun olabilecek yöntem, teknik, araç, gereç, materyal, vb. seçilmesinin daha sağlıklı şekilde yapılabildiği düşünülmektedir. Ayrıca literatürde yer alan benzer çalışmaların sonuçlarının incelenmesi, özellikle farklı yöntem/tekniklerin birlikte kullanılması durumunda bile yetersiz olabildiklerini ortaya koymaktadır. Bu anlamda çoklu tekniklerin kullanılmasının etkiyi daha da arttırabileceği beklentisi literatür analizi sonucu ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada genel öğretim modeli olarak 5E tercih edilmiştir. Yapılandırmacılığın ve 5E'nin etkisine yönelik çalışmalar literatürde sıklıkla kullanılmaktadır (Atasoy vd. 2003; Hanuscin ve Lee, 2007; Özsevgeç, Çepni ve Özsevgeç, 2006; Yalçın ve Bayrakçeken, 2010; Zkilavuz, 2005). Bu çalışmalarda çoğunlukla olumlu etkilerin elde edildiği rapor edilmektedir. Gerek Türkiye'de gerekse uluslararası düzeyde bu anlamda önemli bir

literatür oluşmuş olmakla birlikte bu çalışmanın İran'da yürütüldüğü düşünülürken, çalışmada yapılan bütün faaliyetlerin İran eğitim sistemi için çok yeni olduğunu söylemek mümkündür. Bu nedenle, yapılandırmacılık ve 5E, eğitim araştırmaları ile uğraşanlar için iyi biliniyor olsa da, İran için oldukça yenidir. Gerek İran ulusal literatürü gerekse uluslararası literatürde İran'lı araştırmacıların yaptıkları araştırmalar incelendiğinde eğitim araştırmalarına neredeyse hiç rastlanmamaktadır. Bu anlamda literatürden 5E tercihi konusunda da faydalanılmıştır.

Özetle, gerek Türkiye'deki ulusal literatür, gerekse uluslararası literatür bu çalışmanın konu seçiminde, materyal hazırlanırken kullanılacak yöntem, teknik, model vb. seçiminde araştırmacıya son derece yol göstermiş ve etkili olmuştur. Özellikle eğitim araştırmalarına yönelik uygulamaların İran'da çok yeni olması, literatürden elde edilen her türlü bilginin İran ölçeğinde rahatlıkla kullanılabilmesini sağlamış, bu da araştırmacıya önemli bir avantaj sağlamıştır.

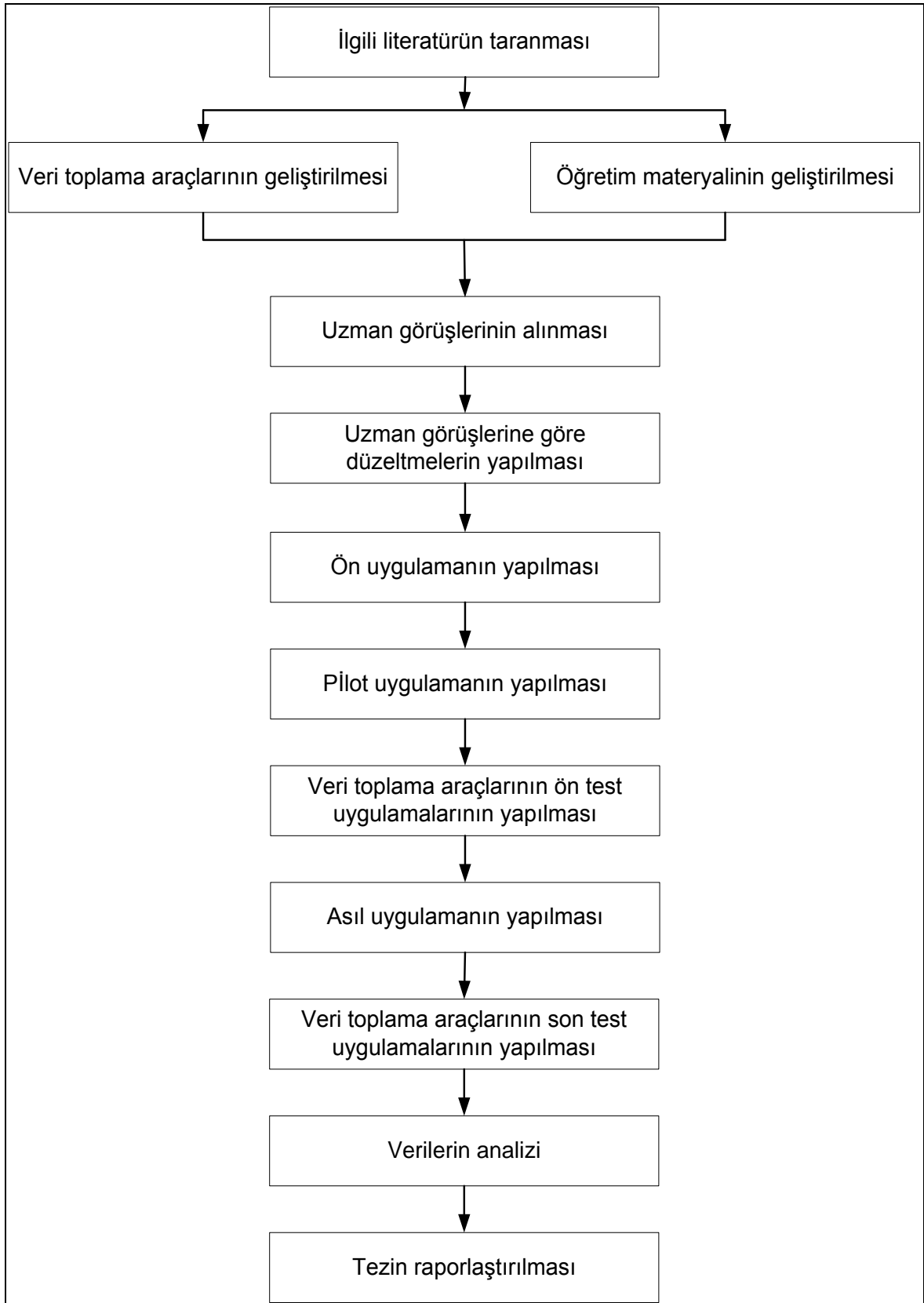
3. YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın tasarlanması, yöntemi, örnekleme, öğretim materyallerinin geliştirilmesi ve uygulanması, veri toplama araçlarının geliştirilmesi, kılavuz geliştirilmesi, uygulanan öğretim süreci ve elde edilen verilerin analizinde yapılan işlemler hakkında bilgiler verilmiştir.

3. 1. Araştırmanın Tasarlanması

Bu araştırmanın tasarlanma aşamasında ilk olarak literatür araştırması ve öğretmenlerin görüşleri doğrultusunda materyal hazırlamak için üniversite 1.sınıf öğretim programında yer alan "Kimyasal Denge" ünitesi seçilmiştir. Çalışma konusu belirlendikten sonra literatür taraması yoluyla kimyasal denge ünitesi ile ilgili öğrencilerde rastlanan alternatif kavramlar belirlenmiştir. Daha sonra, çalışmada zenginleştirilmiş içerikli bir öğretim materyali hazırlanması düşünüldüğünden, zenginleştirme amaçlı kullanılması planlanan kavramsal değişim metinleri, analogiler, simülasyonlar ve animasyonların kimyasal denge konusunun öğretilmesinde kullanılmasına yönelik yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Kılavuz hazırlanmasında öncelikle ünite kazanımları göz önüne alınarak 5E modeline yönelik kavramsal değişim metinleri, analogiler, simülasyonlar ve animasyonların etkinlikleri geliştirilmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılacak veri toplama araçları geliştirilirken, deneyimli kimya öğretmenleri ve kimya eğitiminde uzman olan akademisyenlerin görüşlerine sunulmuş, uzman görüşleri doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılmış ve veri toplama araçlarının ön uygulaması yapılmıştır. Daha sonra bu ölçme araçlarının madde analizi, geçerlik ve güvenirlik çalışmaları yapılmıştır. Ön uygulamadan elde edilen veriler ışığında düzeltmeler yapılarak, pilot uygulamaya gidilmiştir. Pilot uygulamadan sonra veri toplama araçları hazır hale getirilmiştir. Geliştirilen kılavuzun pilot uygulaması yapılarak gerekli düzeltmeler ve değişiklikler yapılmıştır. Pilot uygulama sonucunda kılavuzdaki eksiklikler giderilerek asıl uygulama için hazır hale getirilmiştir. Çalışmanın asıl uygulaması 2010-2011 eğitim öğretim yılında gerçekleştirilmiştir.

Asıl uygulamadan bir hafta önce örnekleme kimyasal denge kavramsal anlama testi ve kimyasal denge başarı testi ön test olarak, uygulamadan bir hafta sonra son test ve uygulamadan bir ay sonra ise gecikmiş test olarak uygulanmıştır. Ayrıca uygulamadan bir hafta sonra ve bir ay sonra deney ve kontrol gruplarından seçilen öğrenciler ile son ve gecikmiş mülakatlar yürütülmüştür. Daha sonra araştırmanın raporlaştırma sürecine başlanmıştır. Araştırmanın işlem basamakları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Araştırma kapsamında yapılan çalışmaların akış şeması

3. 1. 1. Araştırmaya Ait Çalışma Takvimi

Şekil 1'deki işlem basamakları takip edilerek konu belirlenmiş, materyaller ve veri toplama araçları geliştirilmiş, ön, pilot ve asıl uygulamalar yapılmış, veriler toplanmış ve analiz edilerek çalışma tamamlanmıştır. Araştırmaya ait çalışma takvimi Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Araştırmaya Ait Çalışma Takvimi

Süreç	Yapılan Çalışmalar	Uygulama zamanı
Literatür taraması	Araştırma ile ilgili literatür taraması	Eylül 2009 - Mayıs 2015
Materyal ve veri toplama araçlarının geliştirilmesi	Öğretim materyallerinin ve veri toplama araçlarının geliştirilmesi	Ocak 2010- Şubat 2011
	Öğretim materyalleri ve veri toplama araçları hakkında uzman görüşünün alınması ve gerekli düzeltmelerin yapılması	Ocak 2010 - Şubat 2011
Ön uygulama	Kavramsal değişim metinleri, analogiler, simülasyonlar ve bilgisayar animasyonlarının ön uygulaması	Mayıs 2011 - Haziran 2011
	Veri toplama araçlarının ön uygulaması	Mayıs 2011 - Haziran 2011
Pilot uygulama	Öğretim materyallerinin pilot uygulaması	Ekim 2011 - Kasım 2011
	Veri toplama araçlarının pilot uygulaması	
	KİDKAT ve KİDBAT'ın güvenilirlik ve geçerlik analizi	
Asıl uygulama	Mülakat sorularının pilot uygulaması	Şubat - Mart - Nisan 2012
	Veri toplama araçlarının asıl uygulaması	
	Kavramsal değişim metinleri, analogiler, simülasyonlar ve bilgisayar animasyonlarının asıl uygulaması	
Verilerin analizi	Mülakatların yapılması	Nisan 2012 - Eylül 2012
	Elde edilen verilerin analizin yapılması	
Raporlaştırma	Tezin yazılması	Ocak 2011 - Mayıs 2015

3. 2. İdari Düzenlemeler

Bu çalışma İran'da yürütülmüştür. Çalışmayla ilgili uygulamaların yapılabilmesi için üniversite araştırma müdürlüğünden izin alınmıştır. Yapılan başvuruda uygulanacak zenginleştirilmiş öğretim materyali ve veri toplama araçları Marand Azad Üniversitesi Rektörlüğüne (araştırmacının çalıştığı ve uygulamanın yapıldığı üniversite) gönderilmiştir. Başvuru sonucunda, çalışmanın Marand'ın merkezinde bulunan Marand Azad Üniversitesi'nde yürütülebileceğine dair izin alınmıştır. İzin belgesi Ek 1'de sunulmuştur.

3. 3. Araştırmanın Yöntemi

Gruplar ya da yöntemler arasındaki farklılıkları belirlemeyi, bu grupları farklı açılardan karşılaştırabilmeyi amaçlayan araştırmalar için en uygun yöntem deneysel araştırma yöntemi olarak ifade edilmektedir (Köse, 2004). Deneysel yöntemin basit deneysel, yarı deneysel ve tam deneysel yöntem olarak üç ayrı uygulaması vardır. Yarı deneysel yöntem, tam deneysel yöneme alternatif olarak kullanılmaktadır. Çünkü bazı durumlarda kişilerin gruplara rastgele dağılması imkânsız olabilmektedir. Okullarda rastgele örneklem seçimine ve grupların oluşturulmasına idari yönetimler tarafından izin verilmemektedir. Bu nedenle araştırmacı, daha önceden belli kriterlere dayalı olarak geliştirilen gruplar üzerinde çalışma yapmak durumunda kalmaktadır (Şahin, 2010). Campbell ve Stanley yarı deneysel yöntemi kişilerin deney ve kontrol gruplarına gönderilmesinde rastgele dağılımın kullanılmadığı bir deney yaklaşımını içeren bir araştırma tasarımı şeklinde açıklamaktadırlar (Akt., Robson, 1998).

Öğrencilerin daha önce dağıtıldığı mümkün olduğunca denk sınıflardan şans yoluyla birisinin deney birisinin de kontrol grubu olarak rastgele seçimle atandığı yarı deneysel yöntem, eğitim araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Çepni, 2007). Bu tür çalışmalarda gruplar bir kez deneye başlanmadan önce bir kez de deney bittikten sonra ölçülmektedir. Bunlardan başlangıçta yapılan teste ön test, uygulamadan sonra yapılan teste son test adı verilmektedir (Karasar, 2002). Bazen uygulama sona erdikten bir süre sonra bilgilerin kalıcılığının belirlenmesi amacıyla gecikmiş test veya kalıcılık testi adıyla bir uygulama daha yapılabilmektedir.

Bu çalışmada kimyasal denge ünitesine yönelik olarak geliştirilen zenginleştirilmiş bir öğretim materyalinin etkililiğinin belirlenmesi amaçlandığından çalışmada yöntem olarak deneysel yöntem kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmada seçilen gruplara öğrencilerin dağıtılması rastgele yapılmadığından ve daha önceden oluşturulmuş gruplardan birisi rastgele deney, diğeri de rastgele kontrol grubu olarak seçildiğinden, çalışmanın yöntemi yarı deneysel yöntemdir. Araştırma amaçlı bir deney ve bir kontrol grubu seçilmiştir. Deney grubu çalışma için geliştirilen materyallerle öğretim alırken, kontrol grubuna geleneksel öğretim uygulanmıştır. Çalışmada uygulama öncesinde her iki gruba ön test, uygulama sonunda ise son test uygulanmıştır. Bu anlamda çalışmada yarı deneysel yöntem kapsamında ön test-son test eşitlenmemiş kontrol gruplu desen kullanılmıştır. Ayrıca bilgilerin kalıcılığının tespiti amacıyla son test uygulamasından bir süre geçtikten sonra her iki gruba gecikmiş test uygulaması da yapılmıştır.

3. 4. Örneklem

Araştırmanın örnekleme İran'da Marand Azad Üniversitesi'nden seçilmiştir. Pilot uygulamanın örnekleme bu üniversitenin fen-edebiyat fakültesi biyoloji bölümü 1. sınıfta öğrenim gören 20 öğrenciden, asıl uygulamanın örnekleme ise aynı bölümde birinci sınıfta iki farklı şubede öğrenim gören toplam 60 öğrenciden oluşmaktadır. Araştırmanın yapıldığı üniversitede her dönem öğrenci alımı yapıldığından, pilot ve asıl uygulamalar ard arda dönemlerde yapılmış olmasına rağmen, pilot ve asıl uygulamanın örneklemeleri farklı öğrencilerden oluşmaktadır.

Araştırmanın uygulamaları bittikten sonra 24 öğrenci ile mülakat çalışmaları yürütülmüştür. Bu öğrencilerin 12'si deney, 12'si de kontrol grubundan seçilmiştir. Mülakatlar için öğrencilerin seçilmesinde deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin ön ve son test kimyasal denge başarı puanlarındaki değişim oranları dikkate alınmıştır. Buna göre her iki gruptaki öğrenciler öncelikle ön test-son test puan farklarına göre büyükten küçüğe doğru 1'den 30'a kadar sıralanmıştır. Yani puan farkı en yüksek olan öğrenci birinci sırada yer alırken en düşük olan öğrenci otuzuncu sırada yer almıştır. Bu sıralamada ön test-son test başarı değişimi en az olan dört kişi alt grup, en fazla olan dört kişi ise üst grup öğrenci olarak seçilmiştir. Bunlar dışında alt gruptan ve üst gruptan yaklaşık eşit mesafede puan farkları olan dört öğrenci ise orta grup olarak kabul edilmiş ve mülakat yapmak üzere seçilmiştir. Mülakat öğrencileri kodlanırken deney grubu için üst grup öğrencileri DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, orta grup öğrencileri DO10, DO11, DO12, DO13, alt grup öğrencileri ise DA22, DA23, DA24 ve DA25 olarak kodlanmıştır. Kontrol grubu öğrencileri için ise bu kodlama üst grup öğrencileri için KÜ1, KÜ2, KÜ3, KÜ4, orta grup öğrencileri KO10, KO11, KO12, KO13, alt grup öğrencileri ise KA22, KA23, KA24 ve KA25 şeklinde yapılmıştır.

Çalışmanın pilot uygulamasını yapan öğretmen 15 yıllık deneyime sahip bir kimya öğretmenidir. Asıl çalışma ise hem deney hem de kontrol grubunda araştırmacı tarafından yürütülmüştür. Bunun gerekçesi ise İran'da üniversite yönetiminin aynı bölümdeki öğrencilere aynı öğretim elemanının girmesini zorunlu tutmasıdır. Asıl çalışmanın yapıldığı biyoloji lisans programında iki şube olduğundan ve yönetim her ikisine de aynı kişinin girmesini zorunlu tuttuğundan hem deney hem de kontrol grubunda uygulamaları araştırmacı yürütmüştür.

Tablo 9. Araştırmanın Örneklem Grubu ve Yapılan Çalışmalar

	Yapılan Çalışmalar	Örneklem	Sayı
Pilot uygulama	Başarı testinin pilot uygulaması	Biyoloji bölümü 1. sınıf öğrencileri	20
	Kavramsal anlama testinin pilot uygulaması	Biyoloji bölümü 1. sınıf öğrencileri	20
	Mülakatın pilot yapılması	Biyoloji bölümü 1. sınıf öğrencileri	8
Kılavuz pilot uygulama	Hazırlanan kılavuzun pilot uygulaması	Biyoloji bölümü 1. sınıf öğrencileri	20
Asıl uygulama	Asıl çalışma için ön testlerin uygulanması	Deney grubu öğrencileri	30
		Kontrol grubu öğrencileri	30
	Asıl çalışma için son testlerin uygulanması	Deney grubu öğrencileri	30
		Kontrol grubu öğrencileri	30
	Son mülakatın yapılması	Deney ve kontrol grubu öğrencileri	24
	Asıl çalışma için geciktirilmiş testlerin uygulanması	Deney grubu öğrencileri	30
		Kontrol grubu öğrencileri	30
	Geciktirilmiş mülakatın yapılması	Deney ve kontrol grubu öğrencileri	24

3. 5. Veri Toplama Araçları

Bu başlık altında araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının hazırlanması, pilot uygulamalarının ve asıl uygulamalarının yapılması ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Araştırmada veri toplama aracı olarak Kimyasal Denge Kavramsal Anlama Testi (KİDKAT), Kimyasal Denge Başarı Testi (KİDBAT) ve mülakatlar kullanılmıştır.

3. 5. 1. Kimyasal Denge Kavramsal Anlama Testi (KİDKAT)

Çalışmada araştırmacı tarafından öğrencilerin kimyasal denge konusunda kavram yanılgılarına sahip olup olmadıklarını ve geliştirilen materyallerin etkililiğini belirlemek için iki aşamalı bir kavram testi olan Kimyasal Denge Kavramsal Anlama Testi (KİDKAT) geliştirilmiştir. Geliştirilen KİDKAT geciktirilmiş test uygulaması ile aynı zamanda kavramsal kalıcılığın belirlenmesi için de kullanılmıştır. Aşağıda KİDKAT'ın geliştirilmesi ile ilgili ayrıntılı bilgiler verilmiştir.

KİDKAT kimyasal denge ünitesinde yer alan beş alt konu başlığıyla ilgili 20 adet iki aşamalı çoktan seçmeli soru içermektedir. Soruların ilgili olduğu alt konular; a) kimyasal denge ve denge sabiti kavramı, b) homojen ve heterojen denge reaksiyonlarında denge sabiti, denge sabiti ifadelerinin yazımı ile ilgili kuralların özetlenmesi, c) denge sabiti bize ne ifade eder, denge konsantrasyonlarının hesaplanması, d) Le Chatelier prensibi (konsantrasyon, hacim ve basınçla değişimi), e) dengenin yönüne etki eden faktörler (sıcaklık ve derişimdeki değişim, inert gaz ve katalizör etkisi). Testin geliştirilmesinde Treagust (1988)'un iki aşamalı testlerle ilgili çalışmasında belirtilen aşamalar dikkate

alınmıştır. Öncelikle kimyasal denge ile ilgili öğrencilerin kavram yanlışlarını tespit etmek için hem ulusal hem de uluslararası literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir. Belirlenen kavram yanlışları; dengenin dinamik yapısı ile ilgili kavram yanlışları; denge sabiti, heterojen dengeler, gaz dengeleri ile ilgili kavram yanlışları; Le Chatelier prensibi ile ilgili kavram yanlışları ve denge şartlarının değiştirilmesi, katalizör ve inert gaz ilavesinin dengeye etkisi gibi konulardaki kavram yanlışları olarak gruplandırılmıştır.

KİDKAT'ta yer alacak soruların hazırlanması aşamasında ulusal ve uluslararası literatür araştırılmış (Huddle vd., 2000; Özmen, 2008b; Piquette ve Heikkinen, 2005; Tyson vd., 1999; Voska ve Heikkinen, 2000) ve 13 tanesi ilgili literatürden alınmış (Özmen, 2008b), 7 tanesi ise araştırmacı tarafından hazırlanmış toplam 20 adet iki aşamalı çoktan seçmeli soru içerecek şekilde test geliştirilmiştir. Sorular hazırlanırken literatürden aynen alınmamış, üzerinde bazı ekleme, çıkarma ve düzenlemeler yapılarak çalışmada kullanılacak forma dönüştürülmüştür. Araştırmacı tarafından hazırlanan sorular ise kimya ile ilgili çeşitli kitaplardan uyarlanarak hazırlanmıştır (McMurry ve Fay, 2004; Silberberg, 2007). KİDKAT'ta yer alan soruların konulara göre dağılımı aşağıda verilmiştir.

Tablo 10. KİDKAT'taki Sorularının İlişkili Olduğu Konular

	Konular	Sorular
Soruların ilgili olduğu alt kavramlar	Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı	3, 7, 17
	Dengeye derişimin etkisi	4, 12, 19
	Dengeye hacmin etkisi	15
	Dengeye sıcaklığın etkisi	8, 13
	Denge sabitine sıcaklığın etkisi	5
	Denge sabitine derişimin etkisi	1, 11, 16
	Le Châtelier prensibinin kimyasal dengelerde uygulanması	14
	Heterojen dengeler	2, 9, 18
	Katalizörün dengeye etkisi	6, 10
	Denge sabitinin ifadesi ve özelliği	20

3. 5. 2. Kimyasal Denge Başarı Testi (KİDBAT)

Kimyasal Denge Başarı Testi (KİDBAT) kimyasal denge ünitesindeki her bir kavramı ve bu kavramlarla ilgili farklı soru tiplerini içermektedir. KİDBAT'ta yer alan soruların hazırlanmasında ilgili literatürde kimyasal denge ile ilgili yer alan sorular incelenmiş ve bu çalışmada kullanılacak olanları belirlenmiştir. KİDBAT toplam 30 adet çoktan seçmeli soru içerecek şekilde hazırlanmıştır. Bu sorular literatürden (Özmen, 2007) ve genel kimya içerikli kitaplardan faydalanılarak (McMurry ve Fay, 2004; Silberberg, 2007), açık uçlu nitelikteki soruların çoktan seçmeli forma dönüştürülmesi yoluyla araştırmacı

tarafından geliştirilmiştir. Test üzerinde pilot uygulama sonrası yapılan istatistiksel analizler sonucunda testin son hali 26 soru içerecek şekilde hazırlanmıştır. KİDBAT'ta yer alan soruların konu alanlarına göre dağılımı aşağıda verilmiştir.

Tablo 11. KİDBAT'taki Sorularının İlişkili Olduğu Konular

	Konular	Sorular
Soruların ilgili olduğu alt kavramlar	Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı	3, 5, 6, 7, 11, 12
	Dengeye derişimin etkisi	20, 24
	Dengeye basınç ve hacmin etkisi	19
	Dengeye sıcaklığın etkisi	21
	Denge sabitine sıcaklığın etkisi	23
	Denge sabitine derişimin etkisi	15
	Le Châtelier prensibinin kimyasal dengelerde uygulanması	22, 25, 26
	Heterojen dengeler	8
	Katalizörün dengeye etkisi	4
	Denge sabitinin ifadesi ve özelliği	9, 10, 13, 14
	Kimyasal denge ve fiziksel denge	1, 2
	Denge kesri ve denge sabiti	16, 17, 18

Kimyasal denge konusunda daha çok denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı üzerine odaklanıldığından bu konularla ilgili soru sayısının daha fazla olmasına dikkat edilmiştir.

3. 5. 3. Mülakat

Mülakat, araştırılan konu hakkında bireylerin deneyim, düşünce ve inançlarının neler olduğunu ortaya koymak ve bunların altında yatan önemli nedenleri ortaya çıkarmak için gerçekleştirilen görüşmelerdir (Çepni, 2007; Yıldırım ve Şimşek, 2008). Mülakatlarla bireyin zihnindeki bilgilere direkt olarak ulaşma imkânı elde edilebilmektedir (Çepni, 2007; Eshach, 2003; Nicoll, 2001). Mülakat tekniği diğer veri toplama metotlarıyla karşılaştırıldığında araştırmacı veri toplama sürecine bizzat katıldığı için öğrencinin cevap oranının hemen hemen tam olduğu belirtilmektedir. Çünkü bu süreçte araştırmacı daha derinlemesine cevaplar için ek sorular sorabilir, yanlış anlama durumunda soruyu tekrar edebilir veya soruyu değişik bir biçimde tekrar sorabilir (White ve Gunstone, 1992; Yıldırım ve Şimşek, 2008). Bu çalışmada öğrencilerin anlama düzeylerinin ortaya çıkarılması amaçlandığı için, nitel veri toplama tekniklerinden birisi olarak mülakatın kavram testine ek olarak en uygun veri toplama aracı olduğu düşünülmüş ve kullanılmıştır. KİDKAT'tan elde edilen verileri desteklemek üzere öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramalar ve uygulanan öğretim materyallerinin öğrencilerin kavramsal yapılarında farklılaşma

sağlamadaki etkililiklerini araştırmak amacı ile yarı yapılandırılmış mülakatlar yürütülmüştür. Mülakatlarda öğrencilere kimyasal denge durumunu tanımak ve dengenin dinamik yapısı; dengeye ve denge sabitine sıcaklığın etkisi; dengeye ve denge sabitine basıncın ve hacmin etkisi; dengeye ve denge sabitine derişimin etkisi; dengeye etki eden faktörler (Le Chatelier Prensibi) ile ilgili toplam beş soru yöneltilmiştir. Mülakat soruları uluslar arası bir kitaptan (Barke, Hazari ve Yitbarek, 2009) alınmış ve araştırmacı tarafından bazı değişiklik ve düzenlemelerle çalışmada kullanılabilir hale dönüştürülmüştür. Mülakat sorularına yönelik pilot uygulamalar ve geçerlik çalışmaları yapıldıktan sonra soruların son hali araştırmacı tarafından son mülakat ve gecikmiş mülakat şeklinde her iki gruptan seçilen 12'şer öğrenciye uygulanmıştır. Mülakatlar öğrencilerden izin alınarak ses kayıt cihazı ile kaydedilmiştir. Mülakatlar, öğrenciler ile bireysel olarak üniversitenin kimya laboratuvarında gerçekleştirilmiş ve her bir mülakat yaklaşık 15-20 dakika sürmüştür.

3. 6. Çalışma Kapsamında Geliştirilen Öğretim Materyalleri

Bu bölümde çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin geliştirilmesinde izlenen adımlardan bahsedilmiş ve materyaller tanıtılmıştır.

Materyallerin geliştirilme sürecinde ilk olarak kimyasal denge ünitesiyle ilgili literatür taraması yapılmış, kimyasal denge ile ilgili kavram yanlışları tespit edilmiş ve kazanımlar incelenmiştir. Daha sonra kimyasal denge ünitesiyle ilgili yapılmış materyal geliştirme ve kavram yanlışlarını gidermeye yönelik çalışmalar incelenmiştir (Akkuş, 2004; Bilgin, 2006; Bilgin ve Geban, 2006; Coştu ve Ünal, 2005; Harrison ve Jong, 2005; Özmen, 2008a; Sarıçayır, 2007; Weerawardhana, 2006). Bunlara ilave olarak animasyon, simülasyon, kavramsal değişim metni, analogi ve 5E modelinin kullanıldığı çalışmalar incelenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, yapılandırmacı öğrenme kuramının 5E öğretim modeline göre zenginleştirilmiş bir öğretim materyali geliştirilmiştir. Öğretim materyalinde kavramsal değişim metinleri, analogi, animasyon ve simülasyona dayalı etkinliklerden yararlanılmıştır. Çalışmada kullanılan öğretim materyallerinin geliştirme sürecinde yapılan işlemler aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

1. Çalışmada zenginleştirilmiş bir öğretim materyali geliştirilmesine karar verildikten sonra üniversite 1. sınıf biyoloji öğretim programları ve kazanımları incelenmiştir.
2. Kazanımlardan hareketle materyal içeriğinde yer alacak konulara karar verilmiş, bu süreçte üniversitede kimya bölümünde görevli öğretim elemanları ile görüşülerek çalışma hakkında kendilerine bilgi verilmiş ve özellikle

zenginleştirme amacıyla içerikte nelere yer verilmesi gerektiği konusunda görüşleri alınmıştır.

3. Materyalin içeriği ve yer alacak zenginleştirme araçları belirlendikten sonra, araştırmacı tarafından materyalde yer alacak kavramsal değişim metinleri, analogiler, animasyonlar ve simülasyonlar geliştirilmiştir.
4. Materyaller hazırlandıktan sonra hem lise kimya öğretmenleri, hem de üniversitede görevli öğretim elemanları tarafından incelenmiş ve önerileri doğrultusunda materyallerde bazı düzeltmeler yapılmıştır.
5. Materyallerin pilot uygulamaları yapılmış ve uygulamadan sonra materyal üzerinde bazı iyileştirmeler ve düzeltmeler yapılarak asıl uygulama öncesinde son halleri verilmiştir.

Çalışmada kullanılan değişik araçların geliştirilmesine yönelik bilgiler aşağıdaki bölümde detaylı olarak verilmiştir.

3. 6. 1. Kavramsal Değişim Metinlerinin (KDM) Geliştirilmesi

Çalışmada kimyasal denge ünitesinde yer alan 1) denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı, 2) dengeye derişimin, basıncın, hacmin ve sıcaklığın etkisi, 3) denge sabitine sıcaklığın, derişimin ve basıncın etkisi, 4) Le Châtelier prensibinin kimyasal dengelerde uygulaması ve 5) katalizörün dengeye etkisi konularıyla ilgili beş tane KDM hazırlanmıştır. Bu amaçla öncelikle literatürde kimyasal denge konusuna yönelik geliştirilmiş KDM'ler (Özmen, 2007), literatürde yer alan lisansüstü çalışmalar, ders kitapları ve kimyasal denge konusundaki yanılgılar detaylı şekilde incelenmiş ve onlardan hareketle yeni metinler hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan kavramsal değişim metinlerinin tamamı, KDM geliştirme ilkeleri ve kimyasal denge konusundaki alternatif kavramlar dikkate alınarak, araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. KDM'ler geliştirildikten sonra metnin bilimselliği hakkında alan uzmanı iki öğretim üyesinden ve altı kimya öğretmeninden görüşler alınmış ve onlardan gelen dönütler doğrultusunda KDM'lere pilot çalışma öncesindeki son hali verilmiştir. Materyalin pilot uygulanması sonrasında KDM'lerde çeşitli düzeltmeler yapılmış ve içerikleri biraz daha zenginleştirilerek asıl çalışma öncesinde son halleri verilmiştir. Aşağıda öğretim materyali içerisinde yer alan *Denge Kavramı ve Dengenin Dinamik Yapısı* ile ilgili bir KDM örnek olarak verilmiştir.

1) Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı

Bazı öğrenciler "**denge tepkimelerinde ileri tepkime hızının geri tepkime hızından büyük olduğunu**" düşünürler veya diğer bir deyişle bazı öğrencilerin düşüncelerine göre "girenlerin karıştırılmasından itibaren reaksiyon dengeye ulaşınca kadar ileri yöndeki reaksiyon hızı zamanla artar ve sistemin dengeye gelmesi için geri yöndeki reaksiyon hızı azalır". **Öğrencilerin bu tür düşünceleri yanlıştır.**

Derişimdeki artış birim zamandaki çarpışma sayısının artmasına dolayısıyla da reaksiyonla sonuçlanabilecek çarpışmaların artmasına neden olduğu için reaksiyon hızını artırır. Derişimdeki azalmada ise birim zamanda meydana gelebilecek çarpışmalar azaldığı için reaksiyon hızı azalır. Tersinir tepkimeler başlangıçta, yalnızca ürünler yönünde yürürler. Ürün moleküller oluştuğça, ters yönde de bir tepkime başlar ve yeniden tepken molekülleri oluşur. Bir reaksiyon başladıktan bir süre sonra girenler çarpışarak ürünleri oluşturduğu için ürünlerin derişimi artarken girenlerin derişimi de azalır. Reaksiyonun başlangıcından dengeye gelinceye kadar girenlerin derişimi azaldığı için ileri yöndeki reaksiyon hızı azalır. Reaksiyonun başlangıcında ortamda ürün oluşmadığı için geri yöndeki reaksiyon hızı sıfırdır. İlk anlarda bu ters tepkimenin hızı küçük olmakla birlikte, ürün molekülünün derişimi arttıkça ters tepkimenin de hızı artar. Reaksiyon oluşmaya başlayınca ürünlerin derişimi artmaya başladığı için ürünlerin girenlere dönüşme hızı da artacaktır. Dolayısıyla reaksiyon dengeye gelinceye kadar geri yöndeki reaksiyon hızı da artar. Reaksiyonun başlangıcında ileri yöndeki reaksiyon hızı en fazla iken geri yöndeki reaksiyon hızı en yavaştır. Bir süre sonra, ileri ve geri tepkimelerin hızları eşit hale gelir. İşte bu anda kimyasal denge kurulmuştur.

Bazı öğrenciler sistem dengede iken dengedeki türlerin derişiminin sürekli değiştiğini düşünürler. Böyle bir düşünce yanlıştır. Bu düşünce dengedeki reaksiyon hızlarının bir sarkaca benzetilmesi sonucu ortaya çıkar ve önce ileri yöndeki reaksiyon olur sonra geri yöndeki reaksiyon olursa dengedeki türlerin derişimi sürekli bir artar bir azalır sonucu ortaya çıkar.

Fakat dengede ileri ve geri yöndeki hızlar aynı anda olduğu için dengedeki türlerin derişimi değişmez sabit kalır. Yani her hangi bir anda girenlerden biri ürünlere dönüşürken kabın herhangi bir yerinde de ürünlere dönüşür. Bu dönüşüm hızları eşit olduğu için türlerin derişimi sabit kalır. Kimyasal reaksiyonlar, ileri ve geri reaksiyon hızlarının aynı olduğu bir dinamik denge durumuna ulaşır. Denge durumunda, reaktiflerin ve ürünlerin miktarı sabit kalır. Ancak denge halinde bu madde miktarı, başlangıçta var olan maddelerin ve ürünlerin miktarına bağlıdır. Genel olarak bir reaksiyonda denge durumunda, reaktiflerin ve ürünlerin derişimlerinin oranı sabit bir değerdir. Denge bileşiminde net bir değişim olmaz, ortamdaki türlerin derişimi sabit kalmakla birlikte, moleküler seviyede kimyasal bir reaksiyon durmaz. Madde derişimlerinin sabit olması, tersinir tepkimelerde ileri tepkime hızının, geri tepkime hızına eşit olduğunu ve kimyasal dengeye ulaşıldığını gösterir.

3. 6. 2. Analogilerin Geliştirilmesi

Araştırmada kimyasal denge konusuyla ilgili beş tane analogi araştırmacı tarafından literatürden de yararlanılarak (Kotz, Treichel ve Townsend, 2008; Kotz, Vining ve Justin Fermann, 2000; McMurry ve Fay, 2004; Silberberg, 2007; Zumdahl ve Zumdahl, 2011) geliştirilmiştir. Birinci analogide denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı, ikinci analogide dengeye derişimin, basıncın, hacmin ve sıcaklığın etkisi, üçüncü analogide denge sabitine sıcaklığın, derişimin ve basıncın etkisi, dördüncü analogide Le Châtelier prensibinin kimyasal dengelerde uygulanması ve beşinci analogide katalizörün dengeye etkisi ele alınmıştır.

Analogiler geliştirildikten sonra doğrulukları ve kullanılabilirlikleri hakkında alan uzmanı iki öğretim üyesinden ve altı kimya öğretmeninden görüşler alınmış ve önerileri doğrultusunda pilot çalışma öncesinde son halleri verilmiştir. Materyalin pilot uygulanması sonrasında analogilerde çeşitli düzeltmeler yapılmış ve içerikleri biraz daha zenginleştirilerek asıl çalışma öncesinde son halleri verilmiştir.

Dengeye ulaşma sürecinde ileri ve geri reaksiyon hızları ve dengedeki türlerin derişim değişimi ile ilgili bir analogi örneği aşağıda sunulmuştur. Bu analogide bir kayak merkezinde sabahdan itibaren tepeye taşınan ve daha sonra geri dönmeye başlayan kayakçılar ele alınarak ileri ve geri reaksiyonların hızı kavramıyla ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Bu analogide yukarıya ve aşağıya doğru hareket eden kayakçılar ileri ve geri reaksiyon hızlarını temsil etmek üzere kullanılmış olup, tanecik veya derişim anlamında bir karşılaştırma yapılmamıştır. Kayakçıların hareketi başlangıçta ileri reaksiyon hızının varlığına, geri dönenlerin hareketi ise geri reaksiyonun başlamasına ve hızlanmasına benzetilmiştir.

Tablo 12. İleri ve Geri Reaksiyonların Hızı ile İlgili Analogi Örneği

Analogi: Kayak merkezi		
Hedef kavram: Dengeye ulaşana kadar ileri ve geri yöndeki reaksiyon hızı ve dengedeki türlerin derişim değişimi		
Benzeyen özellik	Karşılaştırma	Benzetilen özellik
1. Reaksiyonun başlangıcında ortamda yalnızca girenler vardır. Henüz ürün oluşmamıştır.	Karşılaştırılır	1. Şafakta bütün kayakçılar kayak merkezindedir ve herhangi bir hareket yoktur.
2. Kısa bir süre sonra girenler çarpışarak ürünleri oluşturur. Başlangıçta ortamda ürün olmadığı için reaksiyonun ilk başladığı anda geri yöndeki reaksiyon hızı sıfırdır.	Karşılaştırılır	2. Sabah saatlerinde (bir süre sonra) tepeye doğru sadece tek yönlü bir hareket vardır.

Tablo 12'nin devamı

3. Ürün derişimi az olduğu için tekrar girenlere parçalanma hızı düşüktür. Girenlerin derişimi daha fazla olduğu için ileri yöndeki reaksiyon hızı geri yöndeki reaksiyon hızından büyüktür.	Karşılaştırılır	3. Biraz sonra birkaç kayakçı tepeden aşağıya doğru inmeye başlar, ancak yukarıya çıkanların sayısı daha fazladır.
4. Bir süre sonra ürün derişimi arttığı için geri yöndeki reaksiyon hızı da artar ve ileri yöndeki reaksiyon hızı geri yöndeki reaksiyon hızına eşit olduğunda denge kurulur. Denge kurulduğu anda dengedeki türlerin derişimi sabit kalır.	Karşılaştırılır	4. Öğleye doğru birim zamanda tepeden aşağı doğru inen kayakçı sayısı ile tepeye tırmanan kayakçı sayısı eşitlenir. Kayak merkezinde ve tepede kayakçı sayısı sabit kalır.
5. Reaksiyonlarda hareket eden taneciklerdir.	Karşılaştırılmaz	5. Kayak merkezinde hareket eden kayakçılardır.
6. Kimyasal reaksiyonlardaki taneciklerin hareketi sahip olduğu kinetik enerjiden dolaydır.	Karşılaştırılmaz	6. Kayakçılar içgüdüsel olarak hareket ederler
7. Kimyasal reaksiyonlarda tanecikler minimum enerji ve maksimum düzensizliğe ulaşmak için reaksiyona girerler.	Karşılaştırılmaz	7. Kayakçılar içgüdüsel olarak eğlenmek için çalışırlar.

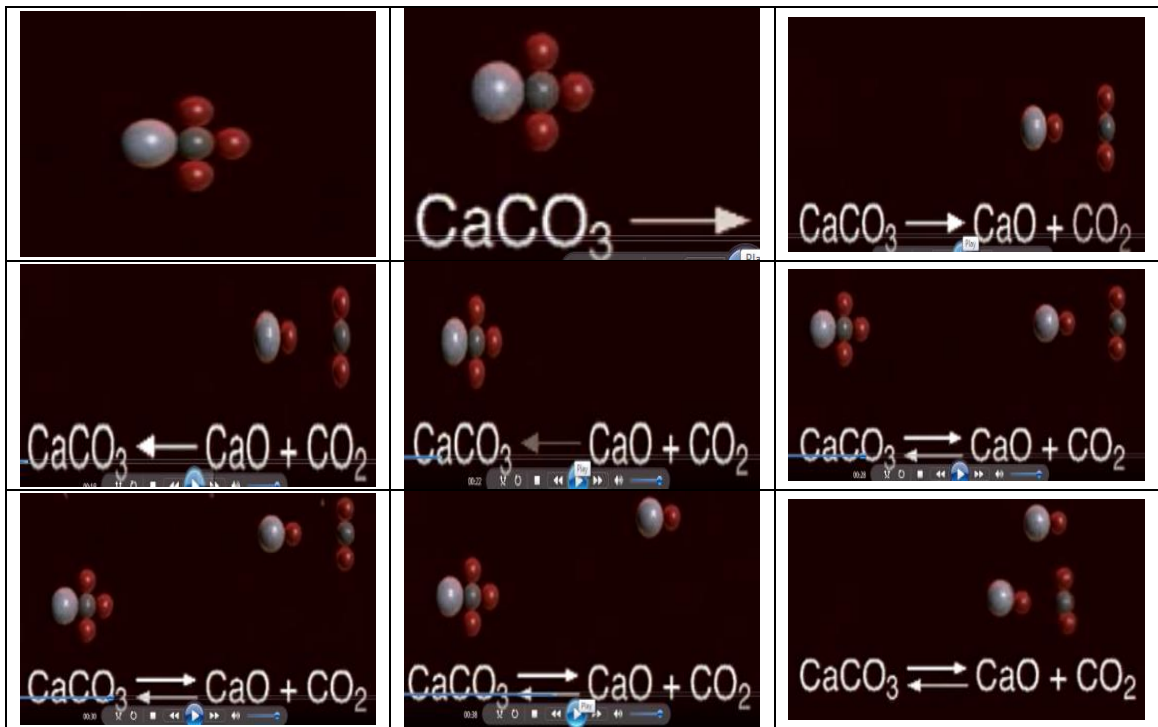
3. 6. 3. Animasyonların Geliştirilmesi

Çalışmada kullanılan animasyonların hazırlanması sürecinde öncelikle uluslararası genel kimya kitapları (Kotz, Treichel ve Townsend, 2008; Kotz, Vining ve Justin Fermann, 2000) ve çeşitli internet siteleri incelenmiş (URL1-13, 2011) ve kimyasal denge konusuyla ilgili kullanılabilecek animasyonlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu incelemeden sonra çalışmada kullanılabilecek animasyonlar belirlenmiştir. Bunun dışında araştırmacının kendisi de çalışmanın doğasına uygun animasyonlar geliştirmiştir. Animasyonlar, denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı, denge sabiti ve denge sabitinin açıklanması, dengeye derişimin, basıncın, hacmin ve sıcaklığın etkisi, Le Châtelier prensibi, kimyasal dengelerde girenlerle ürünlerin ilişkisi ve katalizörün dengeye etkisi konularında hazırlanmıştır. Çalışmada toplam sekiz adet animasyon hazırlanmış, bunların iki tanesi araştırmacı tarafından geliştirilirken, geriye kalanlar ders kitapları ve internetten alınmıştır. Araştırmacı tarafından geliştirilen animasyonların hazırlık aşamasında animasyon ekran görüntüleri ve teori araştırmacı tarafından hazırlanmış, yazılım haline dönüştürülmesi ise bilgisayar mühendisliğinde görevli bir personel tarafından *Macromedia Flash 8.0*, *KMplayer 10.0* ve *Quick Time Player 7 pro* programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Animasyonlar oynatılırken ileri, geri, durdurma ve oynatma tuşları konularak animasyon üzerinde istenilen komutların gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, araştırmacı denge ile ilgili bazı deneyleri laboratuvar ortamında yapıp, kameraya çekerek bunları bilgisayar ortamında animasyonların yanında kullanmıştır.

Animasyonlar belirlendikten sonra işlevleri ve kullanılabilirlikleri hakkında alan uzmanı iki öğretim üyesinden ve altı kimya öğretmeninden görüşler alınmış ve önerileri doğrultusunda pilot çalışma öncesinde son halleri verilmiştir. Materyalin pilot uygulanması sonrasında animasyonlarda çeşitli düzeltmeler yapılmış ve içerikleri zenginleştirilerek asıl çalışma öncesinde son halleri verilmiştir.

Çalışmada kullanılan ve literatürden alınan denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı ile ilgili olan animasyonun ekran görüntüsü aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısına yönelik animasyon ekran görüntüsü

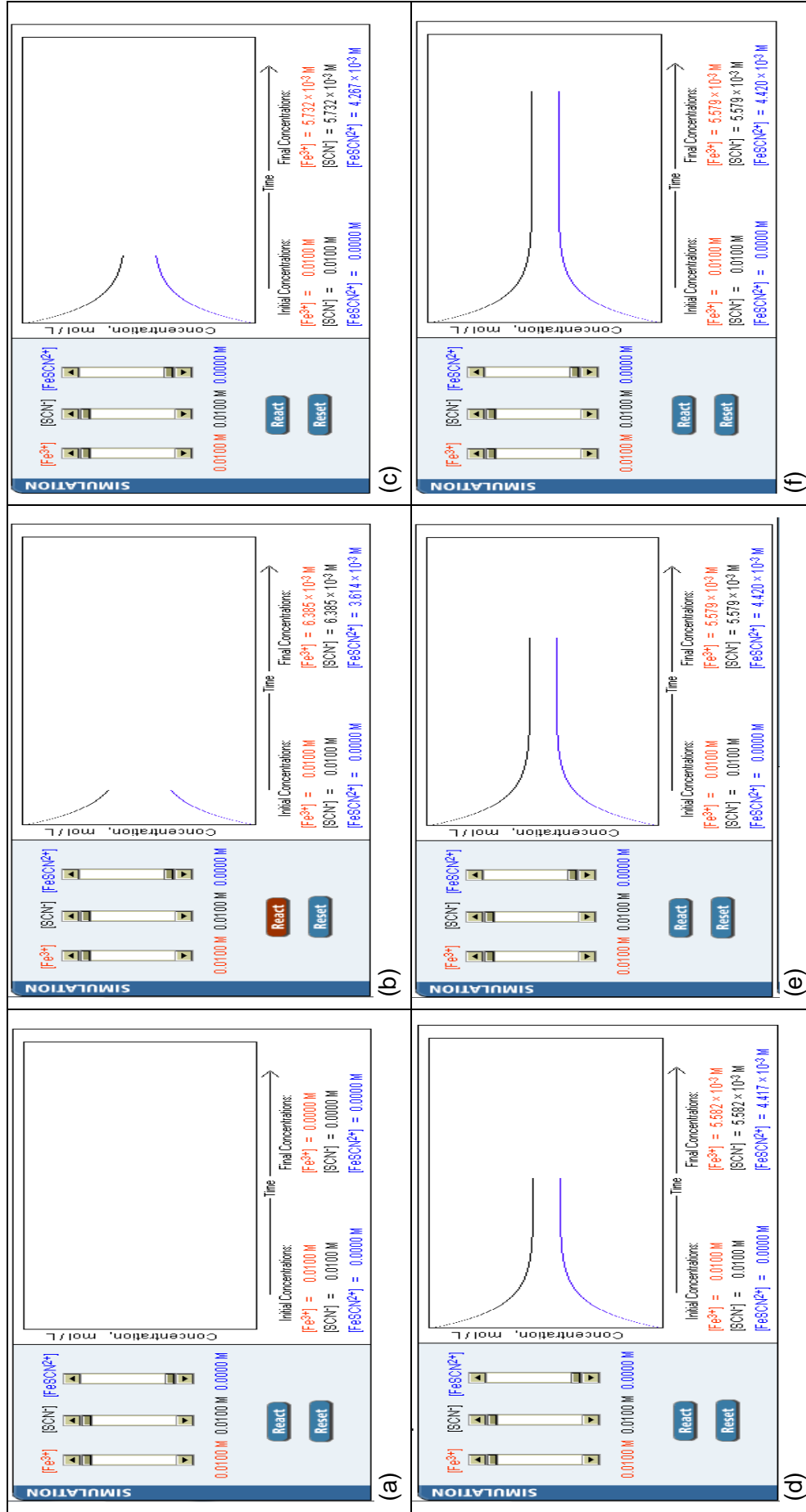
3. 6. 4. Simülasyonların Geliştirilmesi

Çalışmada kullanılan simülasyonlar uluslararası genel kimya kitapları ve internetten alınmıştır. Simülasyonlar denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı, denge sabiti ve denge sabitinin açıklanması, dengeye derişimin etkisi, Le Châtelier prensibi, reaksiyonların başlangıç ve denge konumları, iki yönlü reaksiyonlarda derişimlerin zamanla değişimi ve katalizörün dengeye etkisi konularında seçilmiştir. Çalışmada toplam yedi adet simülasyon seçilmiş, bunların beş tanesi genel kimya kitaplarından alınırken (Kotz, Treichel ve Townsend, 2008; Kotz, Vining ve Justin Fermann, 2000), iki tanesi internetten (URL 2, 4, 13, 14, 2011) alınmıştır. Simülasyonlar özellikle öğrencilerin kimyasal denge ile ilgili laboratuvar ortamında gözlenemeyecek mikro boyuttaki olayları

görebilmelerini ve çeşitli değişkenleri değiştirerek sonuca yansımalarını görmelerini sağlayacak örnekler şeklinde seçilmiştir.

Simülasyonlar belirlendikten sonra işlevleri ve kullanılabilirlikleri hakkında alan uzmanı iki öğretim üyesinden ve altı kimya öğretmeninden görüşler alınmış ve önerileri doğrultusunda pilot çalışma öncesinde son halleri verilmiştir. Materyalin pilot uygulanması sonrasında simülasyonlarda çeşitli değişiklikler yapılmış ve asıl çalışma öncesinde son halleri verilmiştir.

Çalışmada kullanılan ve genel kimya kitabından alınan denge kavramı ve dengenin dinamik yapısına yönelik simülasyona ait ekran görüntüsü aşağıda verilmiştir.



Şekil 3. Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı ilgili simülasyon ekran görüntüsü

3. 6. 5. Öğretmen Kılavuzunun Geliştirilmesi

Çalışmada üniversite düzeyinde biyoloji bölümü öğretim programında yer alan kimyasal denge konusuna yönelik öğretmen kılavuzu şeklinde geliştirilen zenginleştirilmiş bir öğretim materyali hazırlanmıştır. Geliştirilen öğretmen kılavuzu beş adet ders planı içerecek şekilde ve 5E modeli esas alınarak hazırlanmıştır. Her bir ders planında 5E modelinin girme, keşfetme, açıklama, derinleştirme ve değerlendirme basamakları ayrı ayrı ele alınarak tasarlanmış ve kavramsal değişim metinleri, analogiler, simülasyonlar ve bilgisayar animasyonları gibi öğretim etkinlikleri/uygulamaları ile zenginleştirilmeye çalışılmıştır. Birinci ve ikinci planlar iki ders saati, üç, dört ve beşinci planlar ise dört ders saatinde tamamlanacak şekilde hazırlanmış ve 5E modelinin basamaklarına farklı zamanlar ayrılmıştır. Geliştirilen materyal, öğretim programında kimyasal denge konusu ile ilgili yer alan kazanımlar ve konuya ayrılan süre olan 16 ders saati dikkate alınarak hazırlanmıştır. Materyalin içeriği öğretmenin konunun öğretiminde kullanabileceği ve ihtiyaç duyabileceği tüm bilgileri, açıklamaları ve yönlendirmeleri içerecek şekilde düzenlenmeye çalışılmıştır. Materyalin hazırlanması sürecinde öğretim programında kimyasal denge konusu ile ilgili yer alan kazanımlar dikkate alınmıştır. Materyaller hazırlandıktan sonra İran'da değişik liselerde görev yapan ve 12. sınıf kimya dersini veren ve yüksek lisans derecesi olan altı kimya öğretmenine inceletirilmiş ve görüş ve önerileri doğrultusunda materyalde bazı düzenlemeler yapılmıştır. Örnek bir ders planı (Plan 1) aşağıda verilmiştir.

Tablo 13. Örnek Ders Planı

Bölüm 1	
Dersin adı	Genel Kimya
Sınıf	Biyoloji bölümü 1. sınıf
Konu	Tek yönlü ve çift yönlü reaksiyonlar
Önerilen süre	2 ders saati
Bölüm 2	
Öğrenci kazanımları	Tek ve çift yönlü reaksiyonlar arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları açıklayabilme
Ünite kavramları ve sembolleri	Tek ve çift yönlü reaksiyonlar
Öğretme ve öğrenme yöntem ve teknikleri	5E Modeli
Kullanılan eğitim teknolojileri ve materyaller	Kavramsal değişim metinler, analogiler ve animasyon ve simülasyon destekli öğretim
Konuyla ilgili kavram yanlışları	Kimyasal reaksiyonların geneli tamamlanmaya giden reaksiyonlardır. Reaksiyona giren maddelerden herhangi biri bittiği zaman reaksiyon durur.

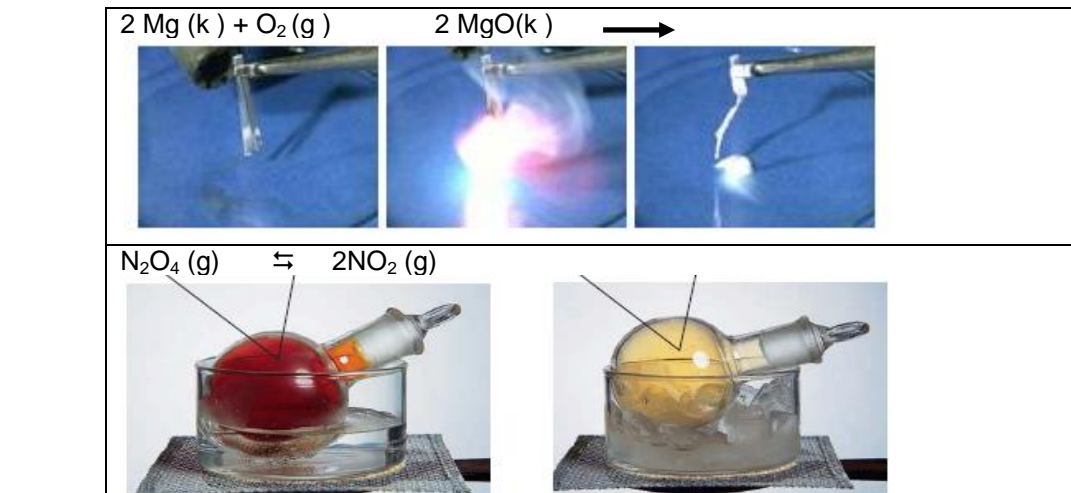
Tablo 13'ün devamı

Girme Basamağı

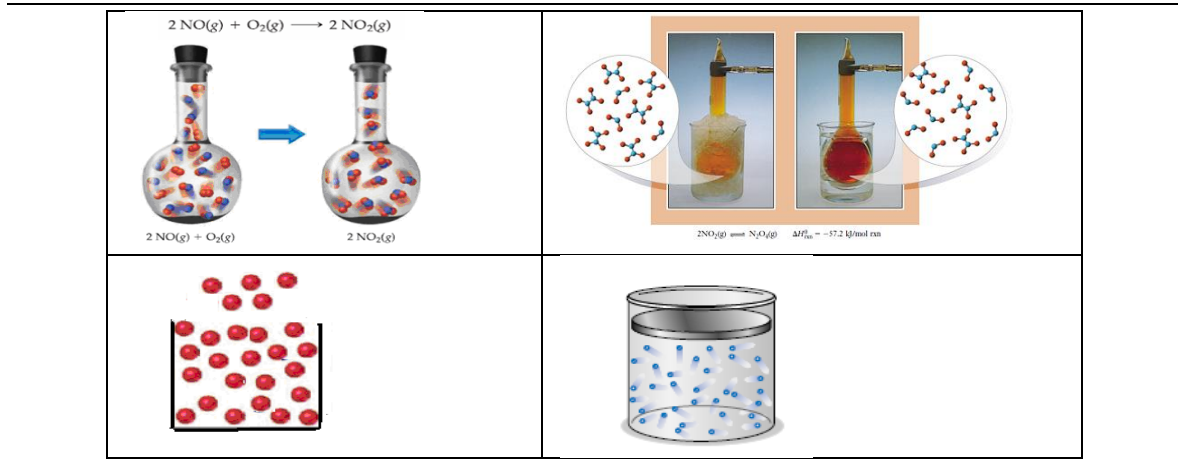
Girme basamağında başlangıçta, öğrenciler soru sormaya ve çeşitli fikirleri ileri sürmeye teşvik edilir. Öğrencilere tek ve çift yönlü reaksiyonların karşılaştırılmasıyla ilgili soru sorulur. Giriş etkinliğinde öğrencilerin ünite ile ilgili ön fikirleri alınır ve daha sonra öğrenilenlerin hatırlanması amacıyla kısa video gösterisi yapılır. Öğrencilerin ön bilgilerinin ve alternatif kavramalarının belirlenmesi amacıyla etkinlikteki olay hakkında soru sorulur. Öğrenciler cevaplarını yazarak sınıf içerisindeki diğer arkadaşlarıyla paylaşırlar. Öğrencilerin ünite ile ilgili ön bilgilerinin ortaya çıkarılması için tek ve çift yönlü reaksiyonlarla ilgili aşağıdaki örnekler verilir ve düşünceleri alınır.

**Keşfetme Basamağı**

Keşfetme basamağında öğrenciler grupla birlikte çalışarak yeni bilgiler toplamaya başlarlar. Bu amaçla daha önceden hazırlanmış deneylerin video kayıtları ve animasyonlar öğrencilere izletilir ve makroskobik animasyonlar üzerinde incelemelerde bulunarak veriler toplamaları sağlanır. Tek yönlü ve çift yönlü reaksiyonlar ile ilgili animasyonlar öğrenciler tarafından bilgisayarda izlenir ve bu yolla tanecikler düzeyinde gerçekleşen olaylara yönelik veri toplamaları sağlanır. Tek ve çift yönlü reaksiyonlarda maddenin molekül yapısında meydana gelen değişimler olduğu ve bu değişiklik olurken moleküller arası ve moleküllerdeki atomları bir arada tutan bağların koptuğu ve yeni düzenlemeler sonucunda yeni bağların oluşarak farklı özellikte yeni bir maddenin oluştuğu ifade edilir. Konu anlatım esnasında ve animasyonların izlenmesi sonrasında öğrencilerden grup olarak görüş oluşturmaları istenir. Öğretmen, öğrencilere üzerinde düşünmelerini sağlayacak şekilde sorular yönelterek rehberlik yapar. Keşfetme basamağında kullanılan etkinlik ve olaylara ait örnek ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.



Tablo 13'ün devamı



Açıklama Basamağı

Öğrenciler topladıkları veriler yardımıyla yeni kavramlara ulaşmaya çalışırlar. Bu basamakta öğrenciler tek ve çift yönlü reaksiyon özelliklerine göre topladıkları verilerden yola çıkarak açıklamalarda bulunurlar. Öğrenciler önceki basamakta elde ettikleri verilere yönelik sorulara cevaplar üretmek arkadaşları ile tartışır, paylaşır ve bilgi üretmeye çalışırlar. Bazı tepkimelerin neden tek yönlü ve bazı tepkimelerin neden çift yönlü olduğu tartışılır. Öğrencilere kavramsal değişim metinleri dağıtılır. Metinleri okumaları sağlanır ve metinlerdeki açıklamalar tartışılır. Öğretmenin görevi kavramsal değişime yardımcı olmak ve gerekli bilimsel açıklamaları sunmaktır. Aşağıdaki metin öğrencilerle birlikte okunur ve üzerinde tartışılır.

Bazı tepkimeler neden tek yönlü ve bazı tepkimeler neden çift yönlü olurlar?



Kavramsal Değişim Metni

Bazı öğrenciler bütün reaksiyonların çift yönlü olduğunu düşünmekte, bazıları da tek yönlü ve çift yönlü gerçekleşen reaksiyonları birbirinden ayıramamaktadırlar. Örneğin, bazı öğrenciler otomobil silindiriindeki yakıtın yanması reaksiyonunda, yakıtın oksijenle yanarak temel yanma ürünleri olan karbon dioksit ve su buharını oluşturduğunda, yanma ürünlerinin geri dönerek yeniden yakıtı dönüştüğünü düşünmektedirler. Bu yanlış bir inanıştır. Bazı öğrenciler de otomobillerin elektrik enerji deposu olan akülerde, bir takım kimyasal maddeler reaksiyona girerek tüketildikçe elektrik üretildiği için reaksiyonların geriye dönüşüm olmayacak şekilde girenlerden birisi veya tamamı tükeninceye kadar reaksiyonun tek yönlü olarak ilerlediğini ve sona erdiğini düşünmektedirler. Bu düşünce de yanlıştır.

Bazı fiziksel ve kimyasal olaylar, gerekirse koşulların da değiştirilmesi ile her iki yönde de oluşabilmektedir. Bu olgu "tersinirlik" olarak adlandırılır. Otomobillerin elektrik enerjisi deposu olan akülerde, bir takım kimyasal maddeler reaksiyona girerek tüketildikçe elektrik üretilmektedir. Aynı akü şarj edildiğinde ise bu süreç tersine dönmekte ve bu kez harcanan elektrik enerjisi ile başlangıçtaki kimyasal maddeler yeniden üretilmektedir. O halde bu kimyasal olay tersinir (*çift yönlü*) özelliktedir. Bazı değişim süreçlerinin tersinir olmalarına karşın, bazıları geriye çevirmek mümkün değildir. Otomobillerin motorunun silindirlerinde gerçekleşen yanma reaksiyonunda, yakıtın oksijenle yanarak temel yanma ürünleri olan karbon dioksit ve su buharını oluşturmasında, yanma ürünlerinin geri dönerek yeniden yakıtı dönüştüğü hiçbir zaman gözlenmemiştir. Bunun gibi bazı reaksiyonlar başladıktan sonra geriye dönme olanağı bulamayacak şekilde tek yönde ilerleyerek reaktantlardan biri ya da tamamı tükenince sona ermektedir. Bu türden reaksiyonlar tersinmez (*tek yönlü*) özelliktedir.

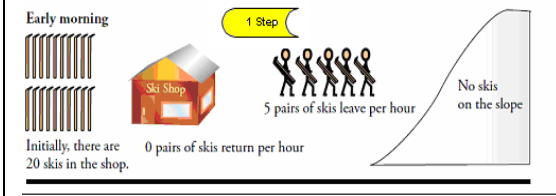
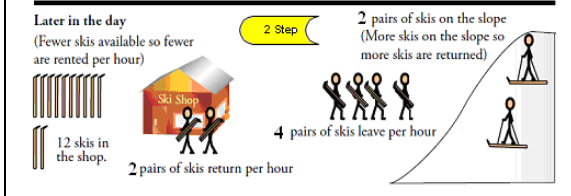
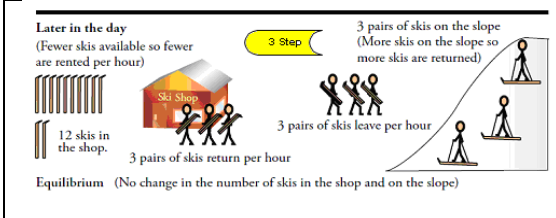
Bu bilgilerden hareketle, bütün kimyasal reaksiyonların tersinir özellikte olmadığı, bazıları geriye dönerek tekrar ürünleri oluştururken, bazı reaksiyonların da tamamlandığı söylenilebilir.

Tablo 13'ün devamı

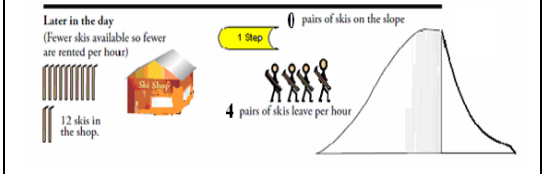
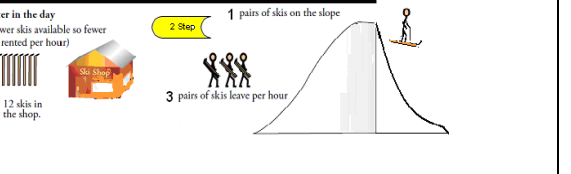
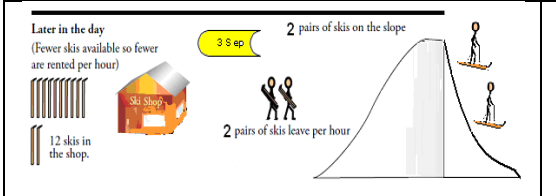
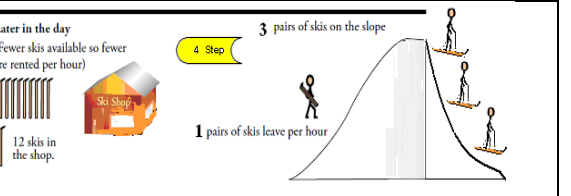
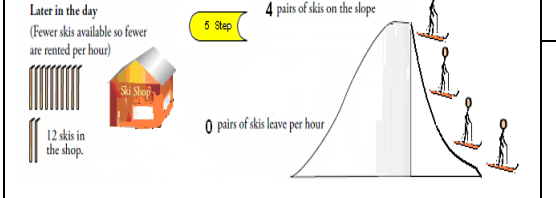
Derinleşme Basamağı

Öğrencilerin öğrendikleri konuları pekiştirmeleri ve detaylandırmalarını sağlamak üzere onlara hazırlanan analogiler inceletirilir. Analogi ve hedef kavramlar arasında paylaşılan özellikler ve paylaşılmayan özellikler tartışılır. Öğrencilerin anlamada güçlük çektikleri durumlarla ilgili açıklamalar yapılır. Tartışmalar sırasında öğretmen tarafından tespit edilen yanlışlar düzeltilir. Tek ve çift yönlü reaksiyonlarla ilgili simülasyonlar öğrencilere izlettirilir. Bu yolla gözlenmesi imkânsız olan taneciklerin ve olayların bilgisayar destekli simülasyonlarla somutlaştırılmasına imkân sağlanmaya çalışılır. Simülasyon programlarında farklı bağımsız değişkenler verilerek bağımlı değişkenlerin miktarları hesaplanmıştır. Deneyleri istedikleri kadar tekrarlayabilmelerine izin verilerek ve tartışmalar yaptırılarak kavramalarını geliştirmeleri sağlanmaya çalışılır. Değişkenleri kullanarak grafik ve tablo oluşturmaları istenir. İncelenmeye başlanan konuya yeni bilgiler elde edildikten sonra geri dönülür ve öğrenciler birlikte edindikleri bilgileri yeni durumlarda uygularlar. Öğretmen, öğrencilerin çalışmalarına ve öğrendikleri kavramları ve becerilerini sunmalarına imkân sağlar. Derinleştirme basamağında kullanılan etkinlik ve olaylara ait örnek ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.

İki yönlü reaksiyonlara analogi

<p>Early morning</p> <p>Initially, there are 20 skis in the shop.</p> <p>0 pairs of skis return per hour</p> <p>1 Step</p> <p>5 pairs of skis leave per hour</p> <p>No skis on the slope</p> 	<p>Later in the day (Fewer skis available so fewer are rented per hour)</p> <p>12 skis in the shop.</p> <p>2 pairs of skis return per hour</p> <p>2 Step</p> <p>4 pairs of skis leave per hour</p> <p>2 pairs of skis on the slope (More skis on the slope so more skis are returned)</p> 								
<p>Later in the day (Fewer skis available so fewer are rented per hour)</p> <p>12 skis in the shop.</p> <p>3 pairs of skis return per hour</p> <p>3 Step</p> <p>3 pairs of skis on the slope (More skis on the slope so more skis are returned)</p> <p>3 pairs of skis leave per hour</p> <p>Equilibrium (No change in the number of skis in the shop and on the slope)</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Paylaşılan özellikler</th> <th colspan="2">Paylaşılmayan özellikler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Paylaşılan özellikler		Paylaşılmayan özellikler					
Paylaşılan özellikler		Paylaşılmayan özellikler							

Tek yönlü reaksiyonlara analogi

<p>Later in the day (Fewer skis available so fewer are rented per hour)</p> <p>12 skis in the shop.</p> <p>4 pairs of skis leave per hour</p> <p>1 Step</p> <p>0 pairs of skis on the slope</p> 	<p>Later in the day (Fewer skis available so fewer are rented per hour)</p> <p>12 skis in the shop.</p> <p>3 pairs of skis leave per hour</p> <p>2 Step</p> <p>1 pairs of skis on the slope</p> 								
<p>Later in the day (Fewer skis available so fewer are rented per hour)</p> <p>12 skis in the shop.</p> <p>2 pairs of skis leave per hour</p> <p>3 Step</p> <p>2 pairs of skis on the slope</p> 	<p>Later in the day (Fewer skis available so fewer are rented per hour)</p> <p>12 skis in the shop.</p> <p>1 pairs of skis leave per hour</p> <p>4 Step</p> <p>3 pairs of skis on the slope</p> 								
<p>Later in the day (Fewer skis available so fewer are rented per hour)</p> <p>12 skis in the shop.</p> <p>0 pairs of skis leave per hour</p> <p>5 Step</p> <p>4 pairs of skis on the slope</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Paylaşılan özellikler</th> <th colspan="2">Paylaşılmayan özellikler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Paylaşılan özellikler		Paylaşılmayan özellikler					
Paylaşılan özellikler		Paylaşılmayan özellikler							

Tablo 13'ün devamı

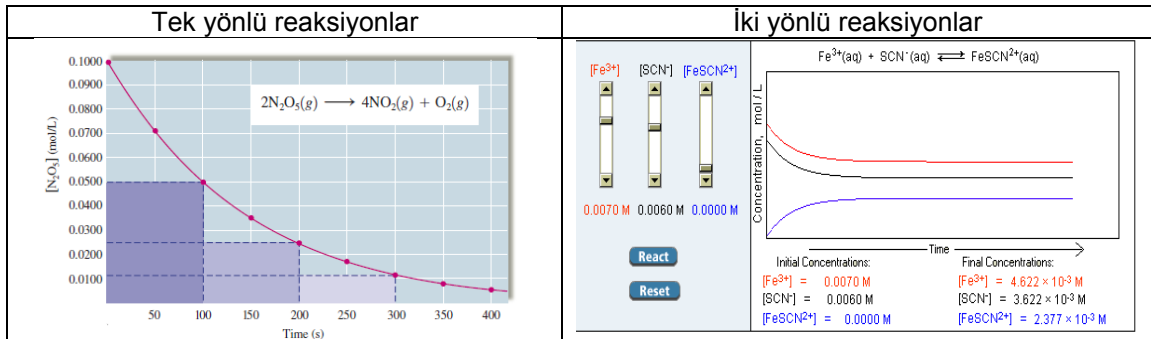
Bu analogi için geliştirilen ve kullanılan analogi haritasında ise karşılaştırılan ve karşılaştırılmayan özellikler vurgulanmaktadır.

Analoji: Kayak merkezi

Hedef kavram: Dengeye ulaşana kadar ileri ve geri yöndeki reaksiyon hızı ve dengedeki türlerin derişim değişimi

Benzeyen özellik	Karşılaştırma	Benzetilen özellik
1. Reaksiyonun başlangıcında ortamda yalnızca girenler vardır. Henüz ürün oluşmamıştır.	Karşılaştırılır	1. Şafakta bütün kayakçılar kayak merkezindedir ve herhangi bir hareket yoktur.
2. Kısa bir süre sonra girenler çarpışarak ürünleri oluşturur. Başlangıçta ortamda ürün olmadığı için reaksiyonun ilk başladığı anda geri yöndeki reaksiyon hızı sıfırdır.	Karşılaştırılır	2. Sabah saatlerinde (bir süre sonra) tepeye doğru sadece tek yönlü bir hareket vardır.
3. Ürün derişimi az olduğu için tekrar girenlere parçalanma hızı düşüktür. Girenlerin derişimi daha fazla olduğu için ileri yöndeki reaksiyon hızı geri yöndeki reaksiyon hızından büyüktür.	Karşılaştırılır	3. Biraz sonra birkaç kayakçı tepeden aşağıya doğru inmeye başlar, ancak yukarıya çıkanların sayısı daha fazladır.
4. Bir süre sonra ürün derişimi arttığı için geri yöndeki reaksiyon hızı da artar ve ileri yöndeki reaksiyon hızı geri yöndeki reaksiyon hızına eşit olduğunda denge kurulur. Denge kurulduğu anda dengedeki türlerin derişimi sabit kalır.	Karşılaştırılır	4. Öğleye doğru birim zamanda tepeden aşağı doğru inen kayakçı sayısı ile tepeye tırmanan kayakçı sayısı eşitlenir. Kayak merkezinde ve tepede kayakçı sayısı sabit kalır.
5. Reaksiyonlarda hareket eden taneciklerdir.	Karşılaştırılmaz	5. Kayak merkezinde hareket eden kayakçılardır.
6. Kimyasal reaksiyonlardaki taneciklerin hareketi sahip olduğu kinetik enerjiden dolayıdır.	Karşılaştırılmaz	6. Kayakçılar içgüdüsel olarak hareket ederler
7. Kimyasal reaksiyonlarda tanecikler minimum enerji ve maksimum düzensizliğe ulaşmak için reaksiyona girerler.	Karşılaştırılmaz	7. Kayakçılar içgüdüsel olarak eğlenmek için çalışırlar.

Derinleşme basamağında iki yönlü ve tek yönlü reaksiyonlarda simülasyon örnekleri aşağıda tabloda verilmiştir.

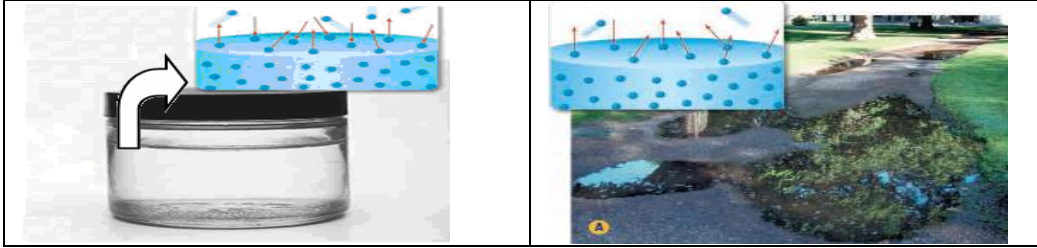


Tablo 13'ün devamı

Değerlendirme Basamağı

Değerlendirme basamağında öğretmen yazılı olarak ve ya performans değerlendirmesiyle öğrencilerin anlamalarını değerlendirebilir. Öğrencilere biri sınıf içi ve diğeri sınıf dışı olmak üzere iki değerlendirme etkinliği sunulur. Sınıf içi etkinlik olarak öğrencilere hedeflenen kavramları içeren birkaç tane doğru-yanlış sorusu dağıtılır ve 10 dakika süre verilir. Cevaplanan sorular öğretmen tarafından toplanır ve öğrencilerin yardımıyla tabloda doğru ve yanlış olanları açıklanır. Öğrencilere reaksiyonların hangilerinin çift yönlü olduğu ve eğer tek yönlü gerçekleşseydiler neler olabileceği sorulur. Ayrıca sınıf dışı etkinlik olarak öğrencilere bölüm sonlarında tek ve çift yönlü reaksiyonlara göre transfer soru tiplerini içeren değerlendirme etkinlikleri dağıtılır. Soruları uygun şekilde cevaplamaları ve bir sonraki hafta derste teslim etmeleri istenir.

1) Aşağıdaki şekillerden hangisi tek yönlü ve hangisi çift yönlü olabilir?



2) Kimyasal dengenin bir foto korom gözlüğün camlarının güzelliğiyle ilgili olabileceğini hiç düşündünüz mü? Resimdeki gözlüğün camları üzerindeki renk değişimleri farklı kimyasal reaksiyonun sonucudur. Bu reaksiyonların sonucunda oluşan değişik erişimlerdeki maddeler, renkli camları verir. Bu renk değişiminin sebebi ne olabilir? ($Ag^+ + e \rightleftharpoons Ag$)

**3. 7. Pilot Uygulamaların Yapılması**

Araştırmada kullanılmak amacıyla hazırlanan testlerin, mülakat ve materyallerin eksikliklerinin giderilmesi ve gerekli düzeltmelerin yapılması amacıyla araçların pilot uygulamaları yapılmıştır. Yapılan pilot uygulamalar sonucu araçlara son halleri verilmiştir.

3. 7. 1. KİDKAT ve KİDBAT'ın Pilot Uygulaması

Çalışma kapsamında geliştirilen her iki test İran'da bir üniversitenin fen-edebiyat fakültesi biyoloji bölümü 1. sınıfında öğrenim gören ve asıl uygulamaya katılmayan toplam 20 kişilik öğrenci grubuna Ekim 2011-Kasım 2011 periyodunda pilot olarak uygulanmıştır. Uygulama sırasında öğrencilerin soruları cevaplarken anlamakta zorluk çektikleri ya da yanlış anladıkları noktalar ve testleri uygulamak için gerekli süreler belirlenmiştir. Uygulama sonucunda sorularda herhangi bir problemle karşılaşılmaştır.

3. 7. 1. 1. Geçerlik ve Güvenirlik Çalışmaları

Çalışma kapsamında hazırlanan her iki test, Marand Azad Üniversitesi Kimya Anabilim Dalında görev yapan sekiz öğretim elemanına ve iki farklı lisede görev yapan altı kimya öğretmenine inceletirilerek test sorularının öğretim programına uygunluğu, soruların niteliği ve soruların ilgili üniteyi kapsayıp kapsamadığı konusunda önerileri alınmış ve onların görüş ve önerileri doğrultusunda testte iyileştirmeler ve düzeltmeler yapılmıştır. Bu şekilde testlerin araştırmanın amacına uygun olduğu ve çalışmada kullanılabilirliği uzman görüşleri ile sağlanmaya çalışılmıştır.

Pilot uygulama sonrasında elde edilen verilerden hareketle her iki test için madde analizleri yapılmış, ayırt edicilik indisleri ve güçlük indisleri hesaplanmıştır. KİDKAT için elde edilen analiz sonuçları Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14. KİDKAT Analiz Sonuçları

Soru sayısı	20	
Soru tipi	İki aşamalı test	Aralık (soru sayısı)
Cevaplanma süresi	30-35 dakika	
Ayırt edicilik indisi	Ortalama: 0.475	0.30-0.39 (2)
		0.40-0.49 (8)
		0.50-0.59 (5)
		0.60-0.69 (3)
		0.70-0.79 (2)
Güçlük indisi	Ortalama: 0.44	0.20-0.29 (3)
		0.30-0.39 (3)
		0.40-0.49 (6)
		0.50-0.59 (4)
		0.60-0.69 (2)
		0.70-0.79 (1)
		0.80-0.89 (1)
KR-20	Güvenirlik katsayısı: 0.80	

Testte yer alan soruların ayırt edicilik indislerinin 0.34-0.78 arasında olduğu tespit edilmiştir. Testin bu bölümünde yer alan iki aşamalı soruların tümü için ayırt edicilik indisi 0.475 olarak hesaplanmıştır. Testteki soruların güçlük indisleri ise 0.25-0.86 arasında yer almakta ve testin tümü için güçlük derecesi 0.44 olarak hesaplanmıştır. Madde analizi yapılan test için güvenilirlik katsayısı KR-20 formülü kullanılarak hesaplanmış ve güvenilirlik katsayısı 0.80 olarak bulunmuştur. KİDKAT'ın son hali 20 adet iki aşamalı çoktan seçmeli soru içermekte olup Ek 2'de verilmiştir.

KİDBAT'ın pilot uygulamasından elde edilen veriler üzerinden gerekli analizler yapılmış olup, analiz sonuçları Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15. KİDBAT Analiz Sonuçları

Soru sayısı	26	
Soru tipi	Çoktan seçmeli test	Aralık (soru sayısı)
Cevaplanma süresi	25-30 dakika	
Ayırt edicilik indisi	Ortalama: 0.521	0.30-0.39 (2)
		0.40-0.49 (11)
		0.50-0.59 (7)
		0.60-0.69 (4)
		0.70-0.79 (2)
Güçlük indisi	Ortalama: 0.473	0.20-0.29 (3)
		0.30-0.39 (6)
		0.40-0.49 (8)
		0.50-0.59 (5)
		0.60-0.69 (2)
		0.70-0.79 (2)
KR-20	Güvenirlik katsayısı: 0,834	

Çalışmada pilot uygulama aşamasında KİDBAT 30 adet çoktan seçmeli soru içerecek şekilde geliştirilmiş, yapılan madde analizi sonuçlarına göre testte yer alan sorulardan 4 tanesinin testten çıkarılmasına karar verilmiştir. Bu şekilde son hali verilen testteki soruların ayırt edicilik indisleri 0.30-0.79 arasında bulunmuş ve testin tümü için ayırt edicilik indisi 0.521 olarak hesaplanmıştır. Testteki soruların güçlük indisleri ise 0.20-0.79 arasında bulunmuş ve testin tümü için güçlük derecesi 0.473 olarak hesaplanmıştır. Madde analizi yapılan test için güvenilirlik katsayısı KR-20 formülü kullanılarak hesaplanmış ve güvenilirlik katsayısı 0.834 olarak bulunmuştur. KİDBAT'ın son hali 26 adet çoktan seçmeli soru içermekte olup Ek 3'te verilmiştir.

3. 7. 2. Mülakat Sorularının Pilot Uygulaması

Çalışmada elde edilen nicel verileri desteklemek amacıyla yürütülen yarı yapılandırılmış mülakatta kullanılacak sorular araştırmacı tarafından hazırlanmış ve kapsam geçerliğinin sağlanması amacıyla iki alan uzmanına inceletirilmiştir. Ayrıca araştırmacı mülakat sorularının işlerliğini ve anlaşılabilirliğini tespit etmek amacı ile pilot uygulamanın yapıldığı sınıftan 8 öğrenciye mülakat sorularını uygulamış ve sorulara öğrencilerin verdikleri cevapları inceleyerek, gerekli düzeltmeleri, ekleme ve çıkartmaları yapmıştır. Mülakat sorularının son hali Ek 4'te verilmiştir.

3. 7. 3. Kılavuzun Pilot Uygulaması

Geliştirilen öğretmen kılavuzunun pilot uygulaması 2011-2012 öğretim yılında güz döneminde İran'da bir üniversitenin fen-edebiyat fakültesi biyoloji bölümü 1. sınıfta öğrenim gören 20 öğrenci ile araştırmacı tarafından sınıf ortamında yürütülmüştür. Pilot

uygulama öncesinde araştırmacı öğrencilere kavramsal değişim metinleri, analogi, animasyon ve simülasyonların nasıl kullanılacağı hakkında bilgiler vermiştir. Daha sonra öğrencilerin bilgisayarlarına yazılımların çalıştırılması için gerekli programlar yüklenmiştir. Araştırmacı da kendi bilgisayarı yardımıyla uygulamayı yansıtmıştır. Uygulama süreci haftada dört saat olacak şekilde dört haftada tamamlanmıştır. Bu süreçte materyal araştırmacı tarafından uygulanmış ve uygulama sonrasında süreçte tespit edilen eksiklik, hata veya sorunlara yönelik olarak materyal üzerinde gerekli düzeltme, ekleme veya değişiklikler yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan değişiklikler aşağıda verilmiştir:

1. Girme basamağında kullanılan bazı fotoğraflar ve resimler değiştirilmiş ve konu ve kavramlarla uygun olarak yeni fotoğraflara yer verilmiştir.
2. Uygulama sürecinde açıklama ve derinleştirme basamaklarının yürütölme zamanları uzatılmıştır.
3. Kavramsal değişim metinlerinin bazılarında kavram yanılığı içeren paragrafların açıklamaları detaylandırılmıştır.
4. Analogilerde kullanılan Ottello oyunu yerine kayak merkezi ile ilgili analogi eklenmiştir.
5. Analogilerde bazı analogi ve hedef kavramlar arasında karşılaştırılan ve karşılaştırılmayan özelliklerin örnekleri değiştirilmiş ve konuyla ilgili uygun örnekler verilmiştir.
6. Kolay alışmayan ve Java programlarıyla geç çalışan animasyonların yerine başka animasyonlar kullanılmıştır.
7. Uygulama sürecinde öğrencilerin zaman kaybının önlenmesi ve materyallerin uygun, kolay ve etkili kullanımı için zenginleşmiş 5E modelinin basamakları flash programında hepsi bir arada hazırlanmış ve aşamalar arasında linkler ve bağlantılar oluşturulmuştur. Her ders planı ve 5E modelinin basamakları için bir tane menü flash programında hazırlanmıştır.
8. Bazı laboratuvar videoları uygun olmadığından, laboratuvar etkinlikleri ile ilgili video gösterimleri çekilmiş ve hazırlanmıştır.

3. 8. Asıl Uygulamaların Yapılması

Çalışmanın asıl uygulaması 2011-2012 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde Marand Azad Üniversitesi Fen-Edebiyat Faköltesi Biyoloji Bölümü öğrencileri ile yürütölmüştür. Asıl uygulama her iki grupta haftada dört saat olacak şekilde toplam dört haftada tamamlanmıştır. Bu süreçte hem deney hem de kontrol grubundaki uygulamalar araştırmacı tarafından yürütölmüştür. Bunun en önemli nedeni, çalışmanın yürütöldüğü

her iki grupta Genel Kimya dersini fakültenin kararı gereği araştırmacının yürütmesidir. Çalışmanın yrtldğ fakültede aynı isimli dersleri aynı ođđretim elamanlarının vermesi zorunluluk olup, şubelere göre farklı kişilerin görevlendirilmesi söz konusu olmamaktadır. Biyoloji bölümünde Genel Kimya dersine araştırmacının görevlendirilmiş olması nedeniyle her iki gruptaki uygulamalar araştırmacı tarafından yrtlmştr. Araştırmada deney ve kontrol grupları 30'ar ođđrenci içermektedir. Deney grubunda geliştirilmiş olan zenginleştirilmiş ođđretim materyali kullanılırken, kontrol grubunda geleneksel olarak uygulanan ders anlatım biçimine dayalı uygulamalar yrtlmştr. Gruplarda yürütülen ođđretim uygulamalarının içeriği ođđretim programlarında yer alan kazanımlarla örtüşmekte olup, deney grubunda bu içerik farklı yollarla zenginleştirilmiştir. Uygulama sürecinde araştırmacı her iki gruptaki uygulamaların birbiriyle eř zamanlı olacak şekilde yürütülmesine zen göstermiştir. Her iki grupta derslerin yürütülmesine ilişkin detaylı açıklamalar aşağıda verilmiştir.

3. 8. 1. Kontrol Grubunda Derslerin Yrtlme Süreci

Kontrol grubunda kimyasal denge konusu araştırmacı tarafından geleneksel ođđretim yaklaşımı kullanarak uygulanmıştır. Bu bağlamda uluslararası bir yayınevi tarafından basılan bir genel kimya kitabı kaynak ders kitabı olarak kullanılmış ve uygulama süreci bu kitap esas alınarak yrtlmştr. Uygulama süreci haftada dört ders saati olacak şekilde dört haftada tamamlanmış, bu süreçte her hafta ilk iki ders saatinde teorik ders anlatımı gerçekleştirilmiş, son iki saat ise deney yapma, problem çözme ve tekrar yapma faaliyetlerine ayrılmıştır. Bu, ders kapsamında daha önce de yapılan geleneksel uygulamadır.

Çalışmanın uygulandığı ortamda geleneksel ođđretimden kast edilen çoğunlukla ođđretmen merkezli, teorik anlatıma ve yazı tahtasına dayalı ođđretimdir. Bu tür uygulamalarda derslerin yürütülmesi ođđretmenin teorik ders anlatımı, soru cevap ve ođđrencilere konuyla ilgili önemli kısımların not ettirilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Ođđrencilerin konuyu ođđrenmeleri ođđretmeni dinlemeleri sayesinde gerçekleştirilmeye çalışılmakta, konu anlatımı tamamlandıktan sonra ođđrencilerin anlamadıkları hususlar ođđretmen tarafından tekrar edilmekte ve soruları cevaplanmaktadır. İki ders saati süren bu teorik anlatımın ardından son iki ders saatinde konuyla ilgili deneyler yapılmakta ve algoritmik problemler çözülmektedir. Kontrol grubunda derslerin yrtlme sürecinde takip edilen basamaklar aşağıda verilmiştir:

1. Anlatılacak konuların başlıkları ve alt başlıkların tahtaya yazılması

2. Önceki konuların özet şeklinde öğrencilere hatırlatılması ve soru-cevap uygulamasının yapılması
3. Yeni kavramların öğrencilere teorik olarak verilmesi
4. Yeni kavramların deney yapmayı gerektirdiği durumlarda deney yapılması
5. Yeni kavramlarla ilgili kitaptaki örnek soruların veya farklı kaynaklardan hazırlanan soruların çözülmesi
6. Yeni kavramla ilgili diğer soruların öğrencilere yöneltilmesi ve çözümlerini tahtada yapmaları
7. Öğrencilere evde cevaplamaları için soruların verilmesi, gelecek dersin konularının ve hazırlıklı gelmelerinin hatırlatılması ve dersin tamamlanması.

Kontrol grubunda kimyasal denge ünitesi kapsamında uygulanan öğretim programının içeriği Ek 5'te verilmiştir.

3. 8. 2. Deney Grubunda Derslerin Yürütülme Süreci

Deney grubunda kimyasal denge konusu araştırmacı tarafından geliştirilen öğretim materyali üzerinden anlatılmıştır. Uygulama sürecinde her iki öğrenciye bir adet bilgisayar düşecek şekilde ortam düzenlemesi yapılmış ve öğrencilerin bilgisayarlarına materyalde kullanılacak yazılımları çalıştıracak bütün programlar yüklenmiştir. Ayrıca uygulama süreci başlamadan öğrencilere yapılacak uygulamalarla ilgili açıklamalar yapılmış, öğretim materyalinin ne amaçla hazırlandığı ve derslerde nasıl kullanılacağına yönelik bir saatlik eğitim verilmiştir. Uygulama sürecinde araştırmacı da kendi bilgisayarı ve projeksiyon yardımıyla yapılan işlemleri öğrencilere yansıtmış ve isteyen öğrencilerin dersi ekrandan takip etmeleri de sağlanmıştır.

Uygulama sürecinde her ders planının girme basamağında o planda kullanılacak olan kavramsal değişim metinlerinde yer alan ilk soru öğrencilere sorulmuş ve öğrencilerin ön fikirleri alınmaya çalışılmıştır. Daha sonra öğrencilere konuyla ilgili kısa bir video filmi izlettirilerek ve/veya eğlendirici ve dikkat çekici fotoğraflar ve resimler gösterilerek sahip olabilecekleri alternatif kavramlar belirlenmeye çalışılmıştır. Keşfetme basamağında öğrenciler gruplar halinde çalışarak yeni bilgiler toplamaya başlamışlardır. Bu amaçla konuyla ilgili yaptırılacak deney varsa deney yaptırılması veya daha önce araştırmacı tarafından yapılan ve videoya kaydedilen deneylerin izlettirilmesi ve bu yolla veri toplanması sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu süreçte öğrencilerin animasyonları ve simülasyonları izleyerek veri toplamaları ve bunları uygun şekilde kaydetmeleri sağlanmaya çalışılmıştır. Bu süreçte öğrencilere yöneltilen sorularla düşünmeleri ve daha fazla veriler toplamaları sağlanmaya çalışılmıştır. Laboratuvar etkinlikleri ve bilgisayar

yazılım incelemelerinden elde edilen veriler tamamlandığında bu basamak sona erdirilmiş ve açıklama basamağına geçilmiştir. Açıklama basamağında öğrencilerin elde ettikleri verileri açıklamalarının, yorumlamalarının ve bu sayede kavramları öğrenmelerinin sağlanması amacıyla sınıf ve grup tartışmaları yürütülmüş ve öğrencilerin verilerden bilgi üretmeleri ve genellemeler yapmaları sağlanmaya çalışılmıştır. Bu süreçte araştırmacı sorduğu sorularla öğrencilerin düşünmelerini, yeni kavramlar üretmelerini, birbirleriyle tartışmalarını ve mevcut kavramlarına yenilerini eklemelerini sağlamaya çalışmıştır. Elde edilen verilerin yorumlanması ve araştırmacı tarafından gerekli açıklamaların yapılması sonrasında, kavramsal değişim metninde yer alan ve girme basamağında öğrencilere yöneltilen soru tekrar sorulmuş ve bu yolla alternatif kavramlarının farkına varmaları sağlanmaya çalışılmıştır. Daha sonra öğrencilere kavramsal değişim metni dağıtılmış ve okumaları istenmiştir. Okuma işlemi sona erdikten sonra metinde yer alan bilgi ve açıklamalar sınıf tartışması yoluyla ele alınmış, sahip oldukları yanılgılar detaylı biçimde tartışılarak giderilmeye çalışılmıştır. Araştırmacının konuyla ilgili ekleyeceği açıklamalar verildikten sonra animasyon ve simülasyon örnekleri gösterilip üzerlerinde gerekli açıklamalar yapılarak bu basamak sona erdirilmiştir. Derinleştirme basamağında öğrencilerin öğrendiklerini detaylandırmaları, yeni ve farklı durumlara ve günlük yaşama uyarlamaları amacıyla farklı etkinlik, olay ve durumlarla ilgili sorulara ve açıklamalara yer verilmiştir. Bu basamakta özellikle analogi uygulamaları ile öğrencilerin konunun tanımlayıcı ve ayırt edici özelliklerini kavramaları, günlük yaşamda karşılaşılan olaylarla benzeyen ve benzemeyen taraflarını görmeleri ve karşılaştırmalar yapmaları sağlanmaya çalışılmıştır. Öğrencilerden ilave günlük yaşam örnekleri vermeleri istenmiş ve bunlar sınıfça tartışılmıştır. Ayrıca öğrencilerin mikroskobik düzeyde gerçekleşen olayları daha kolay anlamaları ve gözlemlmelerini sağlamak amacıyla animasyonlar ve simülasyonlar öğrencilere izlettirilmiş ve özellikle simülasyonlar üzerinde uygulama yapmaları sağlanmıştır. Bu süreçte deneylerdeki bağımsız değişkenlerde yapılan değişikliklerin bağımlı değişkenlere nasıl yansıdığı belirlenmeye çalışılmış, elde edilen verilerden hareketle grafik, tablo vb. oluşturmaları istenmiş ve bunlar teorik olarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Böylece öğrencilerin ele alınan konularla ilgili derinlemesine bilgi sahibi olmaları sağlanmaya çalışılmıştır. Değerlendirme basamağında alternatif ölçme ve değerlendirme araçları yardımıyla öğrencilerin kavramları ne ölçüde öğrendikleri ve alternatif kavramalarını ne ölçüde giderdikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla öğrencilere birisi sınıf içerisinde birisi sınıf dışında yapılacak iki değerlendirme etkinliği sunulmuş, sınıf içi uygulamada öğrencilere öğretilmesi hedeflenen kavramlarla ilgili hazırlanmış doğru-yanlış soruları dağıtılmış ve öğrenci cevapları toplandıktan sonra tablolastırılarak üzerlerinde tartışılmıştır. Sınıf dışı değerlendirme etkinliği olarak ise

öğrencilere transfer yapmalarını sağlayabilecek türden örnek etkinlikler ve sorular ödev olarak verilerek bir hafta sonraki derse getirmeleri istenmiştir.

Deney grubunda iki ders saatini kapsayan bu uygulamalar yapıldıktan sonra son iki ders saatinde öğrencilerin kontrol grubunda son iki saatte yapılan uygulamaya benzer şekilde konuyla ilgili farklı deneyler yapmaları ve problem çözmeleri sağlanmıştır. Deney grubunda uygulanan materyal Ek 6'da verilmiştir.

3. 8. 3. Deney ve Kontrol Gruplarındaki Uygulamaların Karşılaştırılması

Çalışmada deney grubunda dersler geliştirilen materyal üzerinden işlenirken, kontrol grubunda geleneksel öğretim şekli kullanılmıştır. Bununla birlikte, materyal dışındaki etkileri minimize etme adına her iki grupta öğretim programında yer alan kazanımlar esas alınmış ve bunların dışına çıkılmamış, her iki grupta konunun öğretimi 16 ders saatinde tamamlanmış, her hafta derslerin son iki saatinde her iki grupta aynı uygulamalar yapılmış ve deney grubunda yapılan deneyler ve kullanılan açık uçlu sorular kontrol grubunda da aynen kullanılarak içerikte ve verilen bilgilerde deney grubu lehine bir farklılığın veya avantajın oluşmasının önüne geçilmeye çalışılmıştır. Bir başka ifadeyle, öğretim amaçlı kullanılan materyal dışında grupların aynı uygulamaları yapmaları sağlanmaya çalışılmıştır. Deney ve kontrol gruplarında yapılan uygulamalarla ilgili örnek bir karşılaştırma Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. Deneysel ve Kontrol Gruplarındaki Uygulamaların Karşılaştırılması

Kontrol grubu	Deneysel grubu
Bölüm 1	
Konu	Tek yönlü ve çift yönlü reaksiyonlar
Önerilen süre	1 ders saati
Bölüm 2	
Öğrenci kazanımları	Tek ve çift yönlü reaksiyonlar arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları açıklayabilmesi
Öğretme ve öğrenme yöntem ve teknikleri	Anlatım, açıklama, soru-cevap, deney, tartışma
Kullanılan teknolojiler ve materyaller	Ders kitabı, beyaz tahta, projeksiyon cihazı, power point
Öğrenme-Öğretme Etkinlikleri	Zenginleştirilmiş 5E Modeli
Dikkat çekme	Konuyla ilgili öğrencilere önceki konulardan sorular sorulmuştur. Öğrencileri konuya odaklamak amacıyla önceki dersler (reaksiyon hızı) hatırlatılarak, onlardan kimyasal denge konusuyla ilgili yorumları alınır.
Açıklama	Öğrenciler gruplara (her grupta iki öğrenci) ayrılır. Kavramsal değişim metnindeki ilk soru öğrencilere sorulur ve ön fikirleri alınır. Fiziksel reaksiyon, kimyasal reaksiyon kavramları ve reaksiyon gerçekleşme sürecinde meydana gelen olaylarla ilgili ön bilgileri belirlenmeye çalışılır. Öğrencilere kavramsal değişim metninin birinci aşamasındaki sorular yönetilerek sınıf tartışması yapılır. Tek yönlü ve çift yönlü reaksiyonlar ile ilgili animasyonları bilgisayarda izlemeleri sağlanır. Öğrenciler animasyonlardan elde ettikleri verileri uygun şekilde kaydedebilirler. Daha sonra konuyla ilgili tek yönlü ve çift yönlü reaksiyon örneklerini incelemeleri sağlanır ve bunların ortak özelliklerini kaydetmeleri istenir.

Tablo 16'nın devamı

<p>Yeni kimyasal denge kavramları öğrencilere teorik olarak verilir. Yeni kavramlarla ilgili kitaptaki örnek problem ve sorulardan veya farklı kaynaklardan hazırlanan sorular çözülür. Otomobillerin elektrik enerjisi deposu olan akülerde, bir takım kimyasal maddeler reaksiyona girerek tüketildikçe elektrik üretilmektedir. Aynı akü şarj edildiğinde ise bu süreç tersine dönmekte ve bu kez harcanan elektrik enerjisi ile başlangıçtaki kimyasal maddeler yeniden üretilmektedir. O halde bu kimyasal olay da tersinir özelliktedir. Otomobillerin motorunun silindirlisinde gerçekleşen yanma reaksiyonunda, yakıtın oksijenle yanarak temel yanma ürünleri olan karbon dioksit ve su buharını oluşturduktan sonra, yanma ürünlerinin geri dönerek yeniden yakıtı dönüştüğü hiçbir zaman gözlenmemiştir. Bunun gibi bazı reaksiyonlar başladıktan sonra geriye dönme olanağı bulamayacak şekilde tek yönde ilerleyerek reaktantlardan biri ya da tamamı tükenince sona ermektedir.</p>	<p>Öğrenciler elde ettikleri verileri grup halinde tartışarak bunlardan anlam çıkarmaya ve tek ve çift yönlü reaksiyonların özelliklerini belirlemeye çalışırlar. Daha sonra sınıf tartışması halinde veriler yorumlanmaya ve bunlardan bilgi üretilmeye çalışılır. Öğretmen değişik reaksiyon örnekleri vererek bunların da ortak özelliklerini ve farklılıklarını belirlemelerini sağlamaya, bu yolla tek ve çift yönlü reaksiyon kavramını anlamalarını sağlamaya çalışır. Bazı tepkimelerin neden tek yönlü ve bazı tepkimelerin neden çift yönlü olduğu tartışılır. Öğrencilere kavramsal değişim metnindeki soru tekrar sorulur ve girişteki cevapları ile mevcut cevaplarını karşılaştırmaları ve yorumlamaları istenir. Konuyla ilgili animasyonlar öğrencilere incelettirilerek kavramsallaştırmaları sağlanmaya çalışılır. Öğretmen eklemesi gereken açıklamaları, örnekleri, bilgileri vererek bu aşamayı tamamlar.</p>
<p>Anlatım</p>	<p>Açıklama aşaması</p>

Tablo 16'nın devamı

Tartışma ve deney	<p>Öğrencilere tek yönlü ve çift yönlü reaksiyonlara göre deney, film veya power point slâytlarıyla sunum yapılır ve sunuma göre rastgele olarak öğrencilere soru sorulur ve öğrencilerin cevaplarını tamamlamak için gerekli tartışmalar yapılır. Tek ve çift yönlü reaksiyonlara göre örnekler verilir. Kobalt (II) tuzları, soluk pembe renginden dolayı, kuruduğu zaman kâğıt üstünde görülmeyebilir. Fakat böyle bir kobalt mürekkeple yazılmış bir mektup, mum aleviyle ısıtıldığında gizlenmiş olan metin açık mavi renkte açığa çıkar. Co (II) tuzu kuru havada mavimsi dökner ve nemli ortamda pembe rengine dönüşür.</p>	Derinleştirme aşaması	<p>Öğrencilerin bilgilerini ve öğrendiklerini detaylandırmalarını ve pekiştirmelerini sağlamak için daha önceden hazırlanmış animasyon ve simülasyon örnekleri öğrencilere izlettirilir ve özellikle simülasyonlarla yapacakları etkileşimli uygulamaları farklı bilgiler elde etmeleri sağlanmaya çalışılır. Ayrıca örnek analogiler öğrencilere okutturularak, benzeyen ve benzemeyen özelliklere yönelik tartışmalar yapılır. Öğrencilerin günlük yaşamda gerçekleşen fiziksel ve kimyasal değişimlere örnek vermeleri ve bunların hangilerinin tersinir, hangilerinin tersinmez olduğunu açıklamaları istenir. Nedenleri üzerinde tartışma yapılır. Tek ve çift yönlü reaksiyonlarda maddenin molekül yapısında meydana gelen değişimler olduğu ve bu değişiklik olurken moleküller arası ve moleküllerdeki atomları bir arada tutan bağların kopması ve yeni düzenlemeler sonucunda yeni bağların oluşarak farklı özellikte yeni bir maddenin oluştuğu ifade edilir.</p>
Ölçme ve değerlendirme	<p>Kimyasal denge tek yönlü ve çift yönlü reaksiyonlarla ilgili diğer soruların öğrencilere yöneltilmesi ve çözümlerini tahtada yapmaları istenir. Öğrencilere ödev verilir ve sözlü notu olarak değerlendirilir. Öğrencilere evde cevaplamaları için kaptan sorular verilir. Her dersin sonunda bir sonraki konuya hazır gelmeleri bildirilerek dersler tamamlanır.</p>	Değerlendirme aşaması	<p>Öğrenciler hedeflenen kavramları içeren birkaç tane doğru-yanlış sorusunu cevaplar. Öğrencilere reaksiyonların hangilerinin çift yönlü olduğu ve eğer tek yönlü gerçekleşseydiler neler olabileceği sorulur. Ayrıca tek ve çift yönlü reaksiyonlara göre transfer yapmalarını sağlayacak türde sorular içeren değerlendirme etkinlikleri yaptırılır.</p>

3. 9. Araştırmadan Elde Edilen Verilerin Analizi

Araştırmanın verileri KİDKAT, KİDBAT ve yarı yapılandırılmış mülakat soruları ile elde edilmiştir. Elde edilen verilerin analizi ile ilgili bilgiler aşağıda sunulmuştur.

3. 9. 1. KİDKAT'tan Elde Edilen Verilerin Analizi

KİDKAT'tan elde edilen veriler parametrik testler kullanılarak SPSS 18.0 paket programında analiz edilmiştir. Deney ve kontrol gruplarının kendi içlerinde karşılaştırılmaları bağımlı t-testi ile yapılırken gruplar arasındaki karşılaştırmalarda bağımsız t-testi kullanılmıştır. Deney ve kontrol grubuna uygulanan ön test, son test ve geciktirilmiş test puanları arasındaki ilişki F testi (tek faktörlü ANOVA) ile analiz edilmiştir. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin KİDKAT'ın ön test, son test ve gecikmiş test uygulamalarından aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığı belirlenmesi ve aynı gruptaki öğrencilerin ön test, son test ve gecikmiş test puanlarının karşılaştırılması amacıyla, ilişkili örneklem için tek faktörlü ANOVA (one-way ANOVA for repeated measures) uygulanmıştır. Testler arasında anlamlı bir fark varsa bu farkın hangi testler arasında olduğunu belirlemek amacıyla verilere çoklu karşılaştırma (Post Hoc) Tukey HSD testi uygulanmıştır. Gruplar arasında ön test, son test ve gecikmiş test puanları açısından ayrı ayrı anlamlı bir farklılık olup olmadığı belirlenmesinde ise ilişkisiz örneklem için tek faktörlü varyans analizi (one-way ANOVA) kullanılmıştır. KİDKAT verilerinin analizinde kullanılan işlem basamakları aşağıda sunulmuştur.

1. KİDKAT'ın analizinde iki aşamalı soruların yalnızca bir aşamasına doğru cevap veren öğrencilere 2 puan verilmiş, her iki aşamayı birlikte doğru cevaplayan öğrenciye ise 4 puan verilmiştir. Böylece KİDKAT'taki bütün soruların her iki aşamasını doğru cevaplayan bir öğrencinin alacağı maksimum puan 80 olmuştur.
2. Kontrol gruplarının KİDKAT ön test, son test ve gecikmiş test puanlarının ANOVA sonuçları sunulmuştur.
3. Deney gruplarının KİDKAT ön test, son test ve gecikmiş test puanlarının ANOVA sonuçları sunulmuştur.
4. Kontrol grubunun KİDKAT ön testteki test ve sebep puanları, son testteki test ve sebep puanları ve gecikmiş testteki test ve sebep puanları bağımlı t-testi ile karşılaştırılmıştır.
5. Deney grubunun KİDKAT ön testteki test ve sebep puanları, son testteki test ve sebep puanları ve gecikmiş testteki test ve sebep puanları bağımlı t-testi ile karşılaştırılmıştır.

6. KİDKAT'ın analizinde öğrencilerin iki aşamalı soruların birinci aşamasına ve her iki aşamasına verdikleri doğru cevaplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla öncelikle soruların yalnızca birinci kısmı analiz edilmiş ve bu kısmı doğru cevaplayan öğrencilere bir (1) puan verilerek, KİDKAT'tan öğrencilerin aldıkları puanlar hesaplanmıştır. Bu durumda testten alınacak maksimum puan 20'dir. Daha sonra testin her iki kısmı birlikte analiz edilmiş ve her iki kısma birden doğru cevap veren öğrenciye bir (1) puan verilmiştir. Bu durumda da testten alınacak maksimum puan 20'dir. Bu analizlerden sonra her iki grup kendi içerisinde bağımlı t-testi ile ve gruplar birbiri ile bağımsız t-testi ile karşılaştırılmış ve anlamlı bir ilişkinin olup olmadığına bakılmıştır.
7. İstatistiksel analizler dışında deney ve kontrol grubu öğrencilerinin KİDKAT'taki sorulara ön test, son test ve gecikmiş testte verdikleri doğru cevapların yüzdeleri hesaplanmış ve sunulmuştur.
8. KİDKAT'ın analizinden her iki grup öğrencilerinin ön test, son test ve gecikmiş testlerdeki alternatif kavramaları belirlenmiş ve yüzdeleri hesaplanmıştır.

3. 9. 2. KİDBAT'tan Elde Edilen Verilerin Analizi

KİDBAT çoktan seçmeli 26 sorudan oluşmakta olup, doğru cevap bir (1) puan, yanlış cevap ise sıfır (0) puan olarak puanlandırılmıştır. KİDBAT'tan bütün soruları doğru cevaplayan öğrencilerin alacakları maksimum puan 26'dır. KİDBAT'tan elde edilen veriler SPSS 18,0 paket programı ve parametrik testler kullanılarak analiz edilmiştir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin KİDBAT'ın ön test, son test ve gecikmiş test uygulamalarından aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığının belirlenmesi ve aynı gruptaki öğrencilerin ön test, son test ve gecikmiş test puanlarının karşılaştırılması amacıyla tek faktörlü ANOVA (one-way ANOVA for repeated measures) uygulanmıştır. Testler arasında anlamlı bir fark varsa bu farkın hangi testler arasında olduğunu belirlemek amacıyla verilere çoklu karşılaştırma (Post Hoc) Tukey HSD testi uygulanmıştır. Gruplar arasında ön test, son test ve gecikmiş test puanları açısından ayrı ayrı anlamlı bir farklılık olup olmadığının belirlenmesinde ise ilişkisiz örneklem için tek faktörlü varyans analizi (one-way ANOVA) kullanılmıştır. Öğrencilerin ön test, son test ve gecikmiş testten aldıkları puanlardan faydalanılarak deney ve kontrol grubu öğrencilerinin seviyeleri bağımsız gruplar t-testi ile karşılaştırılmıştır. Öğrencilerin gecikmiş testten aldıkları puanlardan faydalanılarak deney ve kontrol grubu öğrencilerinin seviyeleri ANCOVA ile karşılaştırılmıştır. Öğrencilerin

kimyasal dengeyle ilgili anlamalarının kalıcılığını belirlemek için son test kovaryans olarak tutulmuş ve gecikmiş test puanlarının anlamlı derecede farklı olup olmadığı ANCOVA ile analiz edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin ön test, son test ve gecikmiş testte her bir soruya verdikleri doğru ve yanlış cevapların yüzde dağılımları verilmiştir. KDBT verilerinin analizinde işlem basamakları aşağıda sunulmuştur:

1. Kontrol gruplarının KİDBAT ön test, son test ve gecikmiş test puanlarının ANOVA sonuçları sunulmuştur.
2. Deney gruplarının KİDBAT ön test, son test ve gecikmiş test puanlarının ANOVA sonuçları sunulmuştur.
3. Deney ve kontrol gruplarının kendi içlerinde karşılaştırılmaları bağımlı t-testi ile yapılırken gruplar arasındaki karşılaştırmalarda bağımsız t-testi kullanılmıştır. Deney grubuna uygulanan ön test, son test ve gecikmiş test puanları arasındaki ilişki F testi (ANOVA) ile analiz edilmiştir.
4. KİDBAT varyans homojenliği testi yapılmıştır.
5. KİDBAT'ın gecikmiş test puanlarının değerlendirilmesinde son test puanları kovariate edilerek, grupların birbirinden anlamlı derecede farklı olup olmadığını belirlemek için ANCOVA ve farklılaşmanın yönünü belirlemek için Tukey HSD testleri kullanılmıştır.
6. Her iki grup öğrencilerinin KİDBAT'ın her bir sorusu için ön test, son test ve gecikmiş testte vermiş oldukları doğru ve yanlış cevapların yüzdeleri verilmiştir.
7. KİDBAT'ın her doğru cevabı için öğrencilere bir puan verilmiştir. Yanlış cevaba ise sıfır puan verilmiştir. KİDBAT'tan öğrencilerin alacakları maksimum puan 26'dır.

3. 9. 3. Mülakatlardan Elde Edilen Verilerin Analizi

Mülakatların analizinde öğrencilerin mülakat sorularına verdikleri cevaplar transkript edilerek yazılı hale getirilmiştir. Mülakatlarda öğrencilere beş adet soru yöneltilmiştir. Öğrencilerin alternatif kavramalarının tespitinde mülakatların analizi yapılmış ve tespit edilen alternatif kavramaların yüzdeleri ve öğrencilere göre dağılımları tabloleştirilmiştir. Öğrencilerin sorulara verdikleri doğru cevapların analizinde ise öncelikle birbirine benzer cevaplar veren öğrenci cevapları ortak ifade haline dönüştürülmüş ve her bir soru için üç adet ifade üretilmiştir. Bu işlem hem son mülakat hem de gecikmiş mülakat için yapılarak ifadeler frekanslandırılmış ve dağılımları yapılmıştır.

Nitel verilerin analizinde standartlaştırılmış bir analiz yöntemi uygulamak araştırmacıyı sınırlar, araştırmadan elde edilecek sonuçları olumsuz yönde etkiler. Ancak, analiz sürecinde beklenen verilerin sistemli, açık ve güvenilir bir şekilde sunulmasıdır

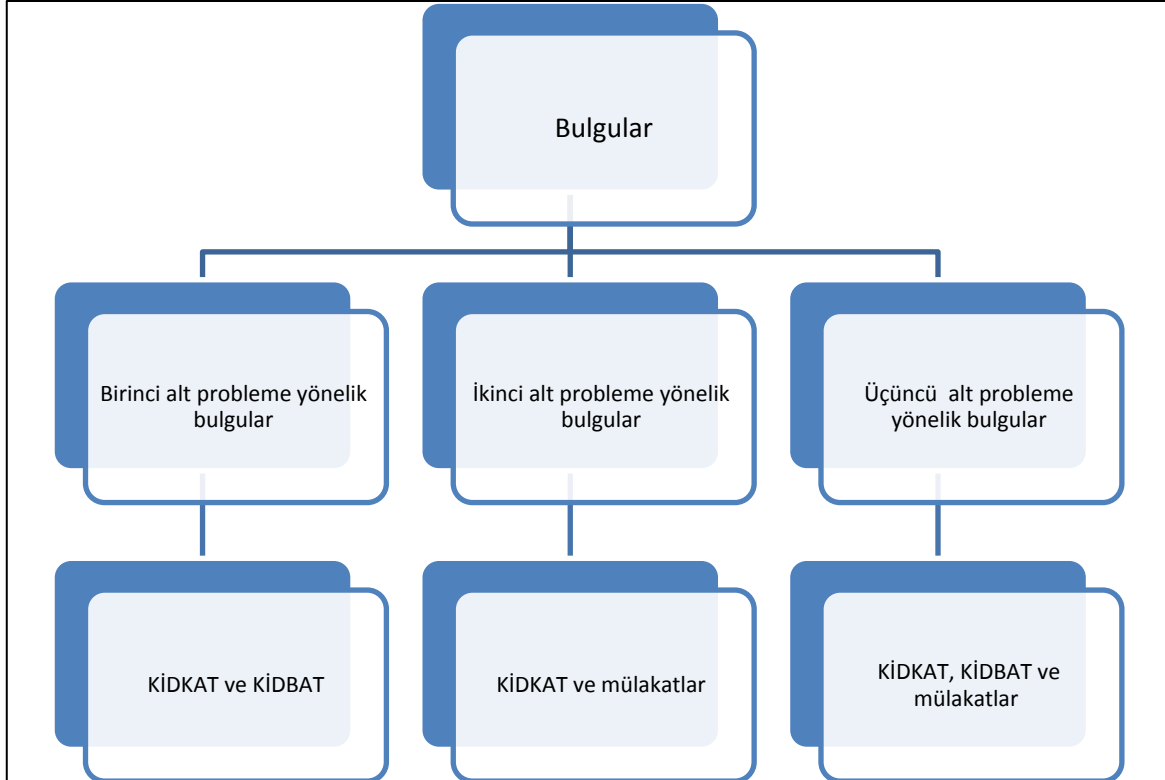
(Yıldırım ve Şimşek, 2008). Araştırmacılar tarafından nitel verileri analiz etmek için farklı yaklaşımlar öne sürülmektedir. Bunlardan iki tanesi betimsel ve içerik analizidir. Betimsel analiz sürecinde elde edilen veriler belirlenmiş olan temalara göre özetlenmekte ve yorumlanmaktadır. Ayrıca, elde edilen verilerden doğrudan alıntılara yer verilmektedir. İçerik analizi sürecinde ise verilerin daha derin analizi yoluyla, içinde saklı olabilecek gerçekler ortaya çıkarılmaya çalışılmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2008).

Betimsel istatistik veri seti olarak ifade edilen bir veri kümesiyle başlar. Araştırmacı, daha yorumlanabilir bir formda frekans dağılımı oluşturarak ve grafiksel gösterimler hazırlayarak, verileri düzenleyerek ve ortalamaları, yüzdelik sıraları hesaplayarak verinin temel özelliklerini iletmeye çalışır. Veri toplama işlemi tamamlandıktan sonra değişkenlerin düzenlenmesi, verilerin organize edilmesinin standart yoludur. Bir değişkenin veri değerini tanımlamanın en temel yollarından biri frekans dağılımı düzenlemektir. Frekans dağılımı veri değerinin sıralanarak her bir veri değerinin sıklığının gösterildiği sistematik bir düzenlemedir.

Yin (1994) mülakat yoluyla elde edilen verilerin karşılaştırılarak, bireylerin fikir birliğine vardığı veya ayrı düşündüğü noktaları tespit edebilmek için, verilen cevapların frekanslara göre kategorilere konulmasını önermektedir. Bununla birlikte, mülakat yoluyla elde edilen bazı cümleler doğrudan sunularak bireyin düşünceleri olduğu gibi yansıtılabilmektedir. Bu araştırmada elde edilen mülakat verilerinin analizinde araştırma problemlerine daha uygun olduğu düşünülerek betimsel bir yaklaşım seçilmiştir. Ses kayıt cihazı ile kaydedilen veriler yazılı hale getirilmiştir. Bu veriler içinde anlamsız söz öbekleri veya araştırma sorusuyla ilişkili olmayan kısımlar atılmış ve verilerin sadeleştirilmesi sağlanmıştır. Yukarıda ifade edilen analiz yöntemi dikkate alınmış, uygulama sonrasında ve uygulamadan bir ay sonra gecikmiş mülakat olarak deney (N=12) ve kontrol grubu (N=12) öğrencileri arasından seçilmiş olan toplam 24 öğrenci ile mülakatlar yapılmıştır. Mülakat sorularına verilen cevaplardan faydalanılarak, mülakat verilerine kategoriler yapılmıştır.

4. BULGULAR

Kimyasal denge konusuna yönelik olarak geliştirilen zenginleştirilmiş bir öğretim materyalinin üniversite öğrencilerinin anlamaları üzerindeki etkisini belirlemeyi amaçlayan bu çalışmada elde edilen bulgular Şekil 4'te gösterildiği şekliyle sunulmuştur.



Şekil 4. Veri toplama araçlarından elde edilen bulguların sunuluşu

4. 1. Birinci Alt Probleme Yönelik Bulgular

Bu bölümde çalışmanın “*deney ve kontrol grupları ön test, son test ve gecikmiş test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark var mıdır?*” şeklinde ifade edilen birinci alt probleme yönelik KİDKAT ve KİDBAT’tan elde edilen bulgular yer almaktadır.

4. 1. 1. KİDKAT’tan Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin KİDKAT’ın ön test, son test ve gecikmiş test uygulamalarından aldıkları ortalama puan ve standart sapma değerleri Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. KİDKAT Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

Grup	Ön test			Son test			Gecikmiş test		
	N	\bar{x}	Ss	N	\bar{x}	Ss	N	\bar{x}	Ss
Deney	30	18.00	5.801	30	57.27	11.890	30	53.60	11.485
Kontrol	30	17.80	6.955	30	36.07	10.205	30	30.27	7.834

Tablo 17’de görüldüğü gibi deney grubu öğrencilerinin ön test ortalama puanı 18.00 iken (Ss=5.801), son test ortalama puanı 57.27 (Ss=11.890), gecikmiş testte ise 53.60 (Ss=11.485) olmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin ise aynı ortalama puanları sırasıyla 17.80 (Ss=6.955), 36.07 (Ss=10.205) ve 30.27’dir (Ss=7.834). Deney ve kontrol gruplarında ön, son ve gecikmiş teste göre d (etki büyüklüğü (effect size) değeri sırayla .031, 1.91 ve 2.41 şeklindedir. Etki büyüklüğü, incelediğimiz olgu çerçevesinde, değişkenler arasındaki korelasyonel ya da kestirimsel ilişkinin ne kadar kuvvetli olduğunu gösteren standart ölçüttür (Kelley ve Preacher, 2012; Murphy ve Myers, 2004). Cohen (1988) etki büyüklüğü değerlerini yorumlamada kolaylık sağlama amacıyla geliştirdiği modelde etki büyüklüğü değerlerinin anlamlılık derecelerini sınıflamaya çalışmıştır. Bu sınıflamaya göre her biri yaklaşık değerler olmak üzere $d < .2$ değerleri küçük, $.2 < d < .8$ değerleri orta ve $d > .8$ değerleri ise manidar etki büyüklüklerini ortaya koymaktadır. Son ve gecikmiş testlerde d değerleri .8 değerinin üzerindedir ve manidar etki büyüklüğü göstermektedir.

Hem zenginleştirilmiş 5E materyalinin kullanıldığı deney grubunun, hem de geleneksel yöntemin takip edildiği kontrol grubunun ortalama puanlarındaki bu değişmelerin anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine, tekrarlı ölçümler için tek faktörlü ANOVA uygulanarak bakılmıştır. Tek yönlü varyans analizi sonuçları Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. KİDKAT Ön Test, Son Test ve Gecikmiş Test Puanlarının ANOVA Sonuçları

Grup	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Ss	Kareler ortalaması	F	p
Deney	Gruplar Arası	28226.756	2	14113.378	137.946	.000
	Gruplar İçi	8901.067	87	102.311		
	Toplam	37127.822	89			
Kontrol	Gruplar Arası	5227.289	2	2613.644	36.660	.000
	Gruplar İçi	6202.533	87	71.293		
	Toplam	11429.822	89			

*p<0.05

Tablo 18’de görüldüğü gibi, KİDKAT’ın her üç uygulamasından elde edilen verilerin ANOVA analiz sonuçları hem deney grubu ($F(2-87)= 137.946, p<.05$), hem de kontrol grubu öğrencilerinin ($F(2-87)= 36.660, p<.05$) ön test, son test ve gecikmiş test puanları arasında anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir ($p<0.05$). Bu farkın hangi testler arasında olduğunu belirlemek amacıyla verilere Tukey HSD testi uygulanarak çoklu karşılaştırma yapılmıştır. Tukey HSD testi sonucunda elde edilen veriler Tablo 19’da sunulmuştur.

Tablo 19. KİDKAT Tukey HSD Analizi Sonuçları

Grup	Testler	Ortalama farkı	p
Deney	Ön test Son test	-39.267*	0,000
	Ön test Gecikmiş test	-35.600*	0,000
	Son test Gecikmiş test	3.667	0.180
Kontrol	Ön test Son test	-18.267*	0.000
	Ön test Gecikmiş test	-12.467*	0.000
	Son test Gecikmiş test	5.800*	0.025

* $p<0.05$

Tablo 19’daki çoklu karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında, hem deney grubunda hem de kontrol grubunda ön test ile son test arasında son test lehine ve ön test ile gecikmiş test arasında gecikmiş test lehine anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Ön test ile son test ve gecikmiş test arasındaki ortalama puan farkları deney grubunda daha yüksektir. Bu sonuç deney grubu öğrencilerindeki kavramsal farklılaşma düzeyinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Son test ile gecikmiş test arasında deney grubunda anlamlı bir farklılık yokken ($p>.05$), kontrol grubunda son test ile gecikmiş test arasında anlamlı bir farklılık vardır ($p<.05$). Ancak deney grubundaki ortalama fark kontrol grubuna göre daha düşüktür.

Gruplar arasında ön test, son test ve gecikmiş test puanları açısından ayrı ayrı anlamlı bir farklılık olup olmadığının belirlenmesinde ilişkisiz örneklem için tek faktörlü varyans analizi (one-way ANOVA) kullanılmıştır. Test sonuçlarına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. Öğrencilerin KİDKAT Puanlarının Deney ve Kontrol Gruplarına Göre ANOVA Sonuçları

Ölçüm	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Ss	Kareler ortalaması	F	p
Ön test	Gruplar Arası	.600	1	.600	0.015	0.904
	Gruplar İçi	2378.800	58	41.014		
	Toplam	2379.400	59			
Son test	Gruplar Arası	6741.600	1	6741.600	54.920	0.000
	Gruplar İçi	7119.733	58	122.754		
	Toplam	13861.333	59			
Gecikmiş test	Gruplar Arası	8166.667	1	8166.667	84.507	0.000
	Gruplar İçi	5605.067	58	96.639		
	Toplam	13771.733	59			

*p<0.05

Tablo 20’de deney ve kontrol grupları arasında ön test sonuçları bakımından anlamlı bir farklılığın olmadığı ($F(1-58)= 0.015$, $p>.05$) görülmektedir. Son test ($F(1-58)= 54.920$, $p<.05$) ve gecikmiş test ($F(1-58)= 84.507$, $p<.05$) sonuçları arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir. Hem Tablo 19’daki ön test, son test ve gecikmiş test ortalamaları, hem de Tablo 20’deki istatistiksel analiz sonuçları zenginleştirilmiş 5E’nin kimyasal denge ünitesi ile ilgili anlama ve kalıcılığı sağlamada olumlu yönde etki ettiğini göstermektedir.

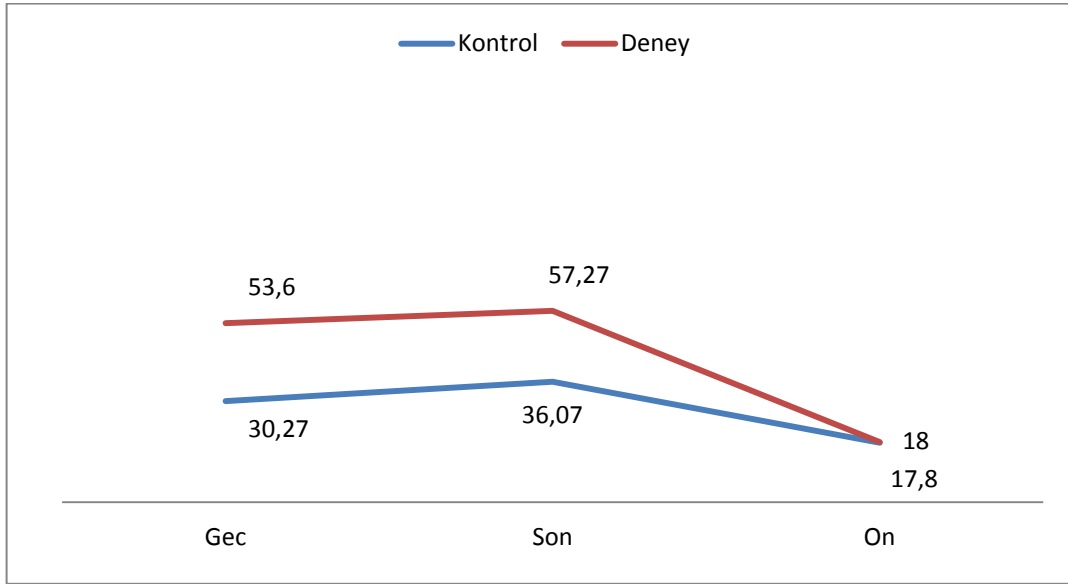
Deney ve kontrol grupları arasında öğrencilerin KİDKAT ön test, son test ve gecikmiş test puanları açısından ayrı ayrı anlamlı bir farklılık olup olmadığı ilişkisiz örneklem için bağımsız gruplar t- testi ile karşılaştırılmış olup t- testi sonuçları Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21. Deney ve Kontrol Grupları KİDKAT Ön, Son ve Gecikmiş Test Sonuçlarına İlişkin Bağımsız t Testi Sonuçları

	Varyans homojenlik testi	Ortalama t-testi eşitliği					
		F	Sig	t	Ss	Çift yönlü Sig	Ortalamalar farkı
Ön Test	Varyans Homojenliği	1.179	0.282	-0.121	58	0.904	-0.200
Son Test	Varyans Homojenliği	1.363	0.248	-7.411	58	0.000	-21.200
Gecikmiş Test	Varyans Homojenliği	4.705	0.034	-9.193	58	0.000	-23.333

Tablo 21’de görüldüğü gibi, KİDKAT’ın ön test uygulamasında deney ve kontrol grubu öğrencilerinin seviyeleri arasında anlamlı bir fark yoktur ($t= -0.121$, $df: 58$, $p=.904$). KİDKAT’ın son test uygulamasında deney ve kontrol grubu öğrencilerinin seviyeleri

arasında deney grubu lehine anlamlı bir fark vardır. ($t = -7.411$, $df: 58$, $p = .00$). KİDKAT'ın gecikmiş test uygulamasında ise deney ve kontrol grubu öğrencilerinin seviyeleri arasında deney grubu lehine anlamlı bir fark vardır ($t = -9.193$, $df: 58$, $p = .00$). Deney ve kontrol gruplarının KİDKAT'ın ön, son ve gecikmiş test ortalamalarının şematik gösterimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 5. Deney ve kontrol grubu öğrencilerin KİDKAT on, son ve gecikmiş test ortalama puanlarının karşılaştırılması

Çalışmada uygulanan KİDKAT, iki aşamalı çoktan seçmeli türde sorular içermekte olup, öğrenciler bu soruların birinci ve ikinci bölümlerine ayrı ayrı cevap vermektedirler. Literatürde bu anlamda kullanılan testlerde çoğunlukla testler bütün olarak ele alınmakta ve puanlanmaktadır. Çalışmada öğrencilerin testin birinci aşamasına ve birinci-ikinci aşamasına verdikleri cevaplar arasındaki tutarlılığa bakmak için istatistiksel olarak birinci aşamaya ve birinci-ikinci aşamaya doğru cevap veren öğrenci puanları karşılaştırılmıştır. Deney ve kontrol gruplarının ortalama puanlarındaki değişmelerin anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine, tekrarlı ölçümler için tek faktörlü bağımlı iki örnek t-testi uygulanarak bakılmıştır. Bağımlı t-testi analiz sonuçları Tablo 22 ve Tablo 23'te verilmiştir.

Tablo 22. Kontrol Grubu KİDKAT Ortalama, Standart Sapma ve Korelasyon Değerleri

Kontrol grubu	İki aşamalı sorular	N	\bar{x}	Ss	Ortalama farkı
Ön test	Birinci aşama	30	5.93	2.164	2.967
	Birinci ve ikinci aşama	30	2.97	1.650	

Tablo 22'nin devamı

Son test	Birinci aşama	30	10.53	2.726	3.033
	Birinci ve ikinci aşama	30	7.50	2.649	
Gecikmiş test	Birinci aşama	30	9.13	2.409	3.130
	Birinci ve ikinci aşama	30	6.00	1.768	

Tablo 23. Deney Grubu KİDKAT Ortalama, Standart Sapma ve Korelasyon Değerleri

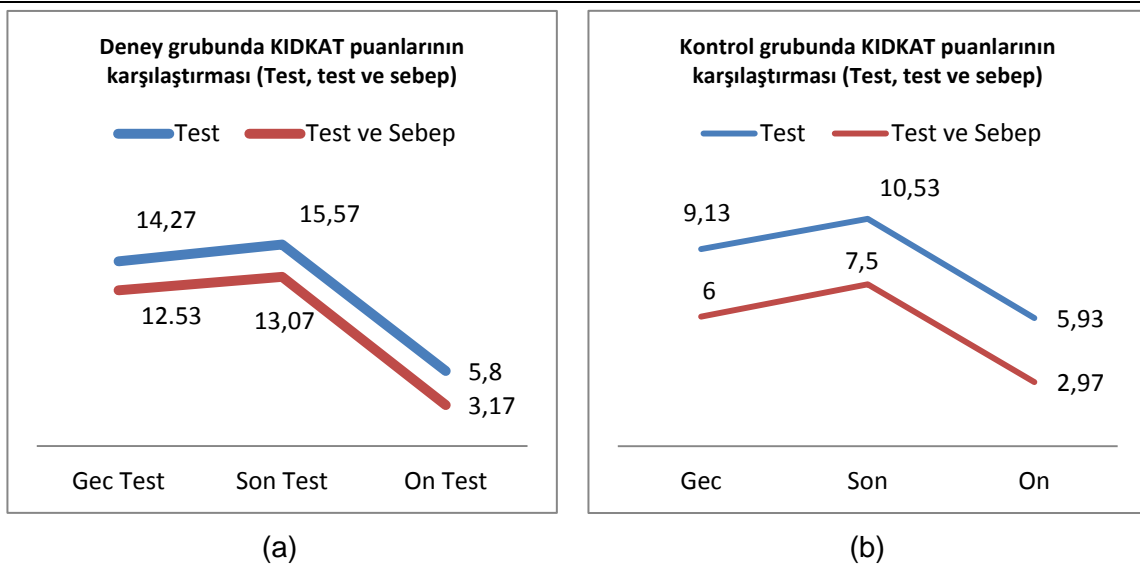
Deney grubu	İki aşamalı sorular	N	\bar{x}	Ss	Ortalama farkı
Ön test	Birinci aşama	30	5.80	1.577	2.633
	Birinci ve ikinci aşama	30	3.17	1.606	
Son test	Birinci aşama	30	15.57	2.687	2.500
	Birinci ve ikinci aşama	30	13.07	3.413	
Gecikmiş test	Birinci aşama	30	14.27	2.828	1.74
	Birinci ve ikinci aşama	30	12.53	3.045	

Tablo 22 ve Tablo 23'teki sonuçlara bakıldığında, hem deney grubunda hem de kontrol grubunda ön test, son test ve gecikmiş testlerde birinci aşama ve birinci-ikinci aşama arasında birinci aşama lehinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Son ve gecikmiş testlerde birinci aşama ile birinci-ikinci aşama arasındaki ortalama puan farkları deney grubunda daha düşüktür. Bu sonuç deney grubu öğrencilerindeki kavramsal farklılaşma düzeyinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Deney grubunda son testte, birinci aşama ($\bar{x} = 15.57$, $Ss = 2.687$) ile birinci-ikinci aşama ($\bar{x} = 13.07$, $Ss = 3.413$) arasında ortalama puan farkı 2,5'tir. Kontrol grubunda son testte ise, birinci aşama ($\bar{x} = 10.53$, $Ss = 2.726$) ile birinci-ikinci aşama ($\bar{x} = 7.50$, $Ss = 2.649$) arasında ortalama puan farkları 3.033'tür. Bu sonuçlar deney grubunda ortalama puan farklarının daha düşük olduğunu göstermektedir.

Deney grubunda gecikmiş testte, birinci aşama ($\bar{x} = 14.27$, $Ss = 2.828$) ile birinci-ikinci aşama ($\bar{x} = 12.53$, $Ss = 3.045$) arasında ortalama puan farkı 1.74'tür. Kontrol grubunda gecikmiş testte ise, birinci aşama ($\bar{x} = 9.13$, $Ss = 2.409$) ile birinci-ikinci aşama ($\bar{x} = 6$, $Ss = 1.768$) arasında ortalama puan farkı 3.13'tür. Ancak deney grubundaki ortalama fark kontrol grubuna göre daha düşüktür.

Tablo 22 ve Tablo 23'teki veriler incelendiğinde, kontrol grubunda son test ($\bar{x} = 10.53$, $Ss = 2.726$) ile gecikmiş test ($\bar{x} = 9.13$, $Ss = 2.409$) arasındaki ortalama farkın 1.4 ve

deney grubunda son test ($\bar{x}=15.57$, $Ss=2.687$) ile gecikmiş test ($\bar{x}=14.27$, $Ss=2.828$) arasındaki ortalama farkın 1.3 olduğu görülmektedir. Kontrol grubunda son testte birinci-ikinci aşamanın ortalaması ($\bar{x}=7.5$, $Ss=2.649$) ile gecikmiş testte birinci-ikinci aşamanın ortalaması ($\bar{x}=6$, $Ss=1.768$) arasındaki puan farkı 1.5'tir ($p<.05$). Deney grubunda ise son test birinci-ikinci aşamanın ortalaması ($\bar{x}=13.07$, $Ss=3.413$) ile gecikmiş testte birinci-ikinci aşamanın ortalaması ($\bar{x}=12.53$, $Ss=3.045$) arasındaki puan farkı .54'tür ($p>0.05$). Deney grubunda hem son test ile gecikmiş test arasında ve hem de son testte birinci-ikinci aşama ile gecikmiş teste birinci-ikinci aşama arasında ortalama fark kontrol grubuna göre daha düşüktür. Deney ve kontrol gruplarının KİDKAT'ın test (birinci) ve test ve sebep (birinci-ikinci) aşamalarında ortalama puanları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Deney ve kontrol grubu KİDKAT puanlarının karşılaştırılması

Hem deney hem de kontrol grubu öğrencilerinin KİDKAT'taki sorulara ön test, son test ve gecikmiş test uygulamalarında verdikleri doğru cevap yüzdeleri Tablo 24'te verilmiştir.

Tablo 24'ten de görüldüğü gibi, testteki birinci soruda öğrencilere, dengedeki sisteme sabit sıcaklıkta ürünlerden biri (C) eklendiğinde dengenin yeniden kurulabilmesi için, denge sabitinin miktarının nasıl değişeceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencileri bu sorunun her iki kısmına ön testte %16, son testte %46 ve gecikmiş testte %43 doğru cevap verirken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %16, son testte %73 ve gecikmiş testte %66'dır.

Testteki ikinci soruda öğrencilere kireçtaşının sönmemiş kireç ve karbondioksit ayrışma reaksiyonunda, denge karışımından bir miktar CaCO_3 katısı uzaklaştırılırsa dengenin nasıl değişeceği sorulmuştur. Testin her iki kısmını doğru cevaplayan kontrol grubu öğrencilerinin oranları ön testte %16, son testte %43 ve gecikmiş testte %40 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %13, son testte %53 ve gecikmiş testte %50'dir.

Testin üçüncü sorusunda, öğrencilere karbon monoksit ve hidrojen gazından metan gazı oluşumu reaksiyonu dengeye geldiğinde reaksiyon kabında dengede ileri ve geri reaksiyon oranının ne olacağı sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin bu sorunun her iki kısmına verdikleri doğru cevapların oranları ön testte %16, son testte %56 ve gecikmiş testte %56 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %13, son testte %96 ve gecikmiş testte %90'dır.

Tablo 24. Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin KİDKAT'ın Birinci ve İkinci Kısımına Verdikleri Doğru Cevap Yüzdeleri

Soru No	KONTROL GRUBU (N=30)						DENEY GRUBU (N=30)					
	Ön test		Son test		Gecikmiş test		Ön test		Son test		Gecikmiş test	
	T (%)	T-S (%)	T (%)	T-S (%)	T (%)	T-S (%)	T (%)	T-S (%)	T (%)	T-S (%)	T (%)	T-S (%)
1	30	16	60	46	53	43	30	16	83	73	76	66
2	26	16	50	43	46	40	26	13	60	53	56	50
3	36	16	73	56	63	56	30	13	100	96	93	90
4	33	16	70	56	60	53	29	16	76	63	66	60
5	26	13	30	16	20	16	29	20	76	70	70	63
6	36	20	70	50	63	46	30	13	96	93	90	90
7	30	16	63	53	56	53	30	16	96	90	90	83
8	26	10	30	13	26	16	29	20	83	73	73	66
9	26	13	36	23	33	20	30	13	56	53	53	50
10	33	16	70	56	63	53	30	13	83	80	76	70
11	26	13	43	36	40	30	28	14	86	73	80	66
12	26	10	33	16	23	16	30	13	33	23	30	20
13	30	16	56	50	50	43	30	20	83	70	76	63
14	23	10	30	23	26	16	30	16	66	60	60	60
15	23	13	36	14	26	13	26	16	56	50	53	46
16	30	16	56	46	50	36	30	17	93	76	86	66
17	36	16	70	50	63	40	30	17	83	66	76	60
18	36	20	93	53	83	46	30	16	90	70	90	66
19	23	10	30	16	26	13	26	13	73	36	66	30
20	30	13	50	26	43	23	26	16	76	33	70	33

(T): Test (Birinci kısım); (T-S): Test ve Sebep (Birinci ve ikinci kısım)

Testteki dördüncü soruda, denge reaksiyonunda sisteme ürünlerden birinin (su) katılması sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki kısmına verdikleri doğru cevapların oranları ön testte %16, son testte %56 ve gecikmiş testte %53 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %16, son testte %63 ve gecikmiş testte %60'tır.

Testin beşinci sorusunda, amonyak yükseltgenerek nitrik okside dönüştüğü Ostwald sürecinde denge sabitinin sıcaklıkla nasıl değişeceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki kısmına verdikleri doğru cevapların oranları ön testte %13, son testte %16 ve gecikmiş testte %16 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %20, son testte %70 ve gecikmiş testte %63'tür.

Testin altıncı sorusunda, kükürt dioksit ve oksijenin tepkimesi sonucunda kükürt tri oksit oluşumunda sisteme katalizör eklendiğinde geri reaksiyon oranı ile ileri reaksiyon oranının nasıl olacağı sorulmuştur. Sorunun her iki aşamasını da doğru cevaplayan kontrol grubu öğrencilerinin oranları ön testte %20, son testte %50 ve gecikmiş testte %46 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %13 son testte %93 ve gecikmiş testte %90'dır.

Testin yedinci sorusunda, kükürt dioksit ve oksijen gazından kükürt tri oksit oluşumu reaksiyonunda, başlangıçta ve sabit sıcaklıkta kükürt dioksit, oksijen ve kükürt tri oksit gazları eklenip daha sonra dengeye geldiğinde yeni kurulan dengedeki SO_2 , O_2 , SO_3 derişimlerinin nasıl değişeceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki kısmına verdikleri doğru cevapların oranları ön testte %16, son testte %53 ve gecikmiş testte %53 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %16, son testte %90 ve gecikmiş testte %83'tür.

Testin sekizinci sorusunda, öğrencilere fosfor penta klorür ayrışma ürünleri ile dengeye ulaştığında fosfor tri klorür ve klorürün konsantrasyonları sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerin sorunun her iki aşamasına verdikleri doğru cevapların oranları ön teste %10, son testte %13 ve gecikmiş testte %16'dır. Deney grubu öğrencilerinde ise ön testte %20, son testte %73 ve gecikmiş testte %66'dır.

Testin dokuzuncu sorusunda öğrencilere kalsiyum karbonatın kalsiyum oksit ve karbon dioksite ayrışmasında, dengedeki sisteme katı kalsiyum karbonat eklenirse karbon dioksitin konsantrasyonunun nasıl değişeceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki kısmına verdikleri doğru cevapların oranı ön testte %13, son testte %23 ve gecikmiş testte %20 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %13, son testte %53 ve gecikmiş testte %50'dir.

Testin onuncu sorusunda, karbon monoksitin oksijenle reaksiyonu sonucu karbondioksit oluşumu dengesine katalizör eklendiğinde CO_2 'nin konsantrasyonunun nasıl

değişeceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki kısmına verdikleri doğru cevapların oranları ön testte %16, son testte %56 ve gecikmiş testte %53 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %13, son testte %80 ve gecikmiş testte %70'tir.

Testin on birinci sorusunda, iyot ve hidrojenen hidrojen iyodür oluşumu reaksiyonunda sistem dengeye ulaştıktan sonra girenlerin ve ürünlerin ilk konsantrasyonları değiştirilirse yeniden denge kurulduğunda denge sabitinin değerinin nasıl değişeceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki aşmasına birden verdikleri doğru cevapların oranları ön testte %13, son teste %36 ve gecikmiş teste %30'dur. Deney grubu öğrencilerinin oranları ise ön teste %14, son teste %73 ve gecikmiş teste %66'dır.

Testin on ikinci sorusunda, sodyum dikromat çözeltisi 0,5 M derişime sahip olduğunda dikromat ve kromat arasında denge kurulduğu, dengeye 10 mL 0,5 molar sodyum dikromat çözeltisi eklendiğinde ne gözlemleneceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki aşamasına birden verdikleri doğru cevapların oranları ön testte %10, son testte %16 ve gecikmiş testte %16 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %13, son testte %23 ve gecikmiş testte %20'dir.

Testin on üçüncü sorusunda, azot ve hidrojen gazından amonyak oluşumu reaksiyonu denge durumunda iken sıcaklık arttırıldığında denge durumunun nasıl değişeceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki kısmına birden verdikleri doğru cevapların oranları ön testte %16, son testte %50 ve gecikmiş testte %43 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %20, son testte %70 ve gecikmiş testte %63'tür.

Testin on dördüncü sorusunda, sabit sıcaklıkta bir kaptaki denge durumundaki endotermik bir reaksiyon olan N_2O_4 'den NO_2 oluşumu reaksiyonunda karışımının basıncı küçültüldüğünde NO_2 derişiminin nasıl değişeceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki kısmına birden verdikleri doğru cevapların oranları ön testte %10, son testte %23 ve gecikmiş testte %16 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %16, son testte %60 ve gecikmiş testte %60'tir.

Testin on beşinci sorusunda, NH_4Br 'den NH_3 oluşumu reaksiyonunda karışımın sabit sıcaklıkta hacminin artırılması sonucunda ürünlerin derişiminin nasıl değişeceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki kısmına verdikleri doğru cevapların oranları ön testte %13, son testte %14 ve gecikmiş testte %13 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %16, son testte %50 ve gecikmiş testte %46'dır.

Testin on altıncı sorusunda, amonyum hidrojen sülfürün NH_3 ve H_2S gazlarına ayrışması reaksiyonunda denge halindeki sisteme H_2S eklediğinde, denge sabiti (K_c) ve

tepkime oranı (Q) arasındaki ilişki sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki kısmına verdikleri doğru cevapların oranları ön testte %16, son testte %46 ve gecikmiş testte %36 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %17, son testte %76 ve gecikmiş testte %66'dır.

Testin on yedinci sorusunda, bir çift yönlü reaksiyonun ilerlemesi beş farklı şekilde karışık halde verilmiş ve dengeye ulaşma sürecinin sıralaması sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki kısmına birden verdikleri doğru cevapların oranları ön testte %16, son testte %50 ve gecikmiş testte %40 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %17, son testte %66 ve gecikmiş testte %60'tır.

Testin on sekizinci sorusu, homojen ve heterojen denge tepkimelerinin özellikleri ile ilgilidir. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki kısmına birden verdikleri doğru cevapların oranları ön testte %20, son testte %53 ve gecikmiş testte %46 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %16, son testte %70 ve gecikmiş testte %66'dır.

Testin on dokuzuncu sorusunda, azot ve hidrojen gazından amonyak oluşum reaksiyonu dengede iken sistemden NH_3 çekildiğinde yeni dengedeki sistemde girenlerin ve ürünlerin derişimi sorulmuştur. Kontrol grubunda sorunun her iki kısmına birden doğru cevap veren öğrencilerin oranları ön testte %10, son testte %16 ve gecikmiş testte %13 iken, bu oranlar kontrol grubu öğrencilerinde ön testte %13, son testte %36 ve gecikmiş testte ise %30'dur.

Testin yirminci sorusunda, bir kimyasal dengede denge sabitinin küçük olmasının anlamı sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin sorunun her iki kısmına birden verdikleri doğru cevapların oranı ön testte %13, son testte %26 ve gecikmiş testte %23 iken, bu oran deney grubu öğrencilerinde ön testte %16, son testte %33 ve gecikmiş testte %33'tür.

4. 1. 2. KİDBAT'tan Elde Edilen Bulgular

Öğrencilerin KİDBAT'ın ön test, son test ve gecikmiş test uygulamalarından aldıkları ortalama puan ve standart sapma değerleri Tablo 25'te verilmiştir.

Tablo 25. KİDBAT Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

Grup	Ön test			Son test			Gecikmiş test		
	N	\bar{x}	Ss	N	\bar{x}	Ss	N	\bar{x}	Ss
Deney	30	3.63	.809	30	21.47	4.688	30	19.33	4.852
Kontrol	30	3.43	.971	30	14.77	4.066	30	11.10	2.564

Tablo 25'te görüldüğü üzere deney grubu öğrencilerinin öğretim öncesi ortalama puanı 3.63 (Ss=0.809) iken, öğretim sonrası 21.47 (Ss=4.688), gecikmiş testte ise 19.33 (Ss=4.852) olmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin öğretim öncesi ortalama puanı 3.43 (Ss=.971) iken, öğretim sonrası 14.77 (Ss=4.066), gecikmiş testte ise 11.10 (Ss=2.564) olmuştur. Deney ve kontrol gruplarında on, son ve gecikmiş teste göre etki büyüklüğü değeri sırayla, $d = .22$, $d = 1.53$ ve $d = 2.21$ şeklindedir. Grupların ortalama puanlarındaki bu değişmelerin anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğine ilişkin örneklem için tek faktörlü ANOVA uygulanarak bakılmıştır. Tek yönlü varyans analiz sonuçları Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. KİDBAT Ön test, Son test ve Gecikmiş Test Puanları Tek Yönlü ANOVA Sonuçları

Grup	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Kontrol	Gruplar Arası	2006.667	2	1003.333	125.159	.000
	Gruplar İçi	697.433	87	8.016		
	Toplam	2704.100	89			
Deney	Gruplar Arası	5690.689	2	2845.344	184.859	.000
	Gruplar İçi	1339.100	87	15.392		
	Toplam	7029.789	89			

* $p < 0.05$

Tablo 26'da görüldüğü gibi, tek yönlü ANOVA analizi sonucunda hem deney grubu öğrencilerinin ($F(2-87) = 184.859$, $p < .05$) hem de kontrol grubu öğrencilerinin ($F(2-87) = 125.159$, $p < .05$) ön test, son test ve gecikmiş test uygulamasından aldıkları puanlar arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Bu farkın hangi testler arasında olduğunu belirlemek amacıyla verilere Post Hoc (Tukey HSD) testi uygulanarak çoklu karşılaştırma yapılmıştır. Post Hoc testi sonucu elde edilen veriler Tablo 27'de sunulmuştur.

Tablo 27. KİDBAT'ın Ön Test, Son Test ve Gecikmiş Test Post Hoc Analizi Sonuçları

Grup	Testler	Ortalama farkı	p
Kontrol	Ön test - Son test	-11.333*	0.000
	Ön test - Gecikmiş test	-7.667*	0.000
	Son test - Gecikmiş test	3.667*	0.000
Deney	Ön test - Son test	-17.833*	0.000
	Ön test - Gecikmiş test	-15.700*	0.000
	Son test - Gecikmiş test	2.133	0.095

* $p < 0.05$

Tablo 27'deki çoklu karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında, hem deney grubunda hem de kontrol grubunda ön test ile son test arasında son test lehine ve ön test ile gecikmiş test arasında gecikmiş test lehine anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir ($p<.05$). Bu fark deney grubunda daha yüksektir. Bu sonuç deney grubu öğrencilerinin başarı düzeyindeki artışın kontrol grubu öğrencilerine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Kontrol grubunda son test ile gecikmiş test arasında son test lehine anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir ($p<.05$). Her iki grupta son test ile gecikmiş test arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($p>.05$). Deney grubundaki ortalama fark kontrol grubuna göre daha düşüktür.

Gruplar arasında ön test, son test ve gecikmiş test puanları açısından ayrı ayrı anlamlı bir farklılık olup olmadığının belirlenmesinde ilişkisiz örneklem için tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) kullanılmıştır. Test sonuçlarına ilişkin tek yönlü varyans analizi sonuçları Tablo 28'de verilmiştir.

Tablo 28. Öğrencilerin KİDBAT Puanlarının Deney ve Kontrol Grubuna Göre ANOVA Sonuçları

Ölçüm	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler ortalaması	F	p
Ön test	Gruplar Arası	.600	1	.600	0.751	0.390
	Gruplar İçi	46.333	58	.799		
	Toplam	46.933	59			
Son test	Gruplar Arası	673.350	1	673.350	34.969	0.000
	Gruplar İçi	1116.833	58	19.256		
	Toplam	1790.183	59			
Gecikmiş test	Gruplar Arası	1016.817	1	1016.817	67.526	0.000
	Gruplar İçi	873.367	58	15.058		
	Toplam	1890.183	59			

* $p<0.05$

Tablo 28'de deney ve kontrol grupları arasında ön test sonuçları bakımından anlamlı bir farklılığın olmadığı ($F(1-58)= .751$, $p>.05$) görülmektedir. Son test ($F(1-58)= 34.969$, $p<.05$) ve gecikmiş test ($F(1-58)= 67.526$, $p<.05$) sonuçları arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir. Hem Tablo 26'daki ön test, son test ve gecikmiş test ortalamaları, hem de Tablo 27'deki istatistiksel analiz sonuçları zenginleştirilmiş 5E'nin kimyasal denge ünitesi ile ilgili anlama ve kalıcılığı sağlamada olumlu yönde etki ettiğini göstermektedir.

Deney grubu öğrencilerinin KİDBAT'ın ön test uygulamasından aldıkları puanların aritmetik ortalaması $\bar{x}_{\text{deney (ön)}} = 3.63$ ($Ss=.809$), kontrol grubu öğrencilerinininki ise $\bar{x}_{\text{kontrol (ön)}} = 3.43$ ($Ss=.971$) olarak hesaplanmıştır. Öğrencilerin ön testten aldıkları puanlardan

faýdalanılarak deney ve kontrol grubu öğrencilerinin başlangıçtaki seviyeleri bağımsız gruplar t-testi ile karşılaştırılmış olup t-testi sonuçları Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29. Deney ve Kontrol Grupları KİDBAT Ön Test Sonuçlarına İlişkin Bağımsız t- Testi Sonuçları

	Varyans homojenlik testi		Ortalama t-testi eşitliği			
	F	Sig	t	sd	2-tailed	Ortalamaların farkı
Ön test	1.003	0.321	-0.867	58	0.390	0.200

Tablo 29'da görüldüğü gibi, KİDBAT'ın ön test uygulamasında deney ve kontrol grubu öğrencilerinin başlangıç seviyeleri arasında anlamlı bir fark yoktur ($t = -0.867$, $df: 58$, $p = .390$).

Deney grubu öğrencilerinin KİDBAT'ın son test uygulamasından aldıkları puanların aritmetik ortalaması $X_{deney} = 21.47$ ($Ss = 4.688$) ve kontrol grubu öğrencilerinin ki ise $X_{kontrol} = 14.77$ ($Ss = 4.066$) olarak hesaplanmıştır. Öğrencilerin son testten aldıkları puanlardan faydalanılarak deney ve kontrol grubu öğrencilerinin seviyeleri bağımsız gruplar t-testi ile karşılaştırılmış ve sonuçları Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30. Deney ve Kontrol Grubu KİDBAT Son Test Sonuçlarına İlişkin Bağımsız t- Testi Sonuçları

	Varyans homojenlik testi		Ortalama t-testi eşitliği			
	F	Sig	t	sd	2-tailed	Ortalamaların farkı
Son Test	1.355	0.249	-5.913	58	0.000	6.700

Tablo 30'da görüldüğü gibi, KİDBAT'ın son test uygulamasında deney ve kontrol grubu öğrencilerinin seviyeleri arasında deney grubu lehine anlamlı bir fark vardır ($t = -5.913$, $df: 58$, $p < .01$).

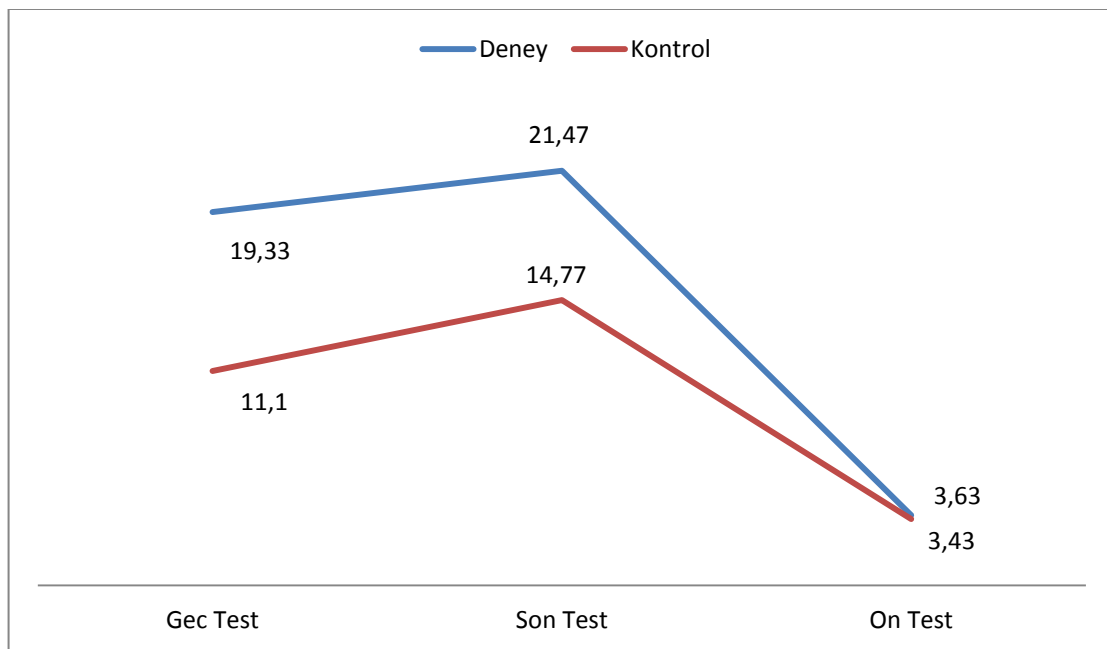
KİDBAT, uygulamadan bir ay sonra hem deney hem de kontrol grubu öğrencilerine gecikmiş test olarak uygulanmıştır. Deney grubu öğrencilerinin KİDBAT'ın gecikmiş test uygulamasından aldıkları puanların aritmetik ortalaması $\bar{x}_{deney} = 19,33$ ($Ss = 4.852$), kontrol grubu öğrencilerinininki ise $\bar{x}_{kontrol} = 11,10$ ($Ss = 2.564$) olarak hesaplanmıştır. Öğrencilerin gecikmiş testten aldıkları puanlardan faydalanılarak deney ve kontrol grubu öğrencilerinin seviyeleri bağımsız gruplar t-testi ile karşılaştırılmış ve sonuçlar Tablo 31'de verilmiştir.

Tablo 31. Deney ve Kontrol Grupları KİDBAT Gecikmiş Test Sonuçlarına İlişkin Bağımsız t -Testi Sonuçları

	Varyans Homojenlik Testi		Ortalama t-testi eşitliği			
	F	Sig	t	sd	2-tailed	Ortalamaların farkı
Gecikmiş Test	15.501	0.000	-8.217	58	0.000	8.233

Tablo 31'de görüldüğü gibi, KİDBAT'ın gecikmiş test uygulamasında deney ve kontrol grubu öğrencilerinin seviyeleri arasında deney grubu lehine anlamlı bir fark vardır.

Deney ve kontrol gruplarının KİDBAT'ın ön, son ve gecikmiş test ortalamalarının şematik gösterimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 7. Deney ve kontrol grubu öğrencilerin KİDBAT'ın ön, son ve gecikmiş test ortalama puanlarının karşılaştırılması

KİDBAT'taki sorulara öğrencilerin ön test, son test ve gecikmiş test uygulamalarındaki doğru cevap yüzdeleri Tablo 32'de verilmiştir.

Tablo 32. Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin KİDBAT Doğru Cevap Yüzdeleri

Soru No	KONTROL GRUBU (N=30)			DENEY GRUBU (N=30)		
	Ön test (%)	Son test (%)	Gecikmiş test (%)	Ön test (%)	Son test (%)	Gecikmiş test (%)
1	26	77	70	23	100	97
2	23	80	67	13	97	87
3	17	67	53	20	86	80

Tablo 32'nin devamı

4	23	70	60	17	93	93
5	20	73	57	20	87	80
6	27	77	57	23	93	83
7	13	57	43	20	73	67
8	10	50	33	14	70	53
9	13	47	37	16	80	73
10	17	53	30	13	70	63
11	20	57	47	16	93	83
12	10	47	37	17	90	80
13	13	50	40	20	100	90
14	17	43	33	16	63	60
15	13	50	33	14	77	67
16	17	53	43	10	83	73
17	13	43	30	10	76	67
18	20	57	43	30	70	60
19	13	43	30	10	66	60
20	17	47	33	10	70	63
21	13	60	40	6	93	87
22	7	57	43	6	83	77
23	10	57	40	10	90	80
24	7	53	37	6	80	73
25	10	60	40	6	83	73
26	7	50	33	3	77	63

KİDBAT'ın birinci sorusunda öğrencilere, verilen tepkimelerden hangisinin çift yönlü olabileceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevaplama yüzdeleri ön testte %26, son testte %77 ve gecikmiş testte %70 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %23, son testte %100 ve gecikmiş testte %97'dir.

Testin ikinci sorusunda öğrencilere, verilen tepkimelerden hangisinin fiziksel denge olabileceği sorulmuştur. Soruya doğru cevap veren kontrol grubu öğrencilerinin oranları ön testte %23, son testte %80 ve gecikmiş testte %67 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %13, son testte %97 ve gecikmiş testte %87'dir.

Testin üçüncü sorusunda, öğrencilere sabit sıcaklık ve basınçta reaksiyon kabına SO₂ ve O₂ gazlarının konularak dengeye gelmesinin beklendiği, bu süreçte hızölçerlerden hangisinin başlangıç, başlangıçtan sonra ve denge durumunu doğru gösterdiği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları ön testte %17, son testte %67 ve gecikmiş testte %53 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %20, son testte %86 ve gecikmiş testte %80'dir.

Testin dördüncü sorusunda, öğrencilere heterojen ve homojen kimyasal denge ve katalizörlü tepkimeye yönelik bilgiler sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru

cevap oranları ön testte %23, son testte %70 ve gecikmiş testte %60 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %17, son testte %93 ve gecikmiş testte %93'tür.

Testin beşinci sorusunda, öğrencilere kapalı bir sistemde ve sabit sıcaklıkta, kimyasal dengelerde ileri ve geri yöndeki tepkime hızları ve ürün ve girenlerin derişimlerinin zamanla değişimi sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru oranları ön testte %20, son testte %73 ve gecikmiş testte %57 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %20, son testte %87 ve gecikmiş testte %80'dir.

Testin altıncı sorusunda, öğrencilere dengedeki bir tepkimenin özellikleri sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları ön testte %27, son testte %77 ve gecikmiş testte %57 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %23, son testte %93 ve gecikmiş testte %83'tür.

Testin yedinci sorusunda, öğrencilere gri ve beyaz kürelerin moleküllerin simgesi olarak kullanıldığı bir reaksiyonda belirtilen gösterimlerden hangisinin dengedeki sistemi en iyi şematize ettiği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları ön testte %13, son testte %57 ve gecikmiş testte %43 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %20, son testte %73 ve gecikmiş testte %67'dir.

Testin sekizinci sorusu, denge sabiti ve denge bağıntısına yöneliktir. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları on teste %10, son testte %50 ve gecikmiş testte %33 iken, deney grubu öğrencilerinde bu oranlar ön testte %14, son testte %70 ve gecikmiş testte %53'tür.

Testin dokuzuncu sorusunda, öğrencilere sabit sıcaklıkta denge reaksiyonu için denge sabitinin büyük ve küçük olmasının anlamı sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları ön testte %13, son testte %47 ve gecikmiş testte %37 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %16, son testte %80 ve gecikmiş testte %73'tür.

Testin onuncu sorusunda, öğrencilere belli bir sıcaklıkta ve kapalı bir kaptaki bir tepkimenin denge sabiti değeri verilmiş ve verilen seçeneklerden doğru olan sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları ön testte %17, son testte %53 ve gecikmiş testte %30 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %13, son testte %70 ve gecikmiş testte %63'tür.

Testin on birinci sorusunda, öğrencilere denge halinde olan bir reaksiyonda derişim-zaman grafiğinin doğru gösterimi sorulmuştur. Kontrol grubunda soruyu doğru cevaplayan öğrencilerin oranları ön testte %20, son teste %57 ve gecikmiş teste %47 iken, deney grubu öğrencilerinin oranları on teste %16, son teste %93 ve gecikmiş teste %83'tür.

Testin on ikinci sorusunda, öğrencilere bir kimyasal tepkimede derişim-zaman grafiğine göre, denge sabitin miktarı sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru

cevap oranları ön testte %10, son testte %47 ve gecikmiş testte %37 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %17, son testte %90 ve gecikmiş testte %80'dir.

Testin on üçüncü sorusunda, öğrencilere dengedeki bir tepkimenin sabit sıcaklıkta ve hacimde dengedeki derişim ve denge sabiti değerleri sorulmuştur. Soruyu doğru olarak cevaplayan kontrol grubu öğrencilerinin oranları ön testte %13, son testte %50 ve gecikmiş testte %40 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %20, son testte %100 ve gecikmiş testte %90'dır.

Testin on dördüncü sorusunda, öğrencilere dengedeki bir tepkimenin bileşenlerinin sabit sıcaklıkta ve hacimde dengedeki mol derişimleri verilmiş ve denge sabiti sorulmuştur. Soruya doğru cevap veren kontrol grubu öğrencilerinin oranları ön testte %17, son testte %43 ve gecikmiş testte %33 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %16, son testte %63 ve gecikmiş testte %60'tır.

Testin on beşinci sorusunda, sabit sıcaklıkta ve hacimde girenlerin ve ürünlerin başlangıç mol derişimleri ve denge sabiti verilmiştir ve ürünlerin dengedeki derişimi sorulmuştur. Soruya doğru cevap veren kontrol grubu öğrencilerinin oranları ön testte %13, son testte %50 ve gecikmiş testte %33 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %14, son testte %77 ve gecikmiş testte %67'dir.

Testin on altıncı sorusunda, öğrencilere denge kesri (Q), denge sabiti (K) ve denge sabitiyle (Kc) denge kesri (Q) arasındaki ilişki sorulmuştur. Soruya doğru cevap veren kontrol grubu öğrencilerinin oranları ön testte %17, son testte %53 ve gecikmiş testte %43 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %10, son testte %83 ve gecikmiş testte %73'tür.

Testin on yedinci sorusunda, öğrencilere iki yönlü bir reaksiyonda denge kesrinin (Q) değerinin denge sabitinden (K) büyük olduğu durumda, tepkime dengeye ulaşincaya kadar ileri ve geri reaksiyonda nelerin değişeceği sorulmuştur. Soruyu doğru cevaplayan kontrol grubu öğrencilerinin oranları ön testte %13, son testte %43 ve gecikmiş testte %30 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %10, son testte %76 ve gecikmiş testte %67'dir.

Testin on sekizinci sorusunda, öğrencilere sabit sıcaklıkta ve hacimde girenlerin, ürünlerin başlangıç derişimleri ve denge sabitinin verildiği bir tepkimede denge kesri (Q) ve tepkimenin durumu sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları ön testte %20, son testte %57 ve gecikmiş testte %43 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %30, son testte %70 ve gecikmiş testte %60'tır.

Testin on dokuzuncu sorusunda, öğrencilere denge reaksiyonunda sıcaklık değiştirilmeden basınçta bir düşme sağlanırsa dengenin hangi yöne kayacağı ve girenlerin ve ürünlerin derişimlerinin ne olacağı sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru

cevap oranları ön testte %13, son testte %43 ve gecikmiş testte ise %30 iken, bu oranlar kontrol grubu öğrencilerinde ön testte %10, son testte %67 ve gecikmiş testte ise %60'tır.

Testin yirminci sorusunda, öğrencilere dengedeki bir reaksiyonda girenlerden birisinin derişimi artırıldığında, sıcaklık, hacim değiştirildiğinde, girenlerin ve ürünlerin yeni denge halindeki derişimi sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları ön testte %17, son testte %47 ve gecikmiş testte %33 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %10, son testte %70 ve gecikmiş testte %63'tür.

Testin yirmi birinci sorusunda, öğrencilere sabit sıcaklıkta ekzotermik bir reaksiyonda denge halindeki bir kapta daha fazla ürün oluşması için nelerin yapılabileceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları ön testte %13, son testte %60 ve gecikmiş testte %40 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %6, son testte %93 ve gecikmiş testte %87'dir.

Testin yirmi ikinci sorusunda, öğrencilere sabit sıcaklıkta dengedeki bir tepkimeden bir miktar reaktant çekilip yeni denge kurulduğunda denge sabitinin ve girenlerin ve ürünlerin derişimlerinin nasıl olacağı sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları ön testte %7, son testte %57 ve gecikmiş testte %43 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %6, son testte %83 ve gecikmiş testte %77'dir.

Testin yirmi üçüncü sorusunda, öğrencilere farklı sıcaklıklarda reaksiyonunun denge sabitleri verilmiş ve reaksiyonun ekzotermik veya endotermik olması durumunda sıcaklık-denge sabiti ilişkisi sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları ön testte %10, son testte %57 ve gecikmiş testte %40 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %10, son testte %90 ve gecikmiş testte %80'dir.

Testin yirmi dördüncü sorusunda, öğrencilere dengedeki bir sisteme sabit sıcaklıkta reaktant eklenip sistemin yeniden dengeye gelmesi sağlandığında yeni kurulan dengede girenlerin ve ürünlerin derişimlerinin ilk dengeye göre nasıl değişeceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları ön testte %7, son testte %53 ve gecikmiş testte %37 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %6, son testte %80 ve gecikmiş testte %73'tür.

Testin yirmi beşinci sorusunda, öğrencilere tepkime dengedeyken girenlerin ve ürünlerin derişiminin artırılması, azaltılması, sıcaklığın artırılması ve hacmin azaltmasının hangisinin dengeyi ürünler tarafına yönlendireceği sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları ön testte %10, son testte %60 ve gecikmiş testte %40 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %6, son testte %83 ve gecikmiş testte %73'tür.

Testin yirmi altıncı sorusunda, öğrencilere ekzotermik bir tepkimede sabit sıcaklıkta maddelerin derişimlerinin zamanla değişimi grafiği verilmiş ve dengeye ulaştıktan sonra

sisteme girenlerin eklemesi, çekilmesi, basınç ve sıcaklığın değiştirilmesinin etkisi sorulmuştur. Kontrol grubu öğrencilerinin doğru cevap oranları ön testte %7, son testte %50 ve gecikmiş testte %33 iken, bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %3, son testte %77 ve gecikmiş testte %63'tür.

Testin bütününe ait ortalamalar dikkate alındığında, ön test ortalamalarının her iki grup için birbirine yakın olduğu, son test ve gecikmiş test ortalamalarının ise deney grubunda kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Benzer şekilde ön testten son teste meydana gelen artışlar deney grubunda kontrol grubundan daha yüksek iken, son testten gecikmiş teste geçildiğinde ortalamalarda meydana gelen düşme deney grubunda kontrol grubundan daha düşüktür.

4. 2. İkinci Alt Probleme Yönelik Bulgular

Bu bölümde çalışmanın “*öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramaların düzeltilme oranları açısından deney ve kontrol grupları arasında fark var mıdır?*” şeklinde ifade edilen ikinci alt problemine yönelik KİDKAT ve mülakatlardan elde edilen bulgular yer almaktadır.

4. 2. 1. KİDKAT'tan Elde Edilen Bulgular

KİDKAT hem deney hem de kontrol grubu öğrencilerine ön test, son test ve gecikmiş test olarak uygulanmıştır. Her iki gruptaki öğrencilerde tespit edilen alternatif kavramaların ön test, son test ve gecikmiş testteki oranları Tablo 33'te verilmiştir.

Tablo 33. Deney ve Kontrol Gruplarında Tespit Edilen Alternatif Kavramalar ve Yüzdeleri

Alternatif Kavrama	Kontrol grubu (%)			Deney grubu (%)		
	ÖT	ST	GT	ÖT	ST	GT
1 Geri reaksiyon başlamadan önce, ileri reaksiyon tamamlanır.	70	30	41	70	11	10
2 Girenlerin ve ürünlerin derişimi eşit olduğunda, kimyasal reaksiyon dengeye ulaşılır.	80	35	40	74	4	5
3 Denge tepkimelerinde, ileri tepkime hızı geri tepkime hızından büyük olmalıdır.	64	35	45	70	12	10
4 Giren maddelerin tamamı harcanıncaya kadar denge tepkimeleri devam eder.	67	40	48	71	5	4
5 Denge halinde reaksiyonlar devam etmez.	74	15	20	73	2	2
6 Denge tepkimelerinde ileri tepkimenin aktivasyon enerjisi, geri tepkimenin aktivasyon enerjisiyle eşit olmalıdır.	64	30	40	70	10	11
7 Dengedeki karışıma madde ilave edildiğinde, denge ilavenin olduğu yöne kayacaktır.	70	15	21	70	5	6

Tablo 33'ün devamı

8	Sıcaklık değiştirildiğinde reaksiyonun endotermik ya da ekzotermik oluşu denge değişim yönünü etkilemez.	74	13	20	71	4	5
9	Sıcaklık yükseltildiğinde daha çok ürün oluşur.	74	40	50	78	10	11
10	Sabit hacimli gaz sistemlerinde sıcaklığın artırılması basıncın artmasına neden olacağı için denge mol sayısı az olan tarafa kayar.	67	34	43	75	9	8
11	Sıcaklıktaki bir yükselme daima denge sabitinin sayısal değerini yükseltir.	74	33	42	72	7	7
12	Endotermik bir reaksiyonda sıcaklık yükseltildiğinde denge sabiti düşecektir.	74	13	19	70	4	6
13	Ekzotermik bir reaksiyonda sıcaklık yükseltildiğinde denge sabiti artacaktır.	70	14	18	70	2	2
14	Sabit sıcaklıkta dengedeki bir sisteme çok fazla ürün madde eklenirse denge sabiti artacaktır.	77	40	53	70	5	6
15	Denge sabitinin sayısal değeri var olan ürün ve giren madde miktarlarıyla değişir.	77	30	39	74	8	9
16	$K_d = Q$ olması için tüm ürünlerin ve girenlerin mol sayıları eşit olmalıdır.	75	40	55	70	7	8
17	Heterojen denge sistemlerinde Le Chatelier ilkesi uygulanabilir.	64	14	22	68	3	3
18	Katıların derişimi denge sabitinde dâhil edilir.	64	9	16	70	4	3
19	Katalizör aktivasyon enerjisini düşürdüğü için daha fazla giren ürüne dönüşür.	77	10	13	74	3	4
20	Katalizör ileri ve geri reaksiyon oranlarını farklı bir şekilde etkiler.	70	8	14	74	2	2

ÖT: Ön test; ST: Son test; GT: Gecikmiş test

Çalışmada her iki grupta ön testte toplam 20 adet alternatif kavram tespit edilmiştir. Bu alternatif kavramalar dengeye ulaşma, denge derişimlerinin değişimi, sıcaklık değişiminin etkisi, denge sabiti, Le Chatelier ilkesi, katalizör gibi değişik konularla ilgilidir.

Tabloda, “*geri reaksiyon başlamadan önce, ileri reaksiyon tamamlanır*” şeklinde ifade edilen birinci alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %70, son testte %30, gecikmiş testte %41 oranında taşınırken, deney grubunda bu oranlar ön testte %70, son testte %11 ve gecikmiş testte %10 şeklindedir.

Tabloda, “*girenlerin ve ürünlerin derişimi eşit olduğunda, kimyasal reaksiyon dengeye ulaşılır*” şeklinde ifade edilen ikinci alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %80, son testte %35, gecikmiş testte %40 oranında taşınırken, deney grubunda bu oranlar ön testte %74, son testte %4 ve gecikmiş testte %5 şeklindedir.

Tabloda, “*denge tepkimelerinde, ileri tepkime hızı geri tepkime hızından büyük olmalıdır*” şeklinde ifade edilen üçüncü alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %64, son testte %35, gecikmiş testte %45 oranında taşınırken, deney grubunda bu oranlar ön testte %70, son testte %12 ve gecikmiş testte %10 şeklindedir.

Tabloda, “*giren maddelerin tamamı harcanıncaya kadar denge tepkimeleri devam eder*” şeklinde ifade edilen dördüncü alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %67, son testte %40, gecikmiş testte %48 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %71, son testte %5 ve gecikmiş testte %4 şeklindedir.

Tabloda, “*denge halinde reaksiyonlar devam etmez*” şeklinde ifade edilen beşinci alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %74, son testte %15, gecikmiş testte %20 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %73, son testte %2 ve gecikmiş testte %2 şeklindedir.

Tabloda, “*denge tepkimelerinde ileri tepkimenin aktivasyon enerjisi, geri tepkimenin aktivasyon enerjisiyle eşit olmalıdır*” şeklinde ifade edilen altıncı alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %64, son testte %30, gecikmiş testte %40 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %70, son testte %10 ve gecikmiş testte %11 şeklindedir.

Tabloda, “*dengedeki karışıma madde ilave edildiğinde, denge ilavenin olduğu yöne kayacaktır*” şeklinde ifade edilen yedinci alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %70, son testte %15, gecikmiş testte %21 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %70, son testte %5, gecikmiş testte %6 şeklindedir.

Tabloda, “*sıcaklık değiştirildiğinde reaksiyonun endotermik ya da ekzotermik oluşu denge değişim yönünü etkilemez*” şeklinde ifade edilen sekizinci alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %74, son testte %13, gecikmiş testte %20 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %71, son testte %4, gecikmiş testte %5 şeklindedir.

Tabloda, “*sıcaklık yükseltildiğinde daha çok ürün oluşur*” şeklinde ifade edilen dokuzuncu alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %74, son testte %40, gecikmiş testte %50 oranında taşınırken bu oranlar deney grubu öğrencilerinde ön testte %78, son testte %10, gecikmiş testte %11 şeklindedir.

Tabloda, “*sabit hacimli gaz sistemlerinde sıcaklığın artırılması basıncın artmasına neden olacağı için denge mol sayısı az olan tarafa kayar*” şeklinde ifade edilen onuncu alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %67, son testte %34, gecikmiş testte %43 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %75, son testte %9, gecikmiş testte %8 şeklindedir.

Tabloda, “*sıcaklıktaki bir yükselme daima denge sabitinin sayısal değerini yükseltir*” şeklinde ifade edilen on birinci alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %74, son testte %33, gecikmiş testte %42 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %72, son testte %7, gecikmiş testte %7 şeklindedir.

Tabloda, “*endotermik bir reaksiyonda sıcaklık yükseltildiğinde denge sabiti düşecektir*” şeklinde ifade edilen on ikinci alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte

%74, son testte %13, gecikmiş testte %19 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %70, son testte %4, gecikmiş testte %6 şeklindedir.

Tabloda, “*ekzotermik bir reaksiyonda sıcaklık yükseltildiğinde denge sabiti artacaktır*” şeklinde ifade edilen on üçüncü alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %70, son testte %14, gecikmiş testte %18 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %70, son testte %2, gecikmiş testte %2 şeklindedir.

Tabloda, “*sabit sıcaklıkta dengedeki bir sisteme çok fazla ürün madde eklenirse denge sabiti artacaktır*” şeklinde ifade edilen on dördüncü alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %77, son testte %40, gecikmiş testte %53 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %70, son testte %5, gecikmiş testte %6 şeklindedir.

Tabloda, “*denge sabitinin sayısal değeri var olan ürün ve giren madde miktarlarıyla değişir*” şeklinde ifade edilen on beşinci alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %77, son testte %30, gecikmiş testte %39 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %74, son testte %8, gecikmiş testte %9 şeklindedir.

Tabloda, “*Kd = Q olması için tüm ürünlerin ve girenlerin mol sayıları eşit olmalıdır*” şeklinde ifade edilen on altıncı alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %75, son testte %40, gecikmiş testte %55 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %70, son testte %7, gecikmiş testte %8 şeklindedir.

Tabloda, “*heterojen denge sistemlerinde Le Chatelier ilkesi uygulanabilir*” şeklinde ifade edilen on yedinci alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %64, son testte %14, gecikmiş testte %22 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %68, son testte %3, gecikmiş testte %3 şeklindedir.

Tabloda, “*katıların derişimi denge sabitinde dâhil edilir*” şeklinde ifade edilen on sekizinci alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %64, son testte %9, gecikmiş testte %16 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %70, son testte %4, gecikmiş testte %3 şeklindedir.

Tabloda, “*katalizör aktivasyon enerjisini düşürdüğü için daha fazla giren ürüne dönüşür*” şeklinde ifade edilen on dokuzuncu alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %77, son testte %10, gecikmiş testte %13 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %74, son testte %3, gecikmiş testte %4 şeklindedir.

Tabloda, “*katalizör ileri ve geri reaksiyon oranlarını farklı bir şekilde etkiler*” şeklinde ifade edilen yirminci alternatif kavrama kontrol grubunda ön testte %70, son testte %8, gecikmiş testte %14 oranında taşınırken, bu oranlar deney grubunda ön testte %74, son testte %2, gecikmiş testte %2 şeklindedir.

Tabloda sunulan oranlardan da görüldüğü gibi, hem deney hem de kontrol grubu öğrencilerin ön testlerde yüksek oranlarda taşınan alternatif kavramalar, son testlerde

daha düşük oranlara inmiş, gecikmiş testlerde ise oranlarda az da olsa bir artış meydana gelmiştir. Hem deney hem de kontrol grubunda hiçbir alternatif kavrama tamamen giderilememiş olup, deney grubunda alternatif kavramaların azalma oranlarının kontrol grubundakilere göre daha yüksek düzeyde olduğu tablodan görülmektedir.

4. 2. 2. Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Bu bölümde son test ve gecikmiş test olarak yürütülen öğrenci mülakatlarında elde edilen bulgular sunulmuştur. Mülakatta öğrencilere kimyasal denge ile ilgili beş adet soru sorulmuştur. Öğrencilere yöneltilen ikinci soruda iki adet, diğer soruların her birinde toplam üç adet alternatif kavrama tespit edilmiş, böylece beş soruda toplam 14 alternatif kavrama belirlenmiştir. Bulguların sunumunda öncelikle tespit edilen alternatif kavramaların son test ve gecikmiş testteki oranları verilmiş, daha sonra son test ve gecikmiş testte alternatif kavrama taşıyan öğrenciler tablolar halinde kodlanarak sunulmuş ve örnek mülakat bulguları eklenmiştir. Her iki grup öğrencilerinin son test ve gecikmiş testteki alternatif kavrama oranları aşağıda sunulmuştur.

Tablo 34. Mülakatlardan Elde Edilen Alternatif Kavrama Yüzdeleri

Alternatif Kavramalar		Kontrol grubu (%)		Deney grubu (%)	
		SM	GM	SM	GM
1	Denge tepkimelerinde girenlerin ve ürünlerin derişimleri eşittir.	50	66	-	8
2	Denge tepkimeleri tepkimeye giren maddelerin tamamı harcanıncaya kadar devam eder.	42	58	-	8
3	Dengede girenlerin kütleleri ürünlerin kütleleriyle eşittir.	58	67	8	8
4	Dengedeki karışıma girenlerden eklendiğinde net tepkime dengeye ulaşıncaya kadar sağdan sola doğru ilerler.	58	75	-	16
5	Tepkime dengede iken, girenlerden bir miktar azot gazı sisteme eklediğinde reaksiyonda girenlerin ve ürünlerin derişiminde değişik olmaz.	50	66	-	-
6	Sıcaklık artırıldıktan sonra ileri ve geri yöndeki reaksiyon hızları, ilk dengedeki değerlerine eşit olacaktır.	33	50	17	17
7	Denge sabiti değişir ve sıcaklık artırıldıktan sonra denge sabitinin değeri artar.	25	58	8	17
8	Sıcaklık artırıldıktan sonra, girenlerin ve ürünlerin derişimi değişmez.	25	42	-	8
9	Reaksiyonda sistemin hacmi azaldıktan sonra sistem yeniden dengeye geldiği zaman NH_3 'ün derişimi hacmin azaldığı andaki değerinden daha küçük, N_2 ve H_2 derişimi ise daha büyük olacaktır.	42	58	17	25
4	Hacim azaldığında reaksiyondaki tüm maddelerin (girenlerin ve ürünlerin) derişimleri değişmez.	41	50	8	8
11	Hacim azaldığında denge, mol sayısı çok olan yöne kayar ve girenlerin derişimi artar.	17	33	-	-
12	Dengedeki gaz sistemlerinde basıncın artırılması her zaman dengenin ürünler yönüne kaymasına neden olur.	17	8	-	-
5	Dengedeki bir sisteme basınç, sıcaklık ve madde eklendiğinde denge eklenen tarafa kayar.	25	42	8	8
14	Le Châtelier prensibi dengenin derişim, basınç, hacim ve mol değişiminin öngörülebilmesini göstermektedir.	17	17	8	-

SM: Son mülakat; GM: Gecikmiş mülakat

Mülakatın birinci sorusunda tespit edilen üç adet alternatif kavrama mevcuttur. Bunlar; "denge tepkimelerinde girenlerin ve ürünlerin derişimleri eşittir", "denge tepkimeleri tepkimeye giren maddelerin tamamı harcanıncaya kadar devam eder" ve "dengede girenlerin kütleleri ürünlerin kütleleriyle eşittir" şeklindedir.

"Denge tepkimelerinde girenlerin ve ürünlerin derişimleri eşittir" alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda son mülakatta %50 iken, gecikmiş mülakatta %66'ya yükselmiştir. Deney grubunda ise öğrencilerin son mülakatta %0'ı, gecikmiş mülakatta ise %8'i bu alternatif kavramaya sahiptir.

"Denge tepkimeleri tepkimeye giren maddelerin tamamı harcanıncaya kadar devam eder" alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda son mülakatta %42 iken, gecikmiş mülakatta %58'e yükselmiştir. Deney grubunda ise öğrencilerin son mülakatta %0'ı, gecikmiş mülakatta ise %8'i bu alternatif kavramaya sahiptir.

"Dengede girenlerin kütleleri ürünlerin kütleleriyle eşittir" alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda son mülakatta %58 iken, gecikmiş mülakatta %67'e yükselmiştir. Deney grubunda ise öğrencilerin hem ön mülakatta hem gecikmiş mülakatta %8'i bu alternatif kavramaya sahiptir.

Bu soruda tespit edilen alternatif kavramalara sahip öğrencilerin son ve gecikmiş mülakatlardaki dağılımları Tablo 35'te verilmiştir.

Tablo 35. Birinci Soruda Alternatif Kavramaya Sahip Öğrencilerin Mülakatlardaki Dağılımları

AK	Kontrol Grubu		Deney Grubu	
	SM	GM	SM	GM
1	KÜ2, KO12, KA22, KA23, KA24, KA25	KÜ2, KO11, KO12, KO13, KA22, KA24, KA25	-	DA25
2	KÜ2, KÜ4, KA22, KA23, KA24	KÜ2, KÜ4, KO10, KO12, KA22, KA23, KA24	-	DA22
3	KÜ4, KO11, KO12, KA22, KA23, KA24, KA25	KÜ4, KO10, KO11, KO12, KA22, KA23, KA24, KA25	DA2 4	DA24

AK: Alternatif kavrama; SM: Son mülakat; GM: Gecikmiş mülakat

Mülakatın ikinci sorusunda tespit edilen iki adet alternatif kavrama mevcuttur. Bunlar; "dengedeki karışıma girenlerden eklendiğinde net tepkime dengeye ulaşıncaya kadar sağdan sola doğru ilerler" ve "tepkime dengede iken, girenlerden bir miktar azot gazı sisteme eklediğinde reaksiyonda girenlerin ve ürünlerin derişiminde değişik olmaz" şeklindedir.

"Dengedeki karışıma girenlerden eklendiğinde net tepkime dengeye ulaşıncaya kadar sağdan sola doğru ilerler", "girenlerin derişimi arttırıldıktan sonra ilk denge ile

yeniden kurulan dengenin reaksiyon hızları aynı olur”,“Tepkime dengede iken bir miktar giren madde sisteme eklediğinde reaksiyonda girenlerin ve ürünlerin derişiminde değişikler olmaz” gibi kavram yanılgılarına sahip oldukları belirlenmiştir.

“Dengedeki karışıma girenlerden eklendiğinde net tepkime dengeye ulaşılıncaya kadar sağdan sola doğru ilerler” alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda son mülakatta %58 iken, gecikmiş mülakatta %75’e yükselmiştir. Deney grubunda ise öğrencilerin son mülakatta %0’u, gecikmiş mülakatta ise %16’sı bu alternatif kavramaya sahiptir.

“Tepkime dengede iken, girenlerden bir miktar azot gazı sisteme eklediğinde reaksiyonda girenlerin ve ürünlerin derişiminde değişik olmaz” alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda son mülakatta %50 iken, gecikmiş mülakatta %66’ya yükselmiştir. Deney grubunda ise hem son hem de gecikmiş mülakatta bu oran %0’dır.

Bu soruda tespit edilen alternatif kavramalara sahip öğrencilerin son ve gecikmiş mülakatlardaki dağılımları Tablo 36’da verilmiştir.

Tablo 36. İkinci Soruda Alternatif Kavramaya Sahip Öğrencilerin Mülakatlardaki Dağılımları

AK	Kontrol Grubu				Deney Grubu	
	SM		GM		SM	GM
4	KÜ1, KO10, KO13, KA22, KA23, KA24, KA25	KÜ1, KÜ4, KO10, KO12, KO13, KA22, KA23, KA24, KA25	-	DA23, DA25		
5	KÜ4, KO10, KO13, KA22, KA23, KA25	KÜ1, KÜ4, KO10, KO13, KA22, KA23, KA24, KA25	-	-		

Mülakatın üçüncü sorusunda tespit edilen üç adet alternatif kavrama mevcuttur. Bunlar; "sıcaklık artırıldıktan sonra ileri ve geri yöndeki reaksiyon hızları, ilk dengedeki değerlerine eşit olacaktır", "denge sabiti değişir ve sıcaklık artırıldıktan sonra denge sabitinin değeri artar" ve "sıcaklık artırıldıktan sonra, girenlerin ve ürünlerin derişimi değişmez" şeklindedir.

“Sıcaklık artırıldıktan sonra ileri ve geri yöndeki reaksiyon hızları, ilk dengedeki değerlerine eşit olacaktır” alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda son mülakatta %33 iken, gecikmiş mülakatta %50’ye yükselmiştir. Deney grubunda ise hem son hem de gecikmiş mülakatta öğrencilerin %17’si bu alternatif kavramaya sahiptir.

“Denge sabiti değişir ve sıcaklık artırıldıktan sonra denge sabitinin değeri artar” alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda son mülakatta %25 iken, gecikmiş mülakatta %58’e yükselmiştir. Deney grubunda ise hem son hem de gecikmiş mülakatlarda bu oran %8’dir.

“Sıcaklık artırıldıktan sonra, girenlerin ve ürünlerin derişimi değişmez” alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda son mülakatta %25 iken, gecikmiş mülakatta %42’ye yükselmiştir. Deney grubunda öğrencilerin son mülakatta %0’ı, gecikmiş mülakatta ise %8’i bu alternatif kavramaya sahiptir.

Bu soruda tespit edilen alternatif kavramalara sahip öğrencilerin son ve gecikmiş mülakatlardaki dağılımları Tablo 37’de verilmiştir.

Tablo 37. Üçüncü Soruda Alternatif Kavramaya Sahip Öğrencilerin Mülakatlardaki Dağılımları

AK	Kontrol Grubu		Deney Grubu	
	SM	GM	SM	GM
6	KÜ4, KO11, KO13, KA23	KÜ4, KO11, KO13, KA23, KA24, KA25	DO12, DA24	DO12, DA24
7	KÜ4, KO11, KA23	KÜ3, KÜ4, KO11, KO13, KA23, KA24, KA25	DA25	DA25
8	KÜ4, KO11, KA23	KÜ3, KÜ4, KO11, KO13, KA23	DA24	DA23

Mülakatın dördüncü sorusunda tespit edilen üç adet alternatif kavrama mevcuttur. Bunlar; "reaksiyonda sistemin hacmi azaltıldıktan sonra sistem yeniden dengeye geldiği zaman NH₃’ün derişimi hacmin azaltıldığı andaki değerinden daha küçük, N₂ ve H₂ derişimi ise daha büyük olacaktır", "hacim azaltıldığında reaksiyondaki tüm maddelerin (girenlerin ve ürünlerin) derişimleri değişmez" ve "hacim azaltıldığında denge, mol sayısı çok olan yöne kayar ve girenlerin derişimi artar" şeklindedir.

“Reaksiyonda sistemin hacmi azaltıldıktan sonra sistem yeniden dengeye geldiği zaman NH₃’ün derişimi hacmin azaltıldığı andaki değerinden daha küçük, N₂ ve H₂ derişimi ise daha büyük olacaktır” alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda son mülakatta %42 iken, gecikmiş mülakatta %58’e yükselmiştir. Deney grubunda ise hem son hem de gecikmiş mülakatlarda bu oran %17’dir.

“Hacim azaltıldığında reaksiyondaki tüm maddelerin derişimleri değişmez” alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda son mülakatta %41 iken, gecikmiş mülakatta bu oran %50’ye yükselmiştir. Deney grubunda ise bu oran hem son hem de gecikmiş mülakatlarda %8’dir.

“Hacim azaltıldığında denge mol sayısı çok olan yöne kayar ve girenlerin derişimi artar” alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda son mülakatta %17 iken, gecikmiş mülakatta bu oran %33’e yükselmiştir. Deney grubunda bu oran hem son hem de gecikmiş mülakatta %0’dır.

Bu soruda tespit edilen alternatif kavramalara sahip öğrencilerin son ve gecikmiş mülakatlardaki dağılımları Tablo 38'de verilmiştir.

Tablo 38. Dördüncü Soruda Alternatif Kavramaya Sahip Öğrencilerin Mülakatlardaki Dağılımları

AK	Kontrol Grubu		Deney Grubu	
	SM	GM	SM	GM
9	KÜ3, KO10, KO13, KA24, KA25	KÜ3, KO10, KO11, KO13, KA23, KA24, KA25	DA22, DA24	DA22, DA24
10	KÜ3, KO11, KO13, KA24, KA25	KÜ3, KO11, KO13, KA23, KA24	DA22	DA22
11	KO13, KA24	KÜ3, KO11, KO13, KA24	-	-

Mülakatın beşinci sorusunda tespit edilen üç adet alternatif kavrama mevcuttur. Bunlar; “dengedeki gaz sistemlerinde basıncın artırılması her zaman dengenin ürünler yönüne kaymasına neden olur”, “dengedeki bir sisteme basınç, sıcaklık ve madde eklendiğinde denge eklenen tarafa kayar”, “Le Châtelier prensibi dengenin derişim, basınç, hacim ve mol değişimin öngörülebilmesini göstermektedir” şeklindedir.

“Dengedeki gaz sistemlerinde basıncın artırılması her zaman dengenin ürünler yönüne kaymasına neden olur” alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda son mülakatta %17 iken, gecikmiş mülakatta bu oran %8'e düşmüştür. Deney grubunda hem son hem de gecikmiş mülakatlarda bu oran %0'dır.

“Dengedeki bir sisteme basınç, sıcaklık ve madde eklendiğinde denge eklenen tarafa kayar” alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda son mülakatta %25 iken, gecikmiş mülakatta bu oran %42'ye yükselmiştir. Deney grubunda ise hem son hem de gecikmiş testteki oran %8'dir.

“Le Châtelier prensibini dengenin derişim, basınç, hacim ve mol değişimin öngörülebilmesini göstermektedir” alternatif kavramasına sahip öğrencilerin oranı kontrol grubunda hem son hem de gecikmiş mülakatta %17'dir. Deney grubunda ise bu oranlar son mülakatta %8, gecikmiş mülakatta ise %0'dır.

Bu soruda tespit edilen alternatif kavramalara sahip öğrencilerin son ve gecikmiş mülakatlardaki dağılımları Tablo 39'da verilmiştir.

Tablo 39. Beşinci Soruda Alternatif Kavramaya Sahip Öğrencilerin Mülakatlardaki Dağılımları

AK	Kontrol Grubu		Deney Grubu	
	SM	GM	SM	GM
12	KÜ2, KO10, KA25	KO10	-	-
13	KÜ2, KO10, KA25	KÜ2, KO10, KA23, KA24, KA25	DO11	DO11
14	KÜ2, KO10	KÜ2, KO10	DO11	-

4. 3. Üçüncü Alt Probleme Yönelik Bulgular

Bu bölümde çalışmanın “deney ve kontrol grupları arasında bilgilerin kalıcılığı açısından bir fark var mıdır?” şeklinde ifade edilen üçüncü alt problemine yönelik KİDBAT, KİDKAT ve mülakatlardan elde edilen bulgular yer almaktadır.

4. 3. 1. KİDBAT’tan Elde Edilen Bulgular

KİDBAT ön test, son test ve gecikmiş test olarak deney ve kontrol gruplarına uygulanmıştır. Öğrencilerin kimyasal dengeyle ilgili anlamalarının kalıcılığını belirlemek için son test kovaryans olarak tutulmuş ve gecikmiş test puanları ANCOVA yöntemiyle analiz edilmiştir. Gecikmiş testin bağımlı değişken ve grupların bağımsız değişken olması durumunda, ANCOVA sonuçları gecikmiş test puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir ($p < .01$). Elde edilen bulgular Tablo 40’ta sunulmuştur.

Tablo 40. Deney ve Kontrol Gruplarının Gecikmiş Test Puanlarının Karşılaştırılması

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Ss	Kareler Ortalaması	F	p
Son test	744.789	1	744.789	330.173	0.000
Grup	71.386	1	71.386	31.646	0.000

Tablo 40’ta deney ve kontrol grupları arasında gecikmiş test sonuçları bakımından anlamlı bir farklılığın olduğu [$F(1-57) = 31.646, p < .05$] görülmektedir.

Tablo 41’de gecikmiş test ve düzeltilmiş gecikmiş test ortalamaları karşılaştırılmıştır. Deney grubunun düzeltilmiş not ortalaması (16.598) yüksek gözükmekte, ancak grupların gecikmiş test puanları kontrol edildiğinde grup ortalamalarında değişimler olduğu görülmektedir. Deney grubunun düzeltilmiş not ortalaması 19.33’ten 16.598’e gerilemiştir. Buna karşılık, kontrol grubunun düzeltilmiş not ortalaması 13.836’ye yükselmiş ve sonuç olarak gruplar arasındaki fark azalmıştır.

Tablo 41. Gecikmiş Test ve Düzeltilmiş Gecikmiş Test Ortalamaları

Grup	N	Ortalama	Düzeltilmiş Ortalama
Deney	30	19.33	16.598 a
Kontrol	30	11.10	13.836 a

a. Covaryans Son test = 18.12

Deney ve kontrol gruplarının düzeltilmiş gecikmiş test ortalama puanları arasında gözlenen farkın anlamlı olup olmadığına ilişkin yapılan ANCOVA sonuçları Tablo 42'de verilmiştir.

Tablo 42. Gecikmiş Test Ölçeğine Göre Düzeltilmiş ANCOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Ss	Kareler Ortalaması	F	p
Son	744.789	1	744.789	330.173	0.000
Grup	71.386	1	71.386	31.646	0.000
Hata	128.578	57	2.256		
Toplam	1890.183	59			

ANCOVA sonuçlarına göre, deney ve kontrol gruplarının son test ölçeğine göre düzeltilmiş gecikmiş test ortalama puanları arasında anlamlı bir farkın olduğu bulunmuştur [$F(1-57)=31.646, p<.05$]. Başka bir ifadeyle, öğrencilerin gecikmiş test puanları kullanılan öğretim yöntemiyle ilişkilidir.

Çoklu karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında, kontrol grubunda son test ile gecikmiş test arasında son test lehinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir ve ortalama fark 3.667 olarak tespit edilmiştir ($p<.05$). Deney grubunda ise son test ile gecikmiş test arasında anlamlı bir farklılık yoktur ve ortalama fark 2.133 olarak tespit edilmiştir ($p>.05$). Deney grubundaki ortalama fark kontrol grubuna göre daha düşüktür. Deney ve kontrol gruplarının son test ve gecikmiş test puanlarının Post Hoc analiz sonuçları Tablo 43'te verilmiştir.

Tablo 43. KİDBAT Son test ve Gecikmiş test Post Hoc Analizi Sonuçları

Grup	Test	Ortalama Farkı	p	
Kontrol	Son test	Gecikmiş test	3.667*	0.000
Deney	Son test	Gecikmiş test	2.133	0.095

* $p < 0.05$

Gecikmiş test uygulamasından elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu Tablo 44'te her bir öğrencinin aldığı puan hesaplanmıştır. Deney grubu öğrencilerinin KİDBAT'ın

gecikmiş test olarak uygulamasından aldıkları puanların aritmetik ortalaması $\bar{x}_{\text{deney}} = 19.33$ (Ss=4.852), kontrol grubu öğrencilerinininki ise $\bar{x}_{\text{kontrol}} = 11.1$ (Ss=2.564) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 44. KİDBAT Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

Grup	Gecikmiş Test		
	N	\bar{x}	Ss
Deney	30	19.33	4.852
Kontrol	30	11.10	2.564

Öğrencilerin gecikmiş testten aldıkları puanlardan faydalanılarak deney ve kontrol grubu öğrencilerinin seviyeleri ANOVA ve bağımsız t-testi ile karşılaştırılmış ve Tablo 45'te verilmiştir.

Tablo 45. KİDBAT Puanlarının Deney ve Kontrol Grubuna Göre ANOVA Sonuçları

Ölçüm	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Ss	Kareler Ortalaması	F	p
	Gruplar arası	1016.817	1	1016.817	67.526	0.000
	Gruplar içi	873.367	58	15.058		
	Toplam	1890.183	59			

Tablo 45'te görüldüğü gibi, KİDBAT gecikmiş test uygulamasında deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son seviyeleri arasında deney grubu lehine anlamlı bir fark vardır ($F(1-58) = 67.526$, $p < .05$).

4. 3. 2. KİDKAT'tan Elde Edilen Bulgular

KİDKAT ön test, son test ve gecikmiş test olarak deney ve kontrol gruplarına uygulanmıştır. Öğrencilerin kimyasal dengeyle ilgili anlamalarının kalıcılığını belirlemek için son test kovaryans olarak tutulmuş ve gecikmiş test puanları ANCOVA yöntemiyle analiz edilmiştir. Gecikmiş testin bağımlı değişken ve grupların bağımsız değişken olması durumunda, ANCOVA sonuçları gecikmiş test puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir ($p < .01$). Elde edilen bulgular Tablo 46'da sunulmuştur.

Tablo 46. Deney ve Kontrol Gruplarının Gecikmiş Test Puanlarının Karşılaştırılması

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Ss	Kareler Ortalaması	F	p
Son test	5292.786	1	5292.786	966.084	0.000
Grup	196.844	1	196.844	35.930	0.000

Tablo 46'da deney ve kontrol grupları arasında gecikmiş test sonuçları bakımından anlamlı bir farklılığın olduğu [$F(1-57)= 35.930, p<.05$] görülmektedir.

Tablo 47'de gecikmiş test ve düzeltilmiş gecikmiş test ortalamaları karşılaştırılmıştır. Deney grubunun düzeltilmiş not ortalaması (44.461) yüksek gözükmemekte, ancak grupların gecikmiş test puanları kontrol edildiğinde grup ortalamalarında değişimler olduğu görülmektedir. Deney grubunun düzeltilmiş not ortalaması 53.60'tan 44.461'e gerilemiştir. Buna karşılık, kontrol grubunun düzeltilmiş not ortalaması 30.27'den 39.406'ya yükselmiş ve sonuç olarak gruplar arasındaki fark azalmıştır.

Tablo 47. Gecikmiş Test ve Düzeltilmiş Gecikmiş Test Ortalamaları

Grup	N	Ortalama	Düzeltilmiş Ortalama
Deney	30	53.60	44.461a
Kontrol	30	30.27	39.406a

a. Covaryans Son test = 46.67

Deney ve kontrol gruplarının düzeltilmiş gecikmiş test ortalama puanları arasında gözlenen farkın anlamlı olup olmadığına ilişkin yapılan ANCOVA sonuçları Tablo 48'de verilmiştir.

Tablo 48. Gecikmiş Test Ölçeğine Göre Düzeltilmiş ANCOVA Sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Ss	Kareler Ortalaması	F	p
Son	5292.786	1	5292.786	966.084	0.000
Grup	196.844	1	196.844	35.930	0.000
Hata	312.280	57	5.479		
Toplam	119276.000	60			

ANCOVA sonuçlarına göre, deney ve kontrol gruplarının son test ölçeğine göre düzeltilmiş gecikmiş test ortalama puanları arasında anlamlı bir farkın olduğu bulunmuştur [$F(1-57)=35.930, p<.05$].

Öğrencilerin KİDKAT'ın son test ve gecikmiş test puanlarını karşılaştırmak için ANOVA yapılmıştır. Tablo 49'daki çoklu karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında, kontrol grubunda son test ile gecikmiş test arasında son test lehine anlamlı bir farklılık olduğu

görülmektedir ve ortalama fark 5.8 olarak tespit edilmiştir ($p<.05$). Deney grubunda ise son test ile gecikmiş test arasında anlamlı bir farklılık yoktur ve ortalama fark 3.667 olarak tespit edilmiştir ($p>.05$). Deney grubundaki ortalama fark kontrol grubuna göre daha düşüktür. Deney ve kontrol gruplarının son test ve gecikmiş test puanlarının Post Hoc analiz sonuçları Tablo 49'da verilmiştir.

Tablo 49. KİDKAT Tukey HSD Analizi Sonuçları

Grup	Testler	Ortalama Farkı	p
Deney	Son test Gecikmiş test	3.667	0.180
Kontrol	Son test Gecikmiş test	5.800*	0.025

* $p<0.05$

Gecikmiş test uygulamasından elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu Tablo 50'de her bir öğrencinin aldığı puan hesaplanmıştır. Deney grubu öğrencilerinin KİDKAT'ın gecikmiş test olarak uygulamasından aldıkları puanların aritmetik ortalaması $\bar{x}_{\text{deney}} = 53.60$ ($Ss=11.485$), kontrol grubu öğrencilerinininki ise $\bar{x}_{\text{kontrol}} = 30.27$ ($Ss=7.834$) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 50. KİDKAT Ortalama ve Standart Sapma Değerleri

Grup	Gecikmiş Test		
	N	X	S
Deney	30	53.60	11.485
Kontrol	30	30.27	7.834

Öğrencilerin gecikmiş testten aldıkları puanlardan faydalanılarak deney ve kontrol grubu öğrencilerinin seviyeleri ANOVA ile karşılaştırılmış ve Tablo 51'de verilmiştir.

Tablo 51. KİDKAT Puanlarının Deney ve Kontrol Grubuna Göre ANOVA Sonuçları

Ölçüm	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Ss	Kareler Ortalaması	F	p
Gecikmiş test	Gruplar Arası	8166.667	1	8166.667	84.507	0.000
	Gruplar İçi	5605.067	58	96.639		
	Toplam	13771.733	59			

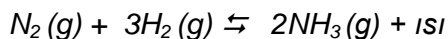
Tablo 51'de görüldüğü gibi, KİDKAT gecikmiş test uygulamasında deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son seviyeleri arasında deney grubu lehine anlamlı bir fark vardır ($F(1-58) = 84.507$, $p<.05$).

4. 3. 3. Mülakatlardan Elde Edilen Bulgular

Mülakatlarda her iki gruptan seçilen öğrencilere toplam beş adet soru yöneltilmiştir.

Mülakatın birinci sorusunda öğrencilere yöneltilen soru aşağıdadır:

Aşağıdaki tepkime dengededir.



Kimyasal denge durumu ve dengenin dinamik yapısının özelliklerini kendi sözcüklerinizle tanımlayınız?

Mülakatın birinci sorusuna deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son ve gecikmiş mülakatlarda verdikleri doğru cevap yüzdeleri Tablo 52'de verilmiştir.

Tablo 52. Mülakatın Birinci Sorusuna Verilen Cevaplar

Cevaplar	Kontrol Grubu				Deney Grubu			
	SM		GM		SM		GM	
	f	%	f	%	f	%	f	%
1. Kimyasal tepkimede ileri ve geri reaksiyon hızlarının eşit, ürünlerin ve girenlerin derişimlerinin sabit olduğu duruma kimyasal denge denir.	3	25	2	16	8	66	6	50
2. Bir reaksiyon dengeye gelmesinden sonra devam eder, makroskobik özellikler sabit olur ve dengenin dinamik özellikleri devam eder.	2	17	1	8	8	67	6	50
3. Bir kimyasal denge karışımında tüm girenler ve ürünler mevcuttur ve derişimleri sabittir.	3	25	1	8	9	75	8	66

SM: Son mülakat; GM: Gecikmiş mülakat

Tablo 52'de görüldüğü gibi birinci soruya deney grubu öğrencilerin verdikleri doğru cevapların oranı her üç cevap için de kontrol grubu öğrencilerinden daha fazladır. Mülakatın birinci sorusuna doğru cevaplar veren deney ve kontrol grubu öğrencilerinin dağılımları Tablo 53'te verilmiştir.

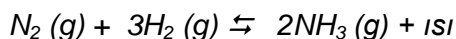
Tablo 53. Birinci Soruya Doğru Cevaplar Veren Öğrencilerin Dağılımı

	Kontrol Grubu		Deney Grubu	
	SM	GM	SM	GM
1. cevap	KÜ2, KÜ3, KO12	KÜ2, KÜ3	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO11, DO12, DA23, DA25	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO12, DA23
2. cevap	KÜ2, KÜ3	KÜ2	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO11, DO12, DA23, DA25	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO12, DA25
3. cevap	KÜ2, KÜ3, KO12	KÜ2	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO11, DO12, DO10, DA23, DA25	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO10, DO12, DA23, DA25

Tablodan da görüldüğü gibi, deney grubunda son mülakatlarda doğru cevaplar veren öğrencilerin sayıları daha fazladır. Benzer şekilde, gecikmiş mülakatlarda da deney grubunda doğru cevap veren öğrencilerin sayıları daha fazladır.

Mülakatın ikinci sorusunda öğrencilere yöneltilen soru aşağıdadır.

Aşağıdaki tepkime dengededir.



Tepkime dengede iken sisteme bir miktar N_2 gazı ekleniyor ve yeni denge kuruluyor. Tepkimede ne tür değişiklikler gerçekleşir? Dengeye ve denge sabitine derişimin etkisi ne olabilir?

Mülakatın ikinci sorusuna deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son ve gecikmiş mülakatlarda verdikleri doğru cevap yüzdeleri Tablo 54'te verilmiştir.

Tablo 54. Mülakatın İkinci Sorusuna Verilen Doğru Cevaplar

Cevaplar	Kontrol Grubu				Deney Grubu			
	SM		GM		SM		GM	
	f	%	f	%	f	%	f	%
1. Sistem soldan sağa kayarak dengeye ulaşmalıdır. Sistem azot gazının harcanacağı yöne yönelir.	2	16	1	8	10	83	8	67
2. Sistemin dengeye ulaşabilmesi için tepkenler harcanmalı, ürünler oluşmalıdır. Yani tepkime dengeye erişmek için soldan sağa doğru yürümelidir. Sistem ürünler yönüne yönelir.	3	25	1	8	9	75	9	75
3. Azot gazının derişiminde bir azalma olacak ama azot gazı ilk derişiminin altına düşmeyecek, ürünlerde artış olacaktır.	4	33	2	16	7	58	6	50

Tablo 54'te görüldüğü gibi ikinci soruya deney grubu öğrencilerin verdikleri doğru cevapların oranı her üç cevap için de kontrol grubu öğrencilerinden daha fazladır. Mülakatın ikinci sorusuna doğru cevaplar veren deney ve kontrol grubu öğrencilerinin dağılımları Tablo 55'te verilmiştir.

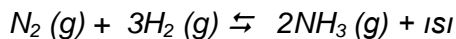
Tablo 55. İkinci Soruya Doğru Cevaplar Veren Öğrencilerin Dağılımı

	Kontrol Grubu		Deney Grubu	
	SM	GM	SM	GM
1. cevap	KÜ2, KÜ3	KÜ2	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO10, DO11, DO12, DO13, DA22, DA24	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO10, DO11, DO12, DA24
2. cevap	KÜ2, KÜ3, KO11	KÜ3	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO10, DO11, DO12, DO13, DA24	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO10, DO11, DO12, DO13, DA24
3. cevap	KÜ1, KÜ2, KÜ4, KO12	KÜ1, KÜ2	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO11, DO12, DA24	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO12, DA24

Tablodan da görüldüğü gibi, deney grubunda son mülakatlarda doğru cevaplar veren öğrencilerin sayıları daha fazladır. Benzer şekilde, gecikmiş mülakatlarda da deney grubunda doğru cevap veren öğrencilerin sayıları daha fazladır.

Mülakatın üçüncü sorusunda öğrencilere aşağıdaki soru yöneltilmiştir.

Aşağıdaki tepkime dengededir.



Buna göre 30°C’de kapalı bir kaptaki denge halindeki karışım 70°C’ye kadar ısıtılıyor.

Tepkimede ne tür değişiklikler gerçekleşir? Dengeye ve denge sabitine sıcaklığın etkisi nasıl olur?

Mülakatın üçüncü sorusuna deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son ve gecikmiş mülakatlarda verdikleri doğru cevap yüzdeleri Tablo 56’da verilmiştir.

Tablo 56. Mülakatın Üçüncü Sorusuna Verilen Doğru Cevaplar

Cevaplar	Kontrol Grubu				Deney Grubu			
	SM		GM		SM		GM	
	f	%	f	%	f	%	f	%
1. Bir denge karışımında, sisteme ısı verilmesi tepkimeyi ısı alan yöne kaydırır. Tepkime ısıyı azaltmak için ısının harcanmasını sağlamak için girenler yönüne kayar.	3	25	2	17	9	75	7	58
2. Sıcaklığın artışı tepkimeyi endotermik yöne başka bir ifadeyle denge eşitliğinde sağdan sola ve girenler yönüne kaydırır.	2	17	-	-	11	91	11	91
3. Sıcaklığın artırılması ile, hidrojen ve azot gazların miktarı artar ve amonyak gazın miktarı azalır.	3	25	1	8	10	83	8	66

Tablo 56’da görüldüğü gibi üçüncü soruya deney grubu öğrencilerin verdikleri doğru cevapların oranı her üç cevap için de kontrol grubu öğrencilerinden daha fazladır. Mülakatın üçüncü sorusuna doğru cevaplar veren deney ve kontrol grubu öğrencilerinin dağılımları Tablo 57’de verilmiştir.

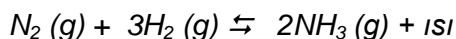
Tablo 57. Üçüncü Soruya Doğru Cevaplar Veren Öğrencilerin Dağılımı

	Kontrol Grubu		Deney Grubu	
	SM	GM	SM	GM
1. cevap	KÜ2, KÜ4, KO11	KO1, KÜ4	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO11, DO12, DO13, DA22, DA24	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO11, DO13, DA22
2. cevap	KÜ3, KO10	-	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO10, DO11, DO12, DO13, DA22, DA23, DA24	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO10, DO11, DO12, DO13, DA22, DA23, DA24
3. cevap	KÜ1, KÜ2, KÜ3	KÜ1	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO11, DO12, DO13, DA22, DA25, DA24	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DO10, DO12, DO13, DA22, DA25

Tablodan da görüldüğü gibi, deney grubunda son mülakatlarda doğru cevaplar veren öğrencilerin sayıları daha fazladır. Benzer şekilde, gecikmiş mülakatlarda da deney grubunda doğru cevap veren öğrencilerin sayıları daha fazladır.

Mülakatın dördüncü sorusunda öğrencilere aşağıdaki soru yöneltilmiştir.

Aşağıdaki reaksiyon dengededir.



Sıcaklık değiştirilmeden denge karışımının hacmi (dış basıncın artırılmasıyla) düşürülmüştür. Tepkimede, sıkıştırmanın reaksiyon karışımına etkisini açıklayınız? Dengeye ve denge sabitine basınç ve hacmin etkisi nasıl olur?

Mülakatın dördüncü sorusuna deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son ve gecikmiş mülakatlarda verdikleri doğru cevap yüzdeleri Tablo 58'de verilmiştir.

Tablo 58. Mülakatın Dördüncü Sorusuna Verilen Doğru Cevaplar

Cevaplar	Kontrol Grubu				Deney Grubu			
	SM		GM		SM		GM	
	f	%	f	%	f	%	f	%
1. Hacim azaltıldığında denge mol sayısı az olan yöne kayar ve ürünlerin derişimi artar.	3	25	2	17	10	83	10	83
2. Basınç yükseltirirse (hacim azatlığında); tepkimede denge ürünler (NH ₃) tarafına kayar.	3	25	1	8	8	67	8	67
3. Hacmi yarıya indirirsek moler sabit olduğu için basınç iki katına çıkar. Sistem basıncı azaltmak için mol sayısının az olduğu tarafa kayar. NH ₃ artar, N ₂ ve H ₂ azalır.	2	17	-	-	8	67	7	58

Tablo 58'de görüldüğü gibi dördüncü soruya deney grubu öğrencilerin verdikleri doğru cevapların oranı her üç cevap için de kontrol grubu öğrencilerinden daha fazladır. Mülakatın dördüncü sorusuna doğru cevaplar veren deney ve kontrol grubu öğrencilerinin dağılımları Tablo 59'da verilmiştir.

Tablo 59. Dördüncü Soruya Doğru Cevaplar Veren Öğrencilerin Dağılımı

	Kontrol Grubu		Deney Grubu			
	SM	GM	SM		GM	
1. cevap	KÜ2, KÜ3, KO11	KÜ2, KÜ3	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO10, DO11, DO12, DO13, DA23, DA25		DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO10, DO11, DO12, DO13, DA23, DA25	
2. cevap	KÜ1, KÜ2, KO13	KÜ1	DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO11, DO12, DO13, DA24, DA25		DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO11, DO12, DO13, DA24, DA25	
3. cevap	KÜ2, KÜ3	-	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO12, DO13, DA24, DA25		DÜ1, DÜ2, DÜ3, DO12, DO13, DA24, DA25	

Tablodan da görüldüğü gibi, deney grubunda son mülakatlarda doğru cevaplar veren öğrencilerin sayıları daha fazladır. Benzer şekilde, gecikmiş mülakatlarda da deney grubunda doğru cevap veren öğrencilerin sayıları daha fazladır.

Mülakatın beşinci sorusunda öğrencilere aşağıdaki soru yöneltilmiştir.

Kimyasal dengede Le Châtelier prensibini açıklayınız? Tepkime veriminin maksimum olması için bu ilke nasıl yardımcı olabilir? Açıklayınız.

Mülakatın beşinci sorusuna deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son ve gecikmiş mülakatlarda verdikleri doğru cevap yüzdeleri Tablo 60'da verilmiştir.

Tablo 60. Mülakatın Beşinci Sorusuna Verilen Doğru Cevaplar

Cevaplar	Kontrol Grubu		Deney Grubu					
	SM		GM		SM		GM	
	f	%	f	%	f	%	f	%
1. Dengedeki bir sisteme dışarıdan bir etki uygulandığında, sistem bu etkiyi karşılayacak yöne tepki vererek yeniden dengeye ulaşır ve denge zıt yöne kayar.	6	50	4	33	9	75	9	75
2. Bir dengedeki sisteme dışarıdan bir etki yapıldığında sistem bu etkiyi azaltacak şekilde tepki gösterir. Sistemin dengesi bu etkiyi azaltacak yönde eğilim gösterir.	5	42	6	50	10	83	9	75
3. Tepkimeye dışarıdan bir etki yapıldığı zaman tepkimenin tekrar dengeye getirilmesine Le Chatelier prensibi denir.	7	58	4	33	7	58	9	50

Tablo 60'da görüldüğü gibi beşinci soruya deney grubu öğrencilerin verdikleri doğru cevapların oranı her üç cevap için de kontrol grubu öğrencilerinden daha fazladır. Mülakatın beşinci sorusuna doğru cevaplar veren deney ve kontrol grubu öğrencilerinin dağılımları Tablo 61'de verilmiştir.

Tablo 61. Beşinci Soruya Doğru Cevaplar Veren Öğrencilerin Dağılımı

	Kontrol grubu		Deney grubu	
	SM	GM	SM	GM
1. cevap	KÜ1, KÜ2, KÜ4, KO10, KO12, KA23	KÜ1, KÜ2, KÜ4, KO10	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO10, DO12, DO13, DA23, DA24	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO10, DO12, DO13, DA23, DA24
2. cevap	KÜ2, KÜ3, KÜ4, KO11, KO12	KÜ1, KÜ2, KÜ3, KO10, KO13, KA22	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO10, DO12, DO13, DA22, DA23, DA24	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO10, DO12, DO13, DA22, DA24
3. cevap	KÜ1, KÜ2, KÜ3, KÜ4, KO11, KO12, KO13	KÜ3, KÜ4, KO10, KA23	DÜ1, DÜ2, DÜ3, DÜ4, DO12, DO13, DA25	DÜ1, DÜ3, DÜ4, DO12, DO13, DA25

Tablodan da görüldüğü gibi, deney grubunda son mülakatlarda doğru cevaplar veren öğrencilerin sayıları daha fazladır. Benzer şekilde, gecikmiş mülakatlarda da deney grubunda doğru cevap veren öğrencilerin sayıları daha fazladır.

Kimyasal denge konusunda geliştirilen zenginleştirilmiş bir öğretim materyalinin etkililiğinin belirlenmesine yönelik bu çalışmadan elde edilen bulgular literatür destekli olarak bir sonraki bölümde detaylı olarak yorumlanmıştır.

5. TARTIŞMA

Araştırmanın bu bölümünde çalışmadan elde edilen bulgular çalışmanın alt problemleri bağlamında literatür destekli olarak yorumlanmıştır. Birinci alt başlıkta, her iki gruptaki öğrencilerin ön test, son test ve gecikmiş test puanları arasındaki farklılık, ikinci alt başlıkta öğrencilerin kimyasal denge konusuyla ilgili sahip oldukları alternatif kavramaların düzeltilme oranları açısından deney ve kontrol grupları arasındaki farklılıklar, üçüncü alt başlıkta ise bilgilerin kalıcılığı açısından her iki grup öğrencileri arasındaki farklılıklar tartışılmıştır.

5. 1. Araştırmanın Birinci Alt Problemine Yönelik Yapılan Tartışma

Bu başlık altında “deney ve kontrol grupları ön test, son test ve gecikmiş test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark var mıdır?” şeklinde ifade edilen birinci alt probleme yönelik tartışmalar yürütülmüştür. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin kimyasal denge konusuyla ilgili başarı ve kavrama düzeylerini belirlemek için çoktan seçmeli 26 sorudan oluşan KİDBAT ve iki aşamalı 20 sorudan oluşan KİDKAT öğrencilere ön test, son test ve gecikmiş test olarak uygulanmıştır. Deney grubu öğrencilerinin KİDBAT’ın ön test uygulamasından aldıkları puanların aritmetik ortalaması 3.63, kontrol grubu öğrencilerinin ki ise 3.43 olarak hesaplanmıştır. Deney grubu öğrencilerinin KİDKAT’ın ön test uygulamasından aldıkları puanların aritmetik ortalaması 18.00, kontrol grubu öğrencilerinin ki ise 17.80 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular her iki grup öğrencilerinin uygulamadan önceki başlangıç düzeylerinin birbirine yakın olduğunu göstermektedir. Nitekim KİDBAT ön test puanlarından faydalanılarak deney ve kontrol grubu öğrencilerinin başlangıçtaki seviyeleri bağımsız gruplar t-testi ile karşılaştırıldığında gruplar arasında uygulama öncesinde anlamlı bir farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir ($t = -.867$, $df: 58$, $p > .05$). Aynı şekilde KİDKAT ön test puanlarından faydalanılarak deney ve kontrol grubu öğrencilerinin başlangıçtaki seviyeleri bağımsız gruplar t-testi ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir ($t = -.121$, $df: 58$, $p > .05$). Grupların KİDBAT ve KİDKAT ön test sonuçları ilişkisiz örneklem için tek faktörlü varyans analizi karşılaştırıldığında da gruplar arasında başlangıç düzeyleri bakımından anlamlı bir farklılığın olmadığı görülmektedir (KİDBAT; $F_{(1-58)} = .751$, $p > .05$ ve KİDKAT; $F_{(1-58)} = .015$, $p > .05$). Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin başlangıç düzeylerinin birbirine yakın olmasının iki grupta uygulanan yöntemlerin karşılaştırılabilmesi için önemli bir avantaj sağladığı belirtilmektedir (Özsevgeç, 2007).

Çalışmanın yapıldığı İran'da örneklem grubunda yer alan öğrencilerin tamamı üniversiteye girmek için bir sınavdan geçmişlerdir. **Konkor** adı verilen üniversiteye giriş sınavları her sene bir defa haziran ayında yapılır ve öğrencilerin puanlarına göre kontenjanlar açılır. İran eğitim sisteminde öğrencilere lise birinci ve ikinci sınıflarında kimya ve laboratuvar kimya dersi öğretilir ve üçüncü ve dördüncü sene yalnız kimya dersi anlatılır. 12. sınıfta kimyasal denge konusuna yer verilir ve bilim ve matematik alanlarında öğrencilere üniversiteye girmeden önce kimyasal denge konuları basit bir şekilde anlatılır. Bu nedenle çalışmanın yürütüldüğü gruplar lise öğrenimleri sırasında benzer içerikte bir eğitimden geçtiklerinden başlangıç düzeylerinin birbirine yakın çıkması beklenen bir durumdur.

Çalışmadan elde edilen son test bulguları deney grubu öğrencilerinin kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı sonuçlar elde ettiklerini göstermektedir. Gruplar arası karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında, deney grubu öğrencilerinin KİDBAT'ın son test uygulamasından aldıkları puanların aritmetik ortalaması 21.47, kontrol grubu öğrencilerinininki ise 14.77'dir. İstatistiksel olarak her iki grubun son test sonuçları bağımsız gruplar t-testi ile karşılaştırıldığında da deney grubu lehine anlamlı bir fark belirlenmiştir ($t = -5.913$, $df: 58$, $p < .05$). Uygulanan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları da deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son test sonuçları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık olduğunu göstermektedir [$F(1-58) = 34.969$, $p < .05$]. Benzer şekilde KİDKAT'ın son test uygulamasından alınan puanların aritmetik ortalaması deney grubu için 57.27, kontrol grubu için ise 36.07 olarak hesaplanmıştır. İstatistiksel olarak her iki grubun son test sonuçları bağımsız gruplar t-testi ile karşılaştırıldığında da deney grubu lehine anlamlı bir farklılık vardır ($t = -7.411$, $df: 58$, $p < .05$). Uygulanan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları da deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son test sonuçları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık olduğunu göstermektedir [$F(1-58) = 54.920$, $p < .05$]. Bu durum deney grubunda kullanılan zenginleştirilmiş 5E materyalinin öğrenci başarısı ve kavraması üzerinde kontrol grubunda uygulanan geleneksel yöntemle göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Geleneksel öğretim sürecinde basit şekil ve resimler dışında mikroskobik boyutta uygulamalara rastlanmamaktadır. Oysaki tanecikler düzeyinde gerçekleşen olayların anlaşılmasında bilgisayar destekli uygulamaların son derece etkili olduğu bilinmektedir (Kelly ve Jones, 2007; Özmen, Demircioğlu ve Demircioğlu, 2009; Yang, Andre, Greenbowe ve Tibell, 2003; Yeziarski ve Birk, 2006). Bunun yanı sıra 5E öğretim modelinin birçok kimya kavramının öğrenilmesinde etkili olduğu (Ceylan ve Geban, 2009; Ültay, 2012; Yalçın ve Bayrakçeken, 2010; Zkilavuz, 2005) ifade edilmektedir. Ayrıca, öğrencilerin anlamakta zorlandıkları kavramları günlük yaşamdan aşına olunan olaylarla ilişkilendirilerek öğretilmesinde etkili olan analogiler de (Çetingül ve Geban, 2011; Trey ve Khan, 2008; Yıldırım, 2000) bu çalışmada sıklıkla kullanılmıştır. Bu

durum deney grubundaki öğrencilerin kontrol grubundakilere göre daha başarılı olmalarını ve kimyasal denge ile ilgili konuları daha iyi kavramalarını sağlamıştır. Literatürde bu çalışmada deney grubundaki materyali zenginleştirmek için kullanılan farklı tekniklerin etkili olduğuna dair bulgular mevcut olsa da, aynı zamanda bunların tek tek kullanılmasının bazen istenilen sonuçların alınmasını sağlayamadığı, hatta olumsuz sonuçlar alınmasına yol açtığı ve birlikte kullanılmalarının birbirlerinin eksiklerini giderebilme açısından fayda sağlayabildiği ifade edilmektedir (Çalık, Ayas ve Coll, 2010; Dole, 2000; Huddle, White ve Rogers, 2000; Türk ve Çalık, 2008). Literatürde kimyasal denge konusunun öğretilmesinde çeşitli tekniklerin tek tek veya birlikte kullanımına yönelik çalışmalar da mevcuttur (Akaygün ve Jones, 2014; Atasoy, Akkuş ve Kadayıfçı, 2009; İlhan, 2010; Naseriazar ve Özmen, 2012; Uysal, 2013; Yıldırım, Kurt ve Ayas, 2011). Ancak bu çalışmaların hiç birisinde mevcut çalışmada kullanılan tekniklerin tamamının birlikte kullanımı ve etkililiğinin tespiti söz konusu değildir. Bu çalışmada birçok tekniğin birleştirilmesi, mikroskobik ve soyut yönü çok fazla olan kimyasal denge konusunun deney grubu öğrencileri tarafından daha başarılı şekilde öğrenilmesini sağlamıştır.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin gecikmiş test puanlarına yönelik yapılan karşılaştırmalarda, deney grubu öğrencilerinin KİDBAT'ın gecikmiş test uygulamasından aldıkları puanların aritmetik ortalaması 19,33 iken, kontrol grubu öğrencilerinininki 11,10 olarak hesaplanmıştır. Her iki grup arasında gecikmiş test puanlarına göre yapılan bağımsız gruplar t-testi ile karşılaştırma sonuçları da deney grubu lehine anlamlı bir farklılık göstermektedir ($t = -8.217$, $df: 58$, $p < .05$). Tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre de deney ve kontrol grubu öğrencilerinin gecikmiş test sonuçları arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$(F(1-58) = 67.526$, $p < .05)$]. Her iki grup öğrencilerinin KİDKAT gecikmiş test uygulamasından aldıkları puanlara göre yapılan karşılaştırmalarda deney grubunun aritmetik ortalaması 53.60, kontrol grubunun ki ise 30.27 olarak hesaplanmıştır. KİDKAT gecikmiş test puanlarına göre yapılan istatistiksel karşılaştırmada deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son seviyeleri arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık vardır ($t = -9.193$, $df: 58$, $p < .05$). Tek yönlü varyans analizi sonuçlarına göre de deney ve kontrol grubu öğrencilerinin gecikmiş test sonuçları arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$(F(1-58) = 84.507$, $p < .05)$]. Bu sonuçlar deney grubu öğrencilerinin daha yüksek kalıcılık düzeyine sahip olduğunu ortaya koymakta ve kullanılan zenginleştirilmiş 5E materyalinin öğrenilen bilgilerin kalıcılığının sağlanmasında etkili olduğunu göstermektedir. Literatürde yapılan diğer araştırmalar incelendiğinde, zenginleştirilmiş ve farklılaştırılmış öğretim materyalleri ile yürütülen uygulamaların öğrencilerin kimya kavramlarını daha kolay öğrenmelerini ve bilgilerin kalıcılığını daha uzun süre sağladıklarını göstermektedir (Daşdemir ve Doymuş, 2012; İnanç, 2010;

Özmen, 2011). Öğrencilerin kavramları etkili ve anlamlı şekilde öğrenmelerinin sağlanabilmesi, bu kavramların zihinde daha düzgün ve doğru şekilde yapılandırılmalarına ve bunun sonucunda da daha uzun süre hatırlanmalarına yardımcı olmaktadır. Bunun en önemli sebebinin, kavramların zihinde yapılandırılması sürecinin olayların ardındaki sebeplerin ve mikroskobik düzeydeki olayların anlamlı şekilde öğrenilmeleri şeklinde gerçekleştirilmesinin olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada tespit edilmeye çalışılan hususlardan bir tanesi de KİDKAT'ın birinci aşamasına ve hem birinci hem de ikinci aşamasına birlikte doğru cevap veren öğrenci puanları arasında bir korelasyonun olup olmadığıdır. Bunun için testin birinci aşamasından ve birinci ve ikinci aşamasından alınan puanlar tekrarlı ölçümler için tek faktörlü bağımlı t-testi ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonuçları hem deney grubunda hem de kontrol grubunda ön test, son test ve gecikmiş testlerde birinci aşama ve birinci-ikinci aşama arasında birinci aşama lehine anlamlı bir farklılık olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$). Son ve gecikmiş testlerde birinci aşama ile birinci-ikinci aşama arasındaki ortalama puan farkları deney grubunda daha düşüktür. Bu sonuç deney grubu öğrencilerindeki kavramsal farklılaşma düzeyinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Kontrol grubunda son test ($\bar{x} = 10.53$) ile gecikmiş test ($\bar{x} = 9.13$) ortalama puanları arasındaki farkın 1.4, deney grubunda ise son test ($\bar{x} = 15.57$) ile gecikmiş test ($\bar{x} = 14.27$) ortalama puanları arasındaki ortalama farkın 1.3 olduğu görülmektedir. Kontrol grubunda son testte birinci-ikinci aşamanın ortalaması ($\bar{x} = 7.5$) ile gecikmiş testte birinci-ikinci aşamanın ortalaması ($\bar{x} = 6$) arasındaki puan farkı 1.5'tir ($p < 0.05$). Deney grubunda ise son test birinci-ikinci aşamanın ortalaması ($\bar{x} = 13.07$) ile gecikmiş testte birinci-ikinci aşamanın ortalaması ($\bar{x} = 12.53$) arasındaki puan farkı 0.54'tür ($p > .05$). Deney grubunda hem son test ile gecikmiş test arasında ve hem de son testte birinci-ikinci aşama ile gecikmiş teste birinci-ikinci aşama arasında ortalama fark kontrol grubuna göre daha düşüktür. Özetle deney grubunda öğrencilerin testteki soruların birinci kısmına verdikleri doğru cevaplarla hem birinci hem de ikinci kısma aynı anda verdiği doğru cevapların oranı kontrol grubuna göre daha yüksektir. Bu durum testin birinci kısmında şans faktörüne dayalı olarak doğru cevap verilmesi olasılığının deney grubunda daha düşük olduğunu, bir başka ifade ile soruların seçenek ve gerekçe kısımlarını birlikte doğru cevaplayan öğrenci oranlarının fazla olması deney grubunda şansa dayalı doğru cevaplama ihtimalinin daha zayıf olduğunu ortaya koymaktadır. Buna dayalı olarak deney grubunda uygulanan öğretimin öğrencilerin sorulara daha doğru cevaplar verebilmelerini sağlaması açısından etkili olduğu söylenilebilir. Bu durum zaten diğer veri toplama araçlarından elde edilen verilerle

de uyumludur. Burada literatür açısından yeni sayılabilecek husus, testin birinci ve hem birinci hem de ikinci kısımlarına verilen doğru cevapların korelasyonunun karşılaştırılmasıdır. Literatürde çoğunlukla bu tür testlerde benzer bir korelasyon araştırılması yapılmamaktadır. Bu durumun mevcut çalışma açısından bir farklılık olduğu söylenebilir.

Öğrencilere uygulanan testlerden elde edilen sonuçların grup içi karşılaştırma sonuçları her iki grup lehine anlamlı bir artışın meydana geldiğini göstermektedir. Örneğin, tek yönlü ANOVA analizi sonuçlarına göre, KİDBAT'ın her üç uygulamasından elde edilen veriler hem deney grubu öğrencilerinin [(F(2-87)= 184.859, p<.05)], hem de kontrol grubu öğrencilerinin [(F(2-87)=125.159, p<.05)] ön test, son test ve gecikmiş test uygulamasından aldıkları puanlar arasında anlamlı bir fark vardır. Aynı sonuçlar KİDKAT'in her üç uygulamasından deney grubu öğrencilerinde [(F(2-87)= 137.946, p<.05)] ve kontrol grubu öğrencilerinde de [(F(2-87)= 36.660, p<.05)] görülmektedir. Çoklu karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında KİDBAT ve KİDKAT sonuçlarına göre hem deney grubunda hem de kontrol grubunda ön test ile son test arasında son test lehine anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir. Ayrıca her iki grupta ön test ile gecikmiş test arasında gecikmiş test lehine anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (p<0.05). Gecikmiş testte ise ön teste göre deney ve kontrol grubunda soruların tamamında artış gözlenirken, kontrol grubunda gecikmiş test ve ön test ortalama farkı deney grubuna göre daha düşüktür. Bu fark deney grubunda daha yüksektir. Bu sonuç deney grubu öğrencilerinin başarı ve anlama düzeyindeki artışın kontrol grubu öğrencilerine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Her iki grupta da bir öğretim gerçekleştirilmiş olması nedeniyle gruplarda ön test – son test arasında son test lehine anlamlı bir fark ortaya çıkması beklenen bir durumdur. Ancak kontrol grubundaki artış ile deney grubundaki artış karşılaştırıldığında deney grubundaki artışın daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum deney grubunda uygulanan öğretimin kontrol grubundakine göre daha başarılı olduğunun bir göstergesidir.

Deney ve kontrol grupları arasında son test ile gecikmiş test puanlarına göre yapılan karşılaştırmalar incelendiğinde, kontrol grubunda son test lehine anlamlı bir farklılık olduğu görülürken (p<.05), deney grubunda son test ile gecikmiş test arasında anlamlı bir farklılık yoktur (p>.05). Deney grubundaki ortalama fark kontrol grubuna göre hem KİDBAT hem de KİDKAT'ta daha düşüktür. Bu durum deney grubunda yapılan uygulamaların hem kavramların daha etkili öğrenilmesini hem de uzun süre hatırlanmasını sağladığını göstermektedir. Bunun en önemli sebebi de kavramların değişik boyutlarının farklı tekniklerin kullanılması ile öğretilmesi ve öğrenmelerin öğrenciler tarafından anlamlı şekilde gerçekleştirilmesinin sağlanabilmesidir. Zenginleştirilmiş 5E modelinin, öğrenilen bilgilerin kalıcılığına olumlu etkide bulunduğu literatürde de ifade edilmektedir (Kolomuç,

2009). Ayrıca 5E modeli içerisinde farklı tekniklerin kullanıldığı çalışmalar da literatürde mevcuttur (Gül, 2011; Karslı, 2011; Kolomuç, 2009; Pekdağ, 2010). Ancak hem 5E modelinin hem de 5E içerisinde bu çalışmada kullanılan farklı tekniklerin birleştirilerek kullanılmasının kimyasal denge konusundaki etkililiğine yönelik literatürde herhangi bir çalışmaya ulaşılabildiği kadarıyla rastlanmamıştır. Literatürde kimyasal denge konusunda yapılan çalışmaların genellikle bir veya iki farklı tekniğin kullanılmasının kimyasal dengenin öğretilmesindeki etkililiğini belirlemeye yönelik olduğu görülmektedir (Akaygün ve Jones, 2014; Atasoy, Akkuş ve Kadayıfçı, 2009; Bilgin ve Geban, 2001; Harrison ve Jong, 2005; Karakethüdaoğlu, 2010; Özdemir ve Ardac, 2009; Özmen, 2007; Naseriazar ve Özmen, 2010; Naseriazar ve Özmen, 2013; Sandberg ve Bellamy, 2004; Uysal, 2013; Yıldırım vd., 2010). Çoklu tekniklerin birleştirilmesi ve özellikle 5E modeli içerisine entegrasyonu bağlamında düşünüldüğünde mevcut çalışmanın literatüre yeni ve farklı bir bakış açısı getirme yönünden katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

5. 2. Araştırmanın İkinci Alt Problemine Yönelik Yapılan Tartışma

Bu başlık altında “öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramaların düzeltilme oranları açısından deney ve kontrol grupları arasında fark var mıdır? şeklinde ifade edilen ikinci alt probleme yönelik tartışmalar yürütülmüştür. Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin kimyasal denge konusuyla ilgili alternatif kavramalarını belirlemek için iki aşamalı 20 sorudan oluşan KİDKAT öğrencilere ön test, son test ve gecikmiş test olarak, mülakatlar ise son test ve gecikmiş test olarak uygulanmıştır.

KİDKAT hem deney hem de kontrol grubu öğrencilerine ön test, son test ve gecikmiş test olarak uygulanmış ve öğrencilerdeki alternatif kavramaların üç uygulamadaki oranları tespit edilmiştir. Çalışmada her iki grup öğrencilerinde toplam yirmi adet alternatif kavrama tespit edilmiştir. Hem deney hem de kontrol grubu öğrencilerin ön testlerde yüksek oranlarda taşınan alternatif kavramalar tespit edilmiştir. Deney grubunda ön testte alternatif kavramaların yüzdeler oranları %68-%78 arasında değişirken, bu oranlar son testte %2-%12 arasında, gecikmiş testte ise %2-%11 arasında değişmektedir. Kontrol grubunda alternatif kavramaların oranları ise ön testte %64-%80 arasında, son testte %8-%40 arasında ve gecikmiş testte %13-%55 arasında değişmektedir (Bakınız, Tablo 33). Her iki grup öğrencilerinin ön testte taşıdıkları alternatif kavramaların oranlarına bakıldığında grupların uygulama öncesinde alternatif kavramaya sahip olma oranlarının birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Alternatif kavramaların son testteki taşınma oranları incelendiğinde deney grubu öğrencilerinin oranlarının kontrol grubu öğrencilerine göre dikkate değer derecede azaldığı görülmektedir. Bu durum Tablo 33'te açıkça görülmektedir. Gecikmiş testlerdeki oranlar incelendiğinde de deney grubu öğrencilerinin

alternatif kavrama taşıma oranlarının kontrol grubundakilere göre dikkate değer derecede az olduğu görülmektedir. Bütün bu sonuçlar deney grubunda uygulanan zenginleştirilmiş 5E modeline dayalı öğretimin kontrol grubunda uygulanan geleneksel öğretime göre kimyasal denge konusundaki alternatif kavramaların giderilmesinde daha etkili olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada hem KİDKAT hem de mülakatlar aracılığı ile öğrenciler tarafından taşınan birçok alternatif kavrama tespit edilmiştir. Kimyasal denge konusu literatürde üzerinde en çok araştırma yapılan kimya konularından birisidir. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu farklı yöntemlerin kimyasal denge konusundaki öğrenci başarılarına etkisinin belirlenmesi ve/veya öğrenci alternatiflerinin belirlenmesine odaklanmıştır (Akaygün ve Jones, 2014; Akkuş, 2000; Demircioğlu vd., 2013; Kaya, 2013; Naseriazar ve Özmen, 2011; Özmen, 2008a; Quilez ve Solaz, 1995; Şendur vd., 2011). Bu bağlamda düşünüldüğünde çalışmada tespit edilen alternatif kavramaların literatürde belirtilenlerle benzer olduğu anlaşılmaktadır. Öte yandan, literatürde kimyasal denge ile ilgili alternatif kavramaların giderilmesine yönelik yapılan çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır (Özmen, 2007; Pekmez Şahin, 2010). Bu çalışma tespit edilen alternatif kavramaların giderilmesine yönelik uygulamaları ve etkinlikleri içermesi nedeniyle de literatüre önemli bir katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Alternatif kavramaların giderilmesi amacıyla kullanılan farklı tekniklerin çoklu olarak ve birbiri ile ilişkilendirilerek kullanılması literatürden farklılık içermektedir. Nitekim Özmen (2007) kavramsal değişim metinlerinin, Pekmez Şahin (2010) ise analogilerin kimyasal denge konusundaki alternatif kavramaların giderilmesindeki etkililiğine odaklanmış sınırlı çalışmalar yapmışlardır. Bu yönüyle mevcut çalışmanın daha geniş bir perspektiften ve çoklu araçlarla alternatif kavramaları gidermeyi amaçlaması açısından literatüre önemli bir katkı sağlamaya aday olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada KİDKAT'ın analizi sonucunda yirmi tane, mülakatların analizi sonucunda da on dört tane alternatif kavrama tespit edilmiştir. Bunların bazıları her iki veri toplama aracında da tespit edilmişken, farklı olanlar da mevcuttur. Alternatif kavramalar kimyasal denge ve dengenin dinamik özellikleri, kimyasal dengeye sıcaklık, basınç, hacim ve derişimin etkisi, denge sabiti, Le Chatelier prensibi ve heterojen denge ve katalizör alt başlıklarında toplanmıştır.

Kimyasal denge ve dengenin dinamik özellikleri ile ilgili KİDKAT'tan altı, mülakatlardan üç tane alternatif kavrama tespit edilmiştir. Bunlardan “denge tepkimelerinde girenlerin ve ürünlerin derişimleri eşittir” ve “denge tepkimeleri tepkimeye giren maddelerin tamamı harcanıncaya kadar devam eder” şeklindeki alternatif kavramalar hem testte hem de mülakatlarda tespit edilmiştir. Hem bu iki alternatif kavrama hem de bu alt başlıkta tespit edilen diğer alternatif kavramalar literatürde de mevcuttur

(Akkuş vd., 2003; Canpolat vd., 2006; Naseriazar ve Özmen, 2012; Özmen, 2007; Şendur vd., 2011; Voska ve Heikkinen, 2000; Yıldırım, 2009; Yıldırım, Bak ve Ayas, 2007; Yıldırım, Kurt ve Ayas, 2011). KİDKAT'tan tespit edilen altı alternatif kavramanın kontrol grubunun ön test uygulamasındaki oranları %64-%80 arasında, son testte %15-%40 arasında ve gecikmiş testte %20 -%48 arasında değişmektedir. Deney grubunda ise ön testte %68-%78, son testte %2-%12 ve gecikmiş testte %2-%11 arasında değişmektedir. Mülakatlardan elde edilen alternatif kavramaların kontrol grubunda son mülakattaki oranları %42-%58, gecikmiş mülakatta ise %58-%67 arasında değişmektedir. Deney grubunda ise son mülakatta tek bir alternatif kavrama %8 oranında taşınırken, diğerleri mevcut değildir. Gecikmiş mülakatta ise ilginç şekilde üç alternatif kavrama da %8 oranında taşınmaktadır. Bu veriler deney grubundaki öğrencilerin alternatif kavramalarının son ve gecikmiş uygulamalarda kayda değer derecede azaldığını göstermektedir. İlginç şekilde mülakatlarda son uygulamalarda olmayan alternatif kavramaların ikisi gecikmiş uygulamalarda tespit edilmiştir. Bunun nedeninin son testlerde öğrencilerin uygulama sonrasındaki bilgilerle verdikleri cevapları zamanla unutmuş olmaları veya kavramların zihinlerinde zamanla farklı şekilde yapılandırılmaları olabilir. Öğrencilerin alternatif kavramalarının giderilmesinin kullanılan öğretim materyalinin etkililiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Örneğin, birinci ders planında kullanılan analogilerle tek yönlü ve iki yönlü reaksiyonlar karşılaştırılırken, ikinci ders planında kullanılan analogilerle denge kurulduğu anda dengedeki türlerin derişiminin sabit kaldığına işaret edilmiştir. Benzer şekilde birinci ve ikinci ders planında kullanılan kavramsal değişim metinleri bir reaksiyonun denge durumunda dengedeki türlerin derişiminin sabit kaldığını vurgulamaktadır. Literatürde kavramsal değişim metinlerinin ve analogilerin kimyasal denge ile ilgili alternatif kavramaları gidermek üzere kullanıldığı araştırmalar mevcuttur (Canpolat vd., 2006; Özmen, 2007; Pekmez Şahin, 2010). Reaktiflerin ve ürünlerin derişimlerinin oranı sabit bir değerde olduğu ve ortamdaki türlerin derişimi sabit kalmakla birlikte, moleküler seviyede kimyasal reaksiyonların durmadığı ifade edilmiştir. Ayrıca birinci ve ikinci ders planlarında kullanılan simülasyonlarla oluşturulan derişim ve zaman grafiğinde ileri reaksiyonda derişimler azalırken geri reaksiyonda derişimlerin arttığı vurgulanmıştır. Benzer şekilde ikinci ders planının derinleşme basamağında kullanılan simülasyon bu başlık altında yer alan “denge halinde reaksiyonlar devam etmez” şeklindeki alternatif kavramanın giderilmesi amacıyla kullanılmıştır. Öğretim materyalinde doğrudan alternatif kavramaların dikkate alınmasıyla geliştirilen etkinlik ve/veya uygulamalar deney grubundaki öğrencilerin alternatif kavramalarının yüksek oranlarda giderilmesine yardımcı olmuştur. Kontrol grubunda alternatif kavramalara odaklı bir

öğretimin yapılmaması öğrencilerin son ve gecikmiş uygulamalarda halen yüksek oranlarda alternatif kavrama taşımaları sonucunu doğurmuştur.

Kimyasal dengeye sıcaklık, basınç, hacim ve derişimin etkisi alt başlığında KİDKAT'ta dört, mülakatlarda sekiz adet alternatif kavrama tespit edilmiştir. Bu alternatif kavramalar literatürde de çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir (Akkuş, 2000; Demircioğlu vd., 2013; Naseriazar ve Özmen, 2012; Özmen, 2007; Şendur vd., 2011; Voska ve Heikkinen, 2000). Derişimlerde meydana gelen değişimin dengeye etkisine yönelik öğretim materyalindeki dördüncü ders planında 5E modelinin tüm aşamalarında derişimlerinin değişimi ile ilgili mikroskopik seviyede animasyon, normal film animasyonu, kavramsal değişim metni, simülasyon ve analogi alternatif kavramların giderilmesine yönelik olarak kullanılmıştır. Benzer şekilde dördüncü ders planında sıcaklığın değişiminin etkisine yönelik olarak animasyon, simülasyon, kavramsal değişim metni ve analogi alternatif kavramaların giderilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bazı öğrenciler sıcaklığın dengeye etkisi ile ilgili reaksiyonun endotermik veya ekzotermik olmasına dikkat etmeden animasyon ve simülasyon programlarının kullanımında reaksiyonu endotermik veya ekzotermik seçmeyi dikkate almamışlardır. Dördüncü ders planında kullanılan kavramsal değişim metni ile de bir denge karışımının sıcaklığının artırılmasının denge konumunu endotermik tepkime yönüne kaydırıldığı, sıcaklığın azaltılmasının ise ekzotermik tepkime yönüne kaydırıldığı ifade edilmiştir. Literatürde Canpolat vd. (2006) ve Özmen (2007) tarafından yapılan çalışmalarda da kavramsal değişim metni, analogi, animasyon vb. kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan öğretim materyali içerisinde literatürdeki teknikler birleştirilerek ve farklı tekniklerle de zenginleştirilerek kullanıldığından ve alternatif kavramalara odaklanılarak gidermeye yönelik uygulamalar yürütüldüğünden, deney grubunda alternatif kavramaların giderilme yüzdeleri kontrol grubuna göre daha yüksek olmuştur.

Kimyasal denge reaksiyonlarında denge sabiti alt başlığında KİDKAT'tan altı, mülakatlardan bir tane alternatif kavrama tespit edilmiştir. Bu alternatif kavramalar literatürde çeşitli araştırmalarda da tespit edilmiştir (Akkuş vd., 2003; Kousthana ve Tsaparlis, 2002; Naseriazar ve Özmen, 2012; Özmen, 2007; Şendur vd., 2011; Voska ve Heikkinen, 2000; Yıldırım, 2000). Bu alternatif kavramaların giderilmesine yönelik olarak öğretim materyalinin üçüncü ders planında giriş kısmında film ve animasyonlar, keşfetme kısmında moleküler seviyede animasyonlar ve açıklama basamağında kavramsal değişim metinleri kullanılmış ve derinleşme basamağında farklı analogiler ve simülasyonlar öğrencilere sunularak alternatif kavramların giderilmesine çalışılmıştır. Örneğin, üçüncü ders planında mavi su kullanılarak gerçekleştirilen analogi yardımıyla denge haline ulaşma ve bu durumda denge sabitinin değerini belirleme amaçlanmıştır. Bu etkinlikle denge

sabitanın reaksiyon oranından farklı olduğu (Q), reaksiyon oranının her zaman hesaplanabileceği, denge sabitinde ise denge derişimlerinin kullanılması gerektiği ifade edilmeye çalışılmıştır. Benzer şekilde kullanılan simülasyon ve animasyonlarla da kimyasal reaksiyonların dengeye gelinceye kadarki süreçte reaksiyon oranının nasıl belirlendiği ve denge sabitanın reaksiyon oranı ile ilişkisinin nasıl açıklandığı anlatılmaya çalışılmıştır. Alternatif kavramaların son ve gecikmiş uygulamalardaki oranları materyalde yapılan bu tür etkinlik ve/veya uygulamaların bunları giderme konusunda etkili olduğunu ve bu etkinin deney grubunda daha belirgin şekilde ortaya çıktığını göstermektedir.

Çalışmada alternatif kavramaların belirlendiği bir diğer alt başlık Le Chatelier prensibi ve heterojen denge ile ilgilidir. Bu konuda KİDKAT'tan iki, mülakatlardan üç tane alternatif kavrama tespit edilmiştir. Le Chatelier prensibi ve heterojen denge ile ilgili pek çok alternatif kavramanın olduğu literatürde de ifade edilmektedir (Akkuş, 2000; Akkuş vd., 2003; Alkan ve Benlikaya, 2004; Erdemir vd., 2000; Kousthana ve Tsaparalis, 2002; Özmen, 2007; Piquette ve Heikkinen, 2005; Sepet, Yılmaz ve Morgil, 2004; Voska ve Heikkinen, 2000). Çalışmada özellikle dördüncü ders planında Le Chatelier prensibi ile ilgili alternatif kavramalara yönelik olarak animasyon, simülasyon, analogi ve kavramsal değişim metinleri kullanılmıştır. Örneğin girenlerin ve/veya ürünlerin derişimlerinin artması veya azalması durumunda dengenin nasıl değişeceğini göstermek üzere animasyon kullanılmış ve Le Chatelier prensibinin işleyişı gösterilmiştir. Benzer şekilde dördüncü ders planında kullanılan simülasyonlarla seçilen bir reaksiyon üzerinde derişim, basınç veya sıcaklık değişiminin dengeye nasıl yansıdığı gösterilmeye çalışılmıştır. Ayrıca dördüncü planda kullanılan üç adet kavramsal değişim metni ile de öğrenci alternatif kavramaları giderilmeye çalışılmıştır. Dördüncü planda kullanılan analogi ile de hem Le Chatelier prensibi anlatılmaya hem de alternatif kavramalar giderilmeye çalışılmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler deney grubunda kullanılan öğretim materyalinin Le Chatelier prensibi ve heterojen denge konusunda öğrenci alternatif kavramalarını azaltma anlamında daha etkili olduğunu göstermektedir.

Çalışmada alternatif kavramaların tespit edildiği bir diğer alt başlık da katalizörün dengeye etkisine yöneliktir. Bu başlık altındaki alternatif kavramalar KİDKAT'ın analizinden elde edilmiş olup benzerlerine literatürde de rastlanmaktadır (Bilgin ve Geban, 2001; Özmen, 2007; Sepet, Yılmaz ve Morgil, 2004; Voska ve Heikinen, 2000). Bu başlık altındaki alternatif kavramaların giderilmesi amacıyla öğretim materyalindeki beşinci ders planında çeşitli etkinlik ve/veya uygulamalara yer verilmiştir. Örneğin beşinci planın keşfetme aşamasındaki animasyonla katalizörün dengeye nasıl etki ettiği, yani ileri ve geri reaksiyonların hızlarına aynı şekilde etki ettiği gösterilmeye çalışılmıştır. Nitekim bu başlıkta rastlanan en belirgin alternatif kavramalardan birisi katalizörün sadece ileri

reaksiyonun hızını arttırdığı şeklindedir. Kullanılan animasyonla bu düşünce düzeltilmeye çalışılmıştır. Benzer şekilde beşinci planda kullanılan kavramsal değişim metni ile de, katalizörün bir denge reaksiyonuna nasıl etki ettiği, neleri değiştirdiği ve sonuçta ne olduğu açıklanmaya çalışılmıştır. Ayrıca kullanılan simülasyonla da katalizörlü ve katalizörsüz denge reaksiyonlarının nasıl davrandığı hız-zaman ve derişim-zaman grafikleri ile gösterilmeye çalışılmıştır. Bu yolla katalizörün özellikle ileri ve geri reaksiyonların hızlarını nasıl etkilediği öğrencilere gösterilmeye çalışılmıştır. Elde edilen veriler deney grubunda kullanılan öğretim materyalinin öğrencilerin katalizörün dengeye ve denge sabitine etkisi konusunda sahip oldukları alternatif kavramaları giderme konusunda daha etkili olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada özellikle alternatif kavramaların ön, son ve gecikmiş uygulamalarda tespit edilen oranları dikkate alındığında, deney grubunda zenginleştirilmiş 5E materyali kullanılarak yapılan öğretimin alternatif kavramaları gidermede kontrol grubuna göre oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Literatürde 5E modelinin aynı zamanda bir kavramsal değişim stratejisi olduğu ifade edilmekte (Boddy vd, 2003; Ekici, 2007; Sevinç, 2008) ve alternatif kavramaları gidermede başarılı olduğu belirtilmektedir (Fazelian vd., 2010; Saka, 2006; Stephen ve Huziak-Clari, 2007; Yıldız, 2008). 5E modeline göre hazırlanan materyallerin soyut olayların somutlaştırılarak öğrencilere anlatılması sonucu öğrencilerin kavramlar arasında daha kolay bağ kurabilmelerine yardımcı olduğu da literatürde belirtilmektedir (Velazquez-Marcano vd., 2004). Ayrıca hem "5E Öğretim Modeli" kapsamında, hem de genel anlamda farklı öğretim yöntem ve tekniklerinin bir arada kullanılmasının, öğrencilerin alternatif kavramalarını gidermede ve kavramsal farklılaşmayı sağlamada daha etkili olduğu değişik araştırmalarda ortaya konulmuştur (Artun, 2009; Berrak Gündüz Bahadır, 2012; Çalık, 2008; Gül, 2011; Karslı, 2011; Kolomuç, 2009; Özmen, Demircioğlu ve Demircioğlu, 2009; Şahin, 2010; Ural Keleş, 2009). Deney grubunda yapılan uygulamaların öğrencilerin alternatif kavramalarının dikkate alınması sonucu gerçekleştirildiği düşünüldüğünde, deney grubunda daha etkili sonuçların alınması şaşırtıcı değildir. Ancak öğrencilerdeki alternatif kavramaların tamamen giderilmediği de elde edilen verilerden anlaşılmaktadır. Bunun nedenleri iki başlıkta ele alınabilir. Bunlardan birincisi öğretim materyalinden kaynaklı eksiklikler, ikincisi ise öğrencilerin kavramları zihinlerinde tam olarak yapılandıramamaları olabilir. Çalışmada geliştirilen öğretim materyali geleneksel öğretimin yetersizlikleri, eksiklikleri ve öğrenci alternatif kavramaları incelenerek hazırlanmış olsa da, materyalde de kavramsal düzeyde bazı eksiklikler olması mümkündür. Çünkü materyali geliştiren ve inceleyen uzmanlar, öğrencilerin zorluklarını her ne kadar incelese de, bunu yaparken kendi zihinsel şemalarındaki konu, kavram ve açıklamaları kullanmaktadırlar ki bir öğrencininkine göre

oldukça farklılık gösterebilir. Bu nedenle materyalde bütün incelemelere rağmen eksiklikler olması mümkün olabilir. Bu bağlamdaki ikinci neden de öğrencilerin kavramları zihinlerinde tam olarak olgunlaştırılmamaları olabilir. Öğrenciler lise düzeyinde kimyasal denge ile ilgili kavramları belli düzeyde öğrenseler de, kimya öğrenciler için soyut, anlaşılması ve zihinde yapılandırılması zor bir alandır. Bu nedenle öğrenciler teoride kalan birçok bilgiyi yeterince zihinlerinde olgunlaştırma fırsatı bulamadan ezberleme ya da sorulduğunda tekrarlama yoluna gidebilmektedirler. Teorik düzeydeki bilgilerin somut örnek, etkinlik ve uygulamalarla zenginleştirilmesi ve alternatif kavramaların dikkate alınması sonucu materyallerde bazı düzenlemelerin yapılması, deney grubunda belli düzeyde bir iyileşmenin meydana gelmesini sağlayabilmektedir. Ancak, öğretim materyalleri veya uygulayıcı olan öğretmenlerin elinde bütün kavramları kolayca öğretecek veya bütün alternatif kavramaları giderecek sihirli bir değnek olmadığı da kesindir. Bu nedenle alternatif yöntemler ve uygulamalar öğrenci başarısını artırma ve alternatif kavramalarını giderme konusunda nispeten başarılı olsa da, her türlü materyalin sürekli iyileştirilmesine ve geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

5. 3. Araştırmanın Üçüncü Alt Problemine Yönelik Yapılan Tartışma

Bu başlık altında “deney ve kontrol grupları arasında bilgilerin kalıcılığı açısından fark var mıdır?” şeklinde ifade edilen üçüncü alt probleme yönelik tartışmalar yürütülmüştür. Bilgilerin kalıcılığı KİDKAT, KİDBAT ve mülakatların gecikmiş olarak yapılan uygulamasından elde edilen veriler üzerinde yapılan analizlerle belirlenmeye çalışılmıştır.

KİDBAT gecikmiş test sonuçlarına bakıldığında, deney grubu öğrencilerinin KİDBAT'ın gecikmiş test olarak uygulamasından aldıkları puanların aritmetik ortalaması 19.33 iken, kontrol grubu öğrencilerinininki 11.10 olarak hesaplanmıştır. Benzer sonuçlar, KİDKAT'ın gecikmiş test uygulamasından da elde edilmiştir. Deney grubu öğrencilerinin KİDKAT'ın gecikmiş test uygulamasından aldıkları puanların aritmetik ortalaması 53.60 iken, kontrol grubu öğrencilerinininki 30.27 olarak hesaplanmıştır. Deney grubu öğrencilerinin her iki testin gecikmiş uygulamalarından aldıkları puanların aritmetik ortalamalarının kontrol grubu öğrencilerinin puanlarından anlamlı derecede yüksek olması, materyalin kullanılmasıyla yapılan öğretimin daha kalıcı olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, istatistiksel olarak yapılan karşılaştırmalarla da ortaya konulmuştur. KİDBAT'ın gecikmiş test puanlarına göre grupları karşılaştırmak için yapılan ilişkisiz örneklem için tek faktörlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları gruplar arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık olduğunu göstermektedir ($F(1-58)= 67.526, p<.05$). Öğrencilerin KİDKAT'ın gecikmiş test uygulamasından aldıkları puanların anlamlı bir

farklılık gösterip göstermediğine bakmak için kullanılan ANOVA sonuçları da gruplar arasında gecikmiş test sonuçları bakımından deney grubu lehine anlamlı bir farklılık oluştuğunu göstermektedir ($F(1-58)= 84.507, p<.05$).

Çoklu karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında, hem deney grubunda hem de kontrol grubunda ön test ile gecikmiş test arasında gecikmiş test lehinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir ($p<.05$). Ön test ile gecikmiş test arasındaki ortalama puan farkları deney grubunda daha yüksektir. Bu sonuç deney grubu öğrencilerindeki kavramsal farklılaşma düzeyinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Kontrol grubunda son test ile gecikmiş test arasında aritmetik ortalama farkı 3.667 olup, son test lehine anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir ($p<.05$). Deney grubunda ise son test ile gecikmiş test arasında aritmetik ortalama farkı 2.133 olup, istatistiksel olarak da anlamlı bir farklılık yoktur ($p>.05$).

Öğrencilerin kimyasal dengeyle ilgili anlamalarının kalıcılığını belirlemek için KİDBAT gecikmiş test puanları ANCOVA yöntemiyle analiz edilmiş ve gruplar arasında gecikmiş test sonuçları bakımından anlamlı bir farklılığın olduğu görülmüştür [$F(1-56)=18.180, p<.05$]. Son testin kovaryans olarak tutulmasıyla gecikmiş test puanları arasında yapılan ANCOVA sonuçlarına göre düzeltilmiş gecikmiş test uygulamasından alınan puanların aritmetik ortalaması deney grubu için 16.598, kontrol grubu için ise 13.836'dır. Puanlar arasındaki istatistiksel karşılaştırma da son teste göre düzeltilmiş gecikmiş test ortalama puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir [$F(1-57)=31.646, p<.05$]. Benzer sonuçlar KİDKAT'in uygulamasından da elde edilmiştir. Öğrencilerin kimyasal dengeyle ilgili anlamalarının kalıcılığını belirlemek için KİDKAT gecikmiş test puanları ANCOVA yöntemiyle analiz edilmiş ve gruplar arasında gecikmiş test sonuçları bakımından anlamlı bir farklılığın olduğu görülmüştür [$F(1-57)= 35.930; p<.05$]. Son testin kovaryans olarak tutulmasıyla gecikmiş test puanları arasında yapılan ANCOVA sonuçlarına göre düzeltilmiş gecikmiş test uygulamasından alınan puanların aritmetik ortalaması deney grubu için 44.161, kontrol grubu için ise 39.406'dır. Puanlar arasındaki istatistiksel karşılaştırma da son test ölçeğine göre düzeltilmiş gecikmiş test ortalama puanları arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir [$F(1-57)=35.930, p<.05$]. Bu veriler, öğrencilerin gecikmiş test puanlarının kullanılan öğretim yöntemiyle ilişkili olduğunu ve dolayısıyla deney grubunda kullanılan zenginleştirilmiş öğretim materyalinin bilgilerin kalıcılığı açısından anlamlı bir etkide bulunduğunu göstermektedir.

Hem deney hem de kontrol grubunda KİDBAT ve KİDKAT'in özellikle son ve gecikmiş uygulamaları deney grubu lehine bir farklılaşmanın meydana geldiğini göstermektedir. Her iki grupta da bir öğretimin meydana gelmesi son testlerin ön testlere

oranla daha başarılı çıkması kadar, gecikmiş testlerde de son testler kadar olmasa da ön testlere göre anlamlı bir farklılığın olduğunu göstermektedir. Literatürde geleneksel öğretim yöntemlerinden farklı yöntemlerin kullanıldığı ve etkililiğine bakıldığı çalışmalar incelendiğinde, çoğunlukla alternatif yöntemlerin öğrenci başarısını artırma ve kalıcılık sağlama açısından daha başarılı olduklarını göstermektedir (Çalık, 2006; Kolomuç, 2012; Özmen, Demircioğlu ve Demircioğlu, 2009; Özsevgeç, 2007; Saka, 2006; Şahin, 2010). Özellikle 5E modeli içerisinde farklı tekniklerin entegre edildiği çalışmalarda da gerek başarı, gerekse kalıcılık açısından daha olumlu sonuçların elde edildiği de ilgili literatürden anlaşılmaktadır (Özsevgeç, 2007; Saka, 2006). Bu durum geleneksel dışındaki yöntemlerin daha başarılı sonuçlar elde edilmesinde etkili olabildiğini göstermektedir. Burada ele alınması gereken en önemli husus ise farklı materyallerin anlamlı farklılıklar oluşmasını nasıl sağladığı ve bu farklılığın gerçekçi olup olmadığıdır. Bu tür farklı materyal ve/veya yöntemlerin kullanıldığı durumlarda araştırmayı yapmanın en önemli gerekçelerinden birisi mevcut yöntemlerin yetersizliğidir. Bu nedenle mevcut yöntemlerin yetersizliklerinin iyi analiz edildiği ve bunlara yönelik önlemlerin yeterince alındığı durumlarda daha olumlu sonuç çıkması beklentisi daha yüksek olmaktadır. Ayrıca bu tür materyallerde çoğunlukla öğrenci alternatif kavramaları da dikkate alınmakta ve onlara yönelik uygulamalar da planlanmaktadır. Bu çalışmada da deney grubunda uygulanan öğretim gelenekselden oldukça farklı ve zengin bir içeriğe sahip olduğundan deney grubunda daha olumlu sonuçlar çıkmıştır. Bu bağlamda ele alınması gereken bir diğer husus da bu olumlu durumun ve farklılığın gerçekçi olup olmadığıdır. Bunu tespit etmek için de uygulamadan bir süre sonra gruplara gecikmiş test uygulamaları yapılmış ve bu uygulamalarda deney grubu öğrencilerinin kalıcılık düzeylerinin kontrol grubu öğrencilerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum gruplar arasındaki farklılığın gerçekçi olduğunun bir göstergesi kabul edilmektedir. Ayrıca her iki grup öğrencilerinin son test ve gecikmiş test puanları karşılaştırıldığında gecikmiş test puanlarının daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebeplerinden birisi son testlerin hemen uygulama sonrasında yapılması nedeniyle öğrenci bilgilerinin yeni olması, zaman geçtikçe öğrencilerin bilgilerinin bir kısmını unutmuş olmaları olabilir. Bir diğer neden de uygulama sonrasında öğrencilerin bilgilerinin tam olarak olgunlaşmamış olması, bazı bilgileri zamanla zihinlerinde yapılandırdıkça düşüncelerinin farklılaşması veya değişmesi olabilir. Bu değişimin olumlu olabileceği gibi olumsuz yönde de gerçekleşebileceği düşünülmektedir. Bu tür bulgular literatürde yapılan bazı çalışmalarda da ifade edilmektedir (Kolomuç, 2009; Şahin, 2010)

Deney grubunda son test ve gecikmiş test arasında yapılan karşılaştırmalarda anlamlı farklılığın olmaması öğrencilerin son testteki bilgi düzeylerini çoğunlukla

korudukları anlamına gelmektedir. Bu durum deney grubunda uygulanan materyalin etkisinin kontrol grubundaki öğretime oranla daha kalıcı olduğunun göstergesidir. Nitekim literatürde de hem zenginleştirilmiş 5E modelinin kalıcılığının ölçülmesini amaçlayan (Özsevgeç, 2007; Saka, 2006), hem de genel olarak farklı tekniklerin kullanıldığı ve kalıcılıktaki etkilerinin belirlenmeye çalışıldığı araştırmaların sonuçları bu verileri desteklemektedir (Artun ve Coştu, 2013; Çalık, 2006; Çalık, Okur ve Taylor, 2011; Özmen, Demircioğlu ve Demircioğlu, 2009; Özsevgeç, 2007; Saka, 2006). Literatürde yapılan araştırmalar incelendiğinde öğretim materyallerinde farklı öğretim yöntem ve tekniklerinin bir arada kullanılması tavsiye edilmektedir (İpek ve Çalık, 2008; Şahin, Çalık ve Çepni, 2009; Türk ve Çalık, 2008). Ayrıca farklı öğretim yöntem ve tekniklerinin bir arada kullanılmasının öğrencilerin kalıcı öğrenmelerinde de oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir (Bayrak ve Doğan, 2009; Randler ve Bogner, 2009).

Öğrenilen bilgilerin kalıcılığının belirlenmesi amacıyla kullanılan nicel veri toplama araçlarından elde edilen ve deney grubundaki kalıcılık oranlarının daha yüksek olduğunu belirten araştırma sonuçları, öğrenci mülakatlarından elde edilen nitel verilerle de desteklenmektedir. Mülakatlarda öğrencilerin bilgilerinin kalıcılığını tespit etmek amacıyla uygulanan iki aşamalı testlere verilen cevaplar derinlemesine araştırılmıştır. Mülakatlardan elde edilen veriler öğrencilerin sorulara doğru cevap kategorisinde verdikleri cevapların oranlarının her iki grupta da son mülakattan gecikmiş mülakata bir miktar azalma gösterdiğini belirtse de, bu azalma deney grubunda kontrol grubuna oranla daha düşüktür. Benzer şekilde öğrencilerin son mülakatlarda tespit edilen alternatif kavramlarının oranları gecikmiş mülakatlarda her iki grupta bir miktar artsa da, bu artış deney grubunda daha düşük düzeydedir. Mülakatlarda tespit edilen bu durum, diğer veri toplama araçlarından elde edilen sonuçlarla da uyumlu olup, deney grubunda yürütülen öğretimin kalıcılık açısından kontrol grubunda yürütülene göre daha etkili olduğunu göstermektedir.

Soyut kavramların olduğu, öğrenilmesi ve öğretilmesi zor olan konulardan birisi kimyasal dengedir (Özmen, 2008a). Kimyasal denge konularında birçok kavram soyut bir doğaya sahiptir ve öğrenciler bilimsel olguyu anlamak veya yorumlamak için taneciklerin davranışını zihinlerinde canlandırmaya ve uygun bir model oluşturmaya ihtiyaç duyarlar (Chittleborough, Treagust, Mamiala ve Mocerino, 2005). Zenginleştirilmiş 5E öğretim modelinin hazırlanmasında makroskobik, mikroskobik ve sembolik boyutlar dikkate alınarak simülasyon, animasyon, analogi ve kavramsal değişim metinleri ile desteklenmesi ve sınıflarda tartışma ortamının oluşturulması bilgilerin kalıcılığı ve sahip olunan alternatif kavramların azaltması açısından etkili olmuştur. Chittleborough vd. (2002) makroskobik, moleküler ve sembolik gösterimlerin öğrencilerin zihinsel modellerinin gelişimine katkı

sağladığını belirtmiştir. Kontrol grubu öğrencilerinin öğretmenin kendi yöntemleri dışında herhangi bir müdahaleye uğramaması, öğretim sırasında bilgilerin kalıcılığına yönelik etkinliklerin gerçekleştirilememesi, bu öğrencilerin bilgilerin ve kavramların kalıcılığı açısından deney grubu öğrencileri kadar başarılı olamamalarına sebep olmuştur. KİDKAT ve KİDBAT uygulamalarına ve mülakatların sonuçlarına göre ise, zenginleştirilmiş 5E modeli ile öğrenenlerin, geleneksel yöntemle öğrenenlere göre daha kalıcı bilgilere sahip oldukları saptanmıştır. Bu sonuç literatürle de uyumludur (Chang vd., 2010; Halat, 2007). Kimyasal denge kavramları makroskobik, moleküler ve sembolik seviyenin birbirleriyle doğru ilişkilendirildiği ölçüde anlaşılacaktır (Pekdağ, 2010; Sanger, Phelps ve Fienhold, 2000). Bu sebeple kimyasal denge kavramlarının öğrenciler tarafından tam ve doğru olarak anlaşılmasının sağlanması için, bu üç boyut arasındaki ilişki göz önüne alınarak simülasyon, animasyon, analogi ve kavramsal değişim metinleri gibi farklı yöntemlerin bir arada kullanılmasının etkili olacağına inanılmaktadır.

Bu çalışma, 5E öğretim modeli içerisine değişik tekniklerin entegre edilmesiyle zenginleştirilmiş bir öğretim materyalinin geliştirilmesi ve bu materyalin İran'da biyoloji bölümü birinci sınıf öğrencilerinin kimyasal denge konusundaki başarılarına ve alternatif kavramalarını giderme düzeylerine etkisini belirlemek üzere planlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Çalışmada geliştirilen materyalin pilot uygulamalar yoluyla düzenlenmesine ve eksikliklerinin giderilmesine rağmen, asıl uygulamada materyalde hala pilot uygulamada tespit edilemeyen bazı yetersizliklerin olduğu görülmüştür. Özellikle materyalin uygulandığı öğrenci grubunun pilot ve asıl uygulamalarda değişmesi, karşılaşılan sorunların ve ihtiyaçların da değişmesine yol açmaktadır. Şöyle ki, pilot uygulamada yapılan ve herhangi bir sorunla karşılaşılmayan bir etkinlik veya verilen bir örnek asıl uygulamada yeterince anlaşılabilirlikte veya yanlış anlaşılabilirlikte. Bu durumda pilot uygulamada tespit edilemeyen bir sorun asıl uygulamada uygulayıcının karşısına çıkmakta ve çözüm geliştirmek zorlaşmaktadır. Nitekim bu çalışmada da pilot uygulamada tespit edilen ve giderilen aksaklık ve eksiklikler dışında asıl uygulamada çeşitli sorunlar meydana çıkmıştır. Örneğin, pilot uygulamada özellikle analogilerin kullanımında herhangi bir sorunla karşılaşılmamışken, asıl uygulamada öğrencilerin kayak analogisini yanlış yorumladıkları fark edilmiştir. Benzer şekilde pilot uygulamada farklı tekniklerin kullanımı konusunda herhangi bir sorun yaşanmazken, asıl uygulamada aynı konuda birkaç farklı uygulama yapılmasının öğrencileri sıktığı görülmüştür. Çalışmanın uygulama sürecine yönelik belirtilmesi gereken önemli bir husus da özellikle veri toplama araçlarına yönelik yapılan pilot uygulamaların analizine yöneliktir. Pilot uygulamalarda veri toplama araçları çoğunlukla soruların anlaşılabilirliği, aracın uygulanmasının ne kadar zaman alacağı ve güçlük düzeyleri dikkate alınarak değişiklikler yapılmakta, öğrencilerin

sahip olabilecekleri alternatif kavramaların ortaya çıkarılmasına yönelik yeterli çaba harcanmamaktadır. Bu tür bir çaba çoğunlukla asıl uygulamadaki ön test uygulaması sonuçlarına göre harcanmakta, bu da yetersiz kalabilmektedir. Örneğin, çalışmada pilot uygulamada mülakat sorularına verilen cevapların detaylı analizinin yapılmış olması materyalde bazı değişikliklerin daha önceden yapılabilmesini mümkün kılabilirken, mülakat soruları çoğunlukla anlaşılabilirliklerinin test edilmesi amacıyla pilot uygulanmıştır. Bu durum materyalde önlem alınması veya uyarılarda bulunulması gereken hususların gözden kaçmasına sebep olabilmektedir. Bu çalışmada da pilot uygulama aşamasındaki veri toplama sürecinin detaylı analizinin materyali düzenlemede faydalanılmak üzere yeterince yapılamaması çalışmanın bir sınırlılığıdır. Bunun ortadan kaldırılması asıl çalışmanın ard arda farklı örneklerle iki kere tekrarlanması ile mümkün olabilir. Çünkü asıl çalışmada bütün veriler detaylı olarak incelenmekte, uygulama sürecinde karşılaşılan sorunlar çok daha detaylı ortaya konulabilmekte ve materyale yönelik düzeltme ihtiyacı daha belirgin görülebilmektedir. Şüphesiz bu çalışmada da materyal deney grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark ortaya çıkarsa da, beklenen düzeyde başarı elde edilmesi hususunda bazı yetersizliklere sahiptir. Öğrenci alternatif kavramalarının uygulama sonrasında da belli oranlarda devam etmesi bunun göstergesidir. Ancak unutulmaması gereken bir husus da öğrenmenin bireysel olduğu, öğrenenin zihninde gerçekleştiği ve araştırmacı veya uygulamacıların elinde bütün öğrencilerin en üst düzeyde öğrenmesini sağlayacak sihirli bir değnek olmadığıdır. Bu nedenle bir grupta oldukça başarılı olabilen bir materyal başka bir grupta beklenen başarıyı sağlayamayabilmektedir. Geliştirilen yeni materyallerin çoğu zaman geleneksel olarak adlandırılan mevcut öğretim anlayışlarından daha iyi sonuçların alınmasını sağlayabilmesi bu anlamda bir başarı olarak kabul edilmeli ve her materyalin daha iyiye ulaşması için düzeltilmeye, güncellenmeye ve geliştirilmeye ihtiyacının olduğu unutulmamalıdır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6. 1. Sonuçlar

Bu çalışmanın amacı farklı kavramsal değişim teknikleri ile zenginleştirilmiş 5E modelinin kimyasal denge konusunun öğretimindeki etkililiğinin belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda çalışmada üniversite birinci sınıf genel kimya dersinde yer alan kimyasal denge konusuna yönelik bir öğretim materyali geliştirilmiş ve uygulamadaki etkililiği İran örnekleme bağlamında araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular ve yapılan yorumlara dayanılarak aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

1. Araştırmadan elde edilen veriler, deney grubunda yapılan öğretimin, kontrol grubundaki öğretmen merkezli öğretim yöntemine göre; öğrencilerin kimyasal denge ünitesindeki alternatif kavramlarının giderilmesinde ve kavramsal öğrenmenin gerçekleşmesinde daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Farklı yöntem ve tekniklerin bir arada kullanıldığı zenginleştirilmiş 5E materyallerinin öğrencilerin anlamalarını ve alternatif kavramlarını gidermede etkili olduğu ve kullanılabileceği anlaşılmaktadır.
2. Kimyasal denge konusunun öğretiminde zenginleştirilmiş 5E modelinin kullanımı ile geleneksel yöntemin uygulanması arasında öğrenci başarısı açısından farklılık olduğu görülmüştür. Ayrıca uygulamalar sonunda testlere ve sorulara doğru cevap veren öğrencilerin sayısında artışın olması da kavramların öğretiminde bu tekniklerin kullanılmasının etkililiğini ortaya koymaktadır. Bu veriler öğrencilerin kavramları daha zengin içerikli uygulamalarla karşılaşılarak öğrenmelerinin başarı ve kavramsal anlamayı arttırmada etkili olduğunu göstermektedir.
3. Simülasyon ve animasyonlar yardımıyla öğrenciler kimyasal denge konusunda, yapılması ve gösterilmesi zor olan olayları ve deneyleri zihinlerinde canlandırabilmişler ve moleküler seviyede görülmez ve dokunulmaz olayların anlamını oluşturabilmişlerdir. Kimyanın soyut ve teorik içerikli kavramlarının öğretiminde moleküler düzeyde gerçekleşen olayları göstermek üzere kullanılan bilgisayar destekli uygulamalar öğrenci başarısını ve kavrama düzeyini arttırmakta etkili olmaktadır.
4. Son testlerde ve gecikmiş testlerde elde edilen veriler bilgilerin kalıcılığının deney grubu öğrencilerinde daha uzun süre sağlandığı görülmektedir. Bu durum zenginleştirilmiş içerikli materyallerin sadece başarıyı arttırmakla veya alternatif

kavramaları gidermekle kalmayıp, öğrenilen bilgilerin daha uzun süre hatırlanmasına yardımcı olduğunu da göstermektedir.

5. Zenginleştirilmiş 5E öğretim modelinin hazırlanmasında makroskobik, moleküler ve sembolik boyutlar dikkate alınmış ve simülasyon, animasyon, analogi ve kavramsal değişim metinleri ile materyal desteklenmiştir. Kontrol grubunda ise bu tür uygulamalara fazlaca yer verilmemiştir. Bunun sonucunda moleküler dünyayla ilgili bilgiler ve kavramlar deney grubu öğrencilerinde daha yüksek oranda yapılandırılabilmiştir. Bu durum kimyasal denge reaksiyonlarında moleküler boyuttaki olayları açıklamada ve zihinlerdeki modellerin oluşumunu sağlamada zengin içerikli etkinliklerin kullanışlı olduğunu göstermektedir.
6. Deney grubu öğrencileri özellikle moleküler düzeyde gerçekleşen olayları anlama konusunda kontrol grubu öğrencilerine göre daha başarılı olmuşlardır. Bunun en önemli sebebi ise deney grubunda animasyon ve simülasyonların sıkça kullanılmasıdır. Bu tür bilgisayar destekli uygulamalarla öğrenciler moleküler dünyayı daha kolay görmekte ve zihinlerinde canlandırabilmektedirler. Bu nedenle moleküler düzeydeki gösterimlerin kimyasal denge gibi soyut kimya kavramlarının öğretiminde aktif şekilde kullanımı faydalı olacaktır.
7. Çalışmada deney grubunda yapılan uygulama sonunda başarı düzeyinde ve alternatif kavramaların düzeltilmesinde istatistiksel olarak bir farklılık ortaya çıksa da, deney grubunda bazı alternatif kavramaların uygulamadan sonra da devam ettiği görülmüştür. Bu durum öğretim materyallerinin zenginleştirilmesinin de bazen öğrencilerin yeterli anlamalar gerçekleştirmelerinde etkili olamayacağını göstermektedir.
8. Öğretim materyali geliştirilmesi süreci zor ve zahmetli bir süreç olup, pilot uygulamalarla materyalin eksiklikleri giderilse de, farklı örneklemelere uygulandığında hala bazı yetersizliklerin ortaya çıktığı görülmektedir. Nitekim bu çalışmada pilot uygulama süreci etkili şekilde uygulandığı halde asıl çalışmada istenilen sonuçlara tam olarak ulaşılammıştır. Bunun en önemli nedeni öğrenmede bireysel farklılıkların olması ve uygulanan örneklemeler farklılaştığında materyallerin her örnekleme aynı şekilde hitap edememesi olabilir.
9. Çalışma sonunda deney ve kontrol grubundaki öğrencilerle yürütülen son ve gecikmiş mülakatlarda deney grubu öğrencileri sorulan sorulara daha detaylı ve net cevaplar verebilmişlerdir. Kontrol grubu öğrencilerinin cevapları ise kısa ve oldukça basit kalmıştır. Deney grubundaki öğrenciler açıklamalarını materyalde

verilen örnekler veya yapılan uygulamalara dayandırmakta ve detaylandırabilmektedir. Bu durum öğretim materyalinin öğrencilerin cevaplarını gerekçelendirmelerine olumlu katkı sağladığını göstermektedir.

10. Çalışmada KİDKAT'taki soruların birinci aşamasına ve birinci ve ikinci aşamasına birlikte doğru cevap verme oranları belirlenmiştir. Elde edilen veriler deney grubunda son testte hem birinci kısma hem de her iki kısma doğru cevap verme oranlarının kontrol grubundan yüksek olduğunu ve bu oranlar birbirine yakın olduğunda alternatif kavramaların taşınma oranının düştüğünü göstermiştir. Bu durum zengin içerikli öğretim materyallerinin iki aşamalı testlerde gerekçe kısmına da kabul edilebilir doğru cevaplar verme oranlarını arttırdığını göstermektedir.
11. Denge sabitinin derişime bağılı olmaması simülasyonlarla gösterilebilmektedir. Ancak sıcaklık ve denge sabiti arasındaki ilişki animasyon ve simülasyonlarla görülememektedir. Bu durum öğrencilerin sıcaklık denge sabiti ilişkisini anlamalarını güçleştirmiştir.

6. 2. Öneriler

Bu bölümde araştırmadan elde edilen bulgular, yorumlar ve sonuçlarına dayalı olarak, bazı önerilere yer verilmiştir.

6. 2. 1. Araştırma Sonuçlarına Dayalı Öneriler

1. Araştırma sonuçları sadece Marand Azad üniversitesi biyoloji birinci sınıf öğrencileri kapsamında ele alınmıştır. Araştırma farklı üniversitelerde, fakültelerde ve bölümlerde de uygulanarak, sonuçları karşılaştırılabilir. Zenginleştirilmiş 5E ile ilgili olarak geliştirilen materyal farklı ünite ve konular ve farklı sınıf seviyelerinde uygulanabilir.
2. Bu çalışma "Kimyasal Denge" konusu ile sınırlıdır. İleri çalışmalarda kimya dersinin başka konuları ve üniteleri için de materyal hazırlanıp öğrenciler üzerinde uygulanabilir. Bu sayede uygulama etkinliklerinin farklı konular açısından da etkililiği incelenmiş olur.
3. Animasyon, simülasyon ve analogiler öğrencilerin bilgi seviyesine uygun olmalıdır. Öğrencilerin bilgi düzeyine uygun olmayan animasyon, simülasyon ve analogiler öğrencilerin konuyu anlamasını zorlaştırabilir, kavram yanlışlarına ve kavramlar arasında yanlış ilişkilerin kurulmasına sebep olabilir.

4. Bilgisayar simülasyonları ve animasyonları öğrencilerin kimya kavramlarını zihinlerinde canlandırmalarına yardımcı olabilir. Kimya dersleri öğretilirken konu ile ilgili simülasyonlara ve animasyonlara yer verilmelidir.
5. Araştırmalarda kullanılan animasyon ve simülasyonların oynama süresi uzun ve hızı yavaş olanlar arasından seçilmesi faydalı olacaktır. Çünkü hızlı ilerleyen ve kısa süreli uygulamalar öğrenciler tarafından yeterince dikkatli izlenememekte ve içerdiği bilgi kaçırılmaktadır.
6. Öğretim materyalleri bu çalışmada kullanılanlar dışında yeni ve farklı tekniklerin eklenmesiyle daha da zenginleştirilebilirler. Çalışmada alternatif kavramaların tam olarak giderilememesi ve başarı düzeyinin de daha yükseltilebileceğinin anlaşılması bu tür bir iyileştirmeye ihtiyacı doğurabilir.
7. Araştırmacı tarafından bu çalışmada yapılan uygulamaların tanıtımına yönelik İran bağlamında lise ve ortaokul seviyesi için öğretim paket programları hazırlanıp öğretmenlere ve öğrencilere tanıtımlar yapılması faydalı olabilir.
8. Deney grubunda yapılan uygulamalarda öğrencilere verilen kavramsal değişim metinleri, analogi, animasyon ve simülasyon örneklerinin farklı konularda olması öğrencilerde kafa karışıklığına neden olmaktadır. Bu nedenle örneklerin aynı konuda verilmesi faydalı olacaktır.

6. 2. 2. İleride Yapılabilecek Araştırmalara Yönelik Öneriler

1. Bu çalışmanın yürütüldüğü İran'da bu anlamda yapılan çalışmalar çok yeni olduğundan, bu tür araştırmaların çok yoğun şekilde kimyanın diğer konularına da uyarlanması faydalı olacaktır.
2. İleri çalışmalarda deney ve kontrol gruplarında dersin sonunda grup değerlendirmesi için küçük gruplar hazırlanıp ve bu küçük gruplar içine zayıf, orta ve iyi öğrenci alınıp, grup değerlendirmesi yapılması önerilebilir. Sınavlara yönelik olarak her ders ve konu için bilgisayar değerlendirme programı hazırlanarak öğrenciler tek tek bilgisayar ortamında değerlendirilebilir.
3. Öğrencilerin anlamakta zorlandıkları ve alternatif kavramalarının bulunduğu konular tespit edilebilir ve bu konularda analogi, kavramsal değişim metinleri, animasyonlar ve simülasyonlar hazırlanabilir.
4. Bu uygulamada deney grubunda farklı yöntem ve tekniklerin bir arada kullanımı gösterilmiştir. Bunların öğrencilerin anlamalarına, alternatif kavramalarına ve kavramsal yapılarındaki farklılaşmaya etkisi araştırılmıştır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, bir grupta zenginleştirilmiş 5E yöntemi ve diğer deney

gruplarında her gruba bir yöntem veya teknik uygulanarak öğrencilerin sahip oldukları kavramsal farklılaşma ve kalıcılık detaylı araştırılabilir.

5. Araştırmacı "**Misconception in Chemistry**" adlı İngilizce bir kitabı Farsça'ya çevirmiştir. Bu kitapta öğrencilerin alternatif kavramaları açıklanmaktadır. Bu kitabın içeriğinin bir workshop uygulaması ile öğretmenlerle beraber tartışılması ve workshop'un ikinci kısmında 5E modeli ve kimya eğitiminde farklı yöntem ve tekniklerin kullanımına yönelik örneklerin yapılması sağlanabilir.

7. KAYNAKLAR

- Abell, S. K. and Volkman, M. J. (2006). *Seamless assessment in science: A guide for elementary and middle school teachers*. Heinemann, Portsmouth, NH.
- Achor, E. E., Ukwuru, J. O. (2014). An examination of the facilitative effect of the computer assisted instruction (CAI) in students' achievement in chemical reaction and equilibrium. *Education*, 4(1), 7-11.
- Akaygun, S. and Jones, L. L. (2014). Words or pictures: A comparison of written and pictorial explanations of physical and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 36(5), 783-807.
- Akkuş, H. (2000). Lise 2. sınıf öğrencilerinde kimyasal dengeyle ilgili yanlış kavramların tespiti ve giderilmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Akkuş, H. (2004). Kavramsal değişim metinlerinin kimyasal denge başarısı üzerine etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Akkuş, H., Atasoy, B., Kadayıfçı, H. and 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.
- Akpınar, E. and Ergin, Ö. (2007). The effect of interactive computer animations accompanied with experiments on grade 6th students' achievements and attitudes toward science. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 2(2), 36-41.
- Akpınar, E. ve Ergin, Ö. (2005). Yapılandırmacı kuramda fen öğretmenin rolü. *İlköğretim Online*, 4(2), 55-64.
- Alkan, M. ve Benlikaya, R. (2004, Eylül). Kimyasal reaksiyon ve denge kavramlarının anlaşılması için çarpışma teorisi gerekli mi?, VI. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresinde sunulan sözlü bildiri, İstanbul.
- Ardac, D. and Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 317-337.
- Artun, H. (2009). Difüzyon ve osmoz kavramlarına yönelik 5e modeline uygun öğretim materyalinin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Artun, H. and Costu, B. (2013). Effect of the 5E model on prospective teachers' conceptual understanding of diffusion and osmosis: A mixed method approach. *Journal of Science Education and Technology*, 22(1), 1-10.

- Aslan, A. and Demircioğlu, G. (2014). The effect of video-assisted conceptual change texts on 12th grade students' alternative conceptions: The gas concept, 5th World Conference on Educational Sciences - WCES 2013. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 3115 – 3119.
- Asoko, H. and de Boo, M. (2001). *Analogies and illustrations: Representing ideas in primary science*. Hatfield: The Association for Science Education.
- Aşkar Aktamış, H., Ergin, Ö. ve Akpınar, E. (2002, Eylül). Yapısalcı kurama örnek bir uygulama. V. *Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*, 16- 18 Eylül, Ankara ODTÜ, Eğitim Fakültesi, Bildiriler Kitabı I: 239-245.
- Atasoy, B., Akkus, H. and Kadayıfci, H. (2009). The effect of a conceptual change approach on understanding of students' chemical equilibrium concepts. *Research in Science and Technological Education*, 27(3), 267–282.
- 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(1), 61-77.
- Avcioğlu, O. (2008). Lise 2 fizik dersinde Newton yasaları konusunda 7E modelinin başarıya etkisinin araştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Ayas A., Özmen, H. ve Coştı, B. (2002). Lise öğrencilerinin buharlaşma kavramı ile ilgili anlamalarının belirlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14, 74-84.
- Ayas, A., Çepni, S. Johnson, D. Ve Turgut, M. F. (1997). *Kimya öğretimi. Öğretmen Eğitimi Dizisi*, YÖK/DB Milli Eğitimi Geliştirme Projesi Yayınları, Bilkent, Ankara.
- Bağcı Kılıç, G. (2001). Oluşturmacı fen öğretimi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri Dergisi*, 1(1), 7-22.
- Balcı, C. (2006). Conceptual change text oriented instruction to facilitate conceptual change in rate of reaction concepts. Unpublished Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Barke, Hans, D., Hazari, A and Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in chemistry. Addressing perceptions in chemical education*, Springer: Verlag Berlin.
- Bayrak, N. ve Doğan, S. (2009). Yapılandırmacı yaklaşıma uygun olarak geliştirilen ders yazılımı ve çalışma yapraklarının öğrencilerin akademik başarılarına ve kalıcılığa etkisi, *Eğitim Bilimleri ve Uygulama*, 8(15), 59- 82.
- Benson, D. L., Wittrock, M. C. and Baur, M. E. (1993). Students' preconceptions of the nature of gases. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 587-597.
- Bergquist, W. and Heikkinen, H. (1990). Student ideas regarding chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 67, 1000-1003.

- Berrak Gündüz Bahadır, E. (2012). Animasyon tekniği ve 5E öğrenme modelinin 8. sınıf “yaşamımızdaki elektrik” ünitesinin işlenmesinde akademik başarı, tutum ve eleştirel düşünme yeteneklerine etkisinin araştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Bilaloğlu, G. R. (2006). Altı yaş çocuklarına bağışıklık sisteminin analogi tekniği ile öğretiminin başarı ve kalıcılığa etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Bilgin, I. and Geban, O. (2006). The effect of cooperative learning approach based on conceptual change condition on students' understanding of chemical equilibrium concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 15, 31-46.
- Bilgin, I. and Geban, Ö. (2001). The use of analogy to remove 10th grade students' misconception related to chemical equilibrium concept. *Hacettepe University Journal of Education*, 20, 26 - 32
- Bilgin, İ. (2002). Kavramsal değişim koşullarına dayalı işbirliğine yönelik öğrenim yaklaşımının öğrencilerin kimyasal denge konusunu anlamalarına etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Bilgin, İ. (2006). Promoting pre-service elementary students' understanding of chemical equilibrium through discussion in small groups. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4(3), 467-484.
- Bilgin, İ. and Geban, Ö. (2006). The effect of cooperative learning approach based on conceptual change condition on students' understanding of chemical equilibrium concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 15, 31-46.
- Boddy, N., Watson, K. and Aubusson, P. (2003). A trial of the five es: a referent model for constructivist teaching and learning. *Research in Science Education*, 33, 27–42.
- Brown, D. E. (1993). Refocusing core intuitions: a concretizing role for analogy in conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1273-1290.
- Brown, S. (2006). What's bugging you? *Science and Children*, 43(7), 45- 49.
- Bunce, D. M. and Gabel, D. (2002). Differential effects on the achievement of males and females of teaching the particulate nature of chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 911–927.
- Burke, K. A., Greenbowe, T. J. and Windschitl, M. A. (1998). Developing and using conceptual computer animations for chemistry instruction. *Journal of Chemical Education*, 75(12), 1658–1661.
- Caramazza, A., McCloskey, M. and Green, B. (1981). Naive beliefs in sophisticated subjects: Misconceptions about trajectories of objects. *Cognition*, 9, 117-123.
- Canpolat, N. (2002). Kimyasal denge ile ilgili kavramların anlaşılmasında kavramsal değişim yaklaşımının etkinliğinin incelenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

- Canpolat, N. ve Pınarbaşı, T. (2002). Fen eğitiminde kavramsal değişim yaklaşımı: teorik temeller. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 10(1), 59-66
- Canpolat, N., Pınarbaşı, T., Bayrakceken, S. and Geban, O. (2006). The conceptual change approach to teaching chemical equilibrium. *Research in Science and Technological Education*, 24(2), 217 – 235.
- Ceylan, E. and Geban, Ö. (2009). Facilitating conceptual change in understanding state of matter and solubility concepts by using 5E learning cycle model. *Hacettepe University Journal of Education*, 36, 41-50.
- Chamberlain, J., M., Lancaster, K., Parson, R. and Perkins, K. K. (2014). How guidance affects student engagement with an interactive simulation. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 628-638.
- Chambers, S. and 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, C., Chen, T. and Hsu, W. (2010). The study on integrating WebQuest with mobile learning for environmental education. *Computers and Education*, 57, 1228–1239.
- Cheung, D. (2009). Using think-aloud protocols to investigate secondary school chemistry teachers' misconceptions about chemical equilibrium. *Chemistry Education: Research and Practice*, 10, 97–108.
- Cheung, D., Ma, H. J. and Yang, J. (2009). Teachers' misconceptions about the effects of addition of more reactants or products on chemical equilibrium. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(6), 1111-1133.
- Chi, M. T. H. and Roscoe, R. D. (2002). *The processes and challenges of conceptual change*. In M. Limon and L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 3-27.
- Chittleborough, G. D., Treagust, D. F. and Mocerino, M. (2002). *Constraints to the development of first year university chemistry students' mental models of chemical phenomena*. In *Focusing on the Student Proceedings of the 11th Annual Teaching Learning Forum*, 5-6 February 2002. Perth: Edith Cowan.
- Chittleborough, G. D., Treagust, D. F., Mamiala, T. L. and Mocerino, M. (2005). Students' perceptions of the role of models in the process of science and in the process of learning. *Research in Science and Technological Education*, 23(2), 195-212.
- Chiu, M. (2007). A national survey of students' conceptions of chemistry in Taiwan, *International Journal of Science Education*, 29(4), 421-452.
- Chiu, M. and Lin, J. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 429–464.

- Clement, C. A. (2002). Learning with analogies, cases and computers. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 127-138.
- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with student's preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1242-1257.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- Coll, R. K. (1999). Learners' mental models of chemical bonding. Unpublished Doctor of Science Education Thesis. Curtin University of Technology, Western Australia.
- Coll, R. K. and Treagust, D. F. (2001). 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., France, B. and Taylor, I. (2005). The role of models/and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27, 183-198.
- Coştu, B. ve Ünal, S. (2005). Le Chatelier prensibinin çalışma yaprakları ile öğretimi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Elektronik Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(1), 1-22.
- Coştu, B., Ayas, A., Niaz, M., Ünal, S. and Çalık, M. (2007). Facilitating conceptual change in students' understanding of boiling concept. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 524-536.
- Coştu, B., Karataş, F. Ö. ve Ayas, A. (2003). Kavram yanlışlarının giderilmesinde çalışma yapraklarının kullanılması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(2), 33-48.
- Çalık, M. (2006). Bütünleştirici öğrenme kuramına göre lise 1 çözümler konusunda materyal geliştirilmesi ve uygulanması. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Çalık, M. (2008). Facilitating students conceptual understanding of boiling using a four-step constructivist teaching method. *Research in Science & Technological Education*, 26(1), 59-74.
- Çalık, M. and 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*, 42(6), 638-667.
- Çalık, M., Ayas, A. and Coll, R. K. (2006). A constructivist-based model for the teaching of dissolution of gas in a liquid. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), Article 4,1-8.
- Çalık, M., Ayas, A. and Coll, R. K. (2009). Investigating the effectiveness of an analogy activity in improving students' conceptual change for solution chemistry concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(4), 651-676.

- Çalık, M., Ayas, A. and Coll, R. K. (2010). Investigating the effectiveness of teaching methods based on a four-step constructivist strategy. *Journal of Science Education and Technology*, 19, 32–48.
- Çalık, M., Kolomuç, A. and Karagölge, Z. (2010). The effect of conceptual change pedagogy on students' conceptions of rate of reaction. *Journal of Science Education and Technology*, 19(5), 422-433.
- Çalık, M., Okur, M. and Taylor, N. (2011). A comparison of different conceptual change pedagogies employed within the topic of "sound propagation". *Journal of Science Education and Technology*, 20, 729–742.
- Çalık, M., Ünal, S., Coştu, B. and Karataş, Ö. F. (2008). Trends in Turkishs science education. *Essay in Education*, 23, 23-45.
- Çelik, S., Şenocak, E., Bayrakçeken, S., Taşkesenligil, Y. ve Doymuş, K. (2005). Aktif öğrenme stratejileri üzerine bir derleme çalışması. *Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11, 155–185.
- Çepni, S. (2007). *Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş*, Genişletilmiş 3. Baskı, Celepler Matbaacılık, Trabzon.
- Çepni, S., Şahin, Ç. and İpek, H. (2010). Teaching floating and sinking concepts with different methods and techniques based on the 5E instructional model. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(2), Article 5, 1-39.
- Çetingül, İ. and Geban, Ö. (2011). Using conceptual change texts with analogies for misconceptions in acids and bases. *Hacettepe University Journal of Education*, 41, 112-123.
- Çokelez, A. and Dumon, A. (2005). Atom and molecule: Upper secondary school french students' representations in long-term memory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(3), 119-135.
- Dagher, Z. R. (1995). Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 259–270.
- Daşdemir, İ. ve Doymuş, K. (2012). 8. sınıf kuvvet ve hareket ünitesinde animasyon kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına, öğrenilen bilgilerin kalıcılığına ve bilimsel süreç becerilerine etkisi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 77-87.
- Demirci, N. (2003). *Bilgisayarla etkili öğretim stratejileri ve fizik öğretimi*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Demircioğlu, G., Demircioğlu, H. and Yadigaroğlu, M. (2013). An investigation of chemistry student teachers' understanding of chemical equilibrium. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, 4(2), Article 19,192-199.

- Demircioğlu, G., Özmen, H. ve Demircioğlu, H. (2004). Bütünleştirici öğrenme kuramına dayalı olarak geliştirilen etkinliklerin uygulanmasının etkililiğinin araştırılması. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 1(1), 21-34.
- Demircioğlu, H., Demircioğlu, G. ve Ayas, A. (2004). *Nötralleşme konusundaki öğrenci yanılgılarının giderilmesinde kavramsal değişim metinlerinin etkisi*. VI. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresisinde sunulan sözlü bildiri, Marmara Üniversitesi - Atatürk Eğitim Fakültesi, İstanbul.
- Diakidoy I. N., Kendeou P. and Ioannides, C. (2003). Reading about energy: the effects of text structure in science learning and conceptual change. *Contemporary Educational Psychology*, 28, 335-356.
- Dilber, R. (2006). Fizik öğretiminde analogi kullanımının ve kavramsal değişim metinlerinin kavram yanılgılarının giderilmesine ve öğrenci başarısına etkisinin araştırılması. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- DiSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10, 105-225.
- Doğan, D., Aydoğan, N., Işıkıl, Ö. ve Demirci, B. (2007). Kimya öğretmen adayları ve lise öğrencilerinin Le Chatelier prensibini kavramsal sorularla anlama düzeyleri ve yanılgılarının araştırılması. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(13), 17-32.
- Dole, J. A. (2000). Readers, texts and conceptual change learning. *Reading, Writing and Quarterly*, 16, 99-118.
- Doymus, K., Şimsek, U. and Karaçop, A. (2009). The effects of computer animations and cooperative learning methods in micro, macro and symbolic level learning of states of matter. *Eurasian Journal of Educational Research*, 36, 109-128.
- Doymuş, K. (2008). Teaching chemical equilibrium with the jigsaw technique. *Research in Science Education*, 38(2), 249-260.
- Duit, R. and Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.
- Durmus, J. and Bayraktar, S. (2010). Effects of conceptual change texts and laboratory experiments on fourth grade students' understanding of matter and change concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 19(5), 498-504.
- Duru, N. (2002). Fizik dersinde analogi kullanmanın öğrenmeye ve öğrenci başarısına etkilerinin araştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Ebenezer, J. V. (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(1), 73-92.

- Egbers, M. and Marohn, A. (2013). Conceptual change texts: A text type for changing students' conceptions. *Chemkon*, 20(3), 119 – 126.
- Ekici, F. (2007). Yapılandırmacı yaklaşıma uygun 5E öğrenme döngüsüne göre hazırlanan ders materyalinin lise 3. sınıf öğrencilerinin yükseltgenme – indirgenme tepkimeleri ve elektrokimya konularını anlamalarına etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Erdemir, A., Geban, Ö. and Uzuntiryaki, E. (2000). Freshman students' misconceptions in chemical equilibrium. *Hacettepe University Journal of Education*, 18, 79-84.
- Eshach, H. (2003). Small- group interview- based discussions about diffused shadow. *Journal of Science Education and Technology*, 12(3), 261-275.
- Fazelian, P., Naveh Ebrahim, A. and Soraghi, S. (2010). The effect of 5E instructional design model on learning and retention of sciences for middle class students. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 5, 140–143.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554.
- Ganaras, K., Dumon, A and Larcher, C. (2008). Conceptual integration of chemical equilibrium by prospective physical sciences teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 240-249.
- Ghirardi, M., Marchetti, F., Pettinari, C., Regis, A. , and Ezio Roletto, E. (2014). A teaching sequence for learning the concept of chemical equilibrium in secondary school education. *Journal of Chemical Education*, 91(1), 59–65.
- Gilbert, J. K., Osborne, J. R. and Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633.
- Glynn, S. M. and Takahashi, T. (1998). Learning from analogy-enhanced science text. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1129–1149.
- Glynn, S. M., Britton, B. K., Semrud-Clikeman, M. and Muth, K. D. (1989). *Analogical reasoning and problem solving in science textbooks*. In J. A. Glover, R. R. Ronning, & C. R. Reynolds (Eds.), *Handbook of creativity*, 383-398, NY: Plenum.
- Good, R., Wandersee, J. and St.Julien, J. (1993). *Cautionary notes on the appeal of the new 'ism' (constructivism) in science education*. In K. Tobin (Ed.), *The practice of constructivism in science education* (pp. 71-89). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Guzzetti, B. J. (2000). Learning counter-intuitive science concepts: What have we learned from over a decade of research? *Reading, Writing and Quarterly*, 16(2), 89-98.
- Gül, Ş. (2011). 5E modeline dayalı olarak hazırlanan eğlenceli ders yazılımının öğrencilerin başarılarına, tutumlarına ve kavram yanlışlarının giderilmesine etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

- Günay, B. (2005). Conceptual change text oriented instruction to facilitate conceptual change in atoms and molecules. Unpublished Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Halat, E. (2007). Views of pre-service elementary teachers on the use of webquest in mathematics teaching. *İlköğretim Online*, 6(2), 264-283.
- Halloun, I. A. and Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53, 1043–1055.
- Hanuscin, D. L. and Lee, M. H. (2007). *Using a learning cycle approach to teaching the learning cycle to pre-service elementary teachers*. Paper presented at the 2007 annual meeting of the Association for Science Teacher Education, Clearwater, FL. <http://web.missouri.edu/~hanuscind/aste20075E.pdf>, 1-12.
- Harrison, A. G. and Coll, R. K. (2008). *Using analogy in middle and secondary school science classroom- The FAR guide an interesting way to teach with analogies*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Harrison, A. G. and Jong, O. (2005). Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(10), 1135–1159.
- Harrison, A. G. and Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84, 352–381.
- Harrison, A. G. and Treagust, D. F. (2006). *Teaching and learning with analogies*, in Aubusson P., Harrison A. G. and Ritchie S. (ed.), *Metaphor and analogy in science education*, Netherlands: Springer, pp. 11–24.
- Hinton, M. E. and Nakhleh, M. B. (1999). Students' microscopic, macroscopic, and symbolic representations of chemical reactions. *The Chemical Educator*, 4, 1–29.
- Hofstein, A. and Lunetta, V. N. (2003). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Horton, C. (2007). Student alternative conceptions in chemistry. *California Journal of Science Education*, 7(2), 56-78.
- Huddle, P. A., White, M. and Rogers, F. (2000). Simulations for teaching chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 77(7), 920-926.
- Hynd, C. (2001). Persuasion and its role in meeting educational goals. *Theory into Practice*, 40(4), 270-277.
- Hynd, C. and Alvermann, D. E. (1986). The role of refutation text in overcoming difficulty with science concepts. *Journal of Reading*, 29(5), 440-446.

- İlhan, N. (2010). Kimyasal denge konusunun öğrenilmesinde yaşam temelli (context based) öğretim yaklaşımının etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- İnanç, A. E. (2010). Animasyon kullanımının ilköğretim öğrencilerinin fen ve teknoloji dersindeki akademik başarılarına ve akılda tutma düzeylerine etkisi: 6., 7. ve 8. sınıflar örneği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- İpek, H. and Çalık, M. (2008). Combining different conceptual change methods within fourstep constructivist teaching model: A sample teaching of series and paralel circuits. *International Journal of Enviromental and Science Education*, 3(3), 143-153.
- İşman, A., Baytekin, Ç., Balkan, F., Horzum, B. ve Kıyıcı, M. (2002). Fen bilgisi eğitimi ve yapısalci yaklaşım. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 1(1), 1303-6521.
- Jacobson, M. J. and Kozma, R. B. (2000). *Innovations in science and mathematics education. Advanced designs for technologies of learning*, New Jersey, London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Johnstone, A. H. (1999). The nature of chemistry. *Education in Chemistry*, 36, 45-47.
- Josephsen, J. and Kristensen, A. K. (2006). Simulation of laboratory assignments to support students' learning of introductory inorganic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(4), 266-279.
- Karaçöp, A., Doymuş, K., Doğan, A. ve Koç, Y. (2009). Öğrencilerin akademik başarılarına bilgisayar animasyonları ve jigsaw tekniğinin etkisi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29(1), 211-235.
- Karakethüdaoğlu, N. A. (2010). Kavramsal değişim yaklaşımına dayalı öğretimin kimyasal denge kavramlarını anlamaya ve tutuma etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak.
- Karasar, N. (2002). *Bilimsel araştırma yöntemi*. Ankara: Nobel.
- Karataş, F. Ö. (2003). Lise 2 kimyasal denge konusunun öğretiminde bilgisayar paket programları ile klasik yöntemlerin etkililiğinin karşılaştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Karslı, F. (2011). Fen bilgisi öğretmen adaylarının bilimsel süreç becerilerini geliştirmesinde ve kavramsal değişim sağlamasında zenginleştirilmiş laboratuar rehber materyallerinin etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Kaya, E. (2013). Argumentation practices in classroom: pre-service teachers' conceptual understanding of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 35(7), 1139-1158.

- Kayalı, H. A. ve Tarhan, L. (2004). İyonik bağlar konusunda kavram yanlışlarının giderilmesi amacıyla yapılandırmacı-aktif öğrenmeye dayalı bir rehber materyal uygulaması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 145–154.
- Kelly, R. M. and Jones, L. L. (2007). Exploring how different features of animations of sodium chloride dissolution affect students' explanations. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 413–429.
- Kelly, R. M., Phelps, A. J. and Sanger, M. J. (2004). The effects of a computer animation on students' conceptual understanding of a can-crushing demonstration at the macroscopic, microscopic, and symbolic levels. *The Chemical Educator*, 9, 184–189.
- Kelley, K. and Preacher, K. J. (2012). On effect size. *Psychological Methods*, 17, 137–152.
- Kesercioğlu, T., Yılmaz, H., Huyugüzel Çavaş, P. ve Çavaş, B. (2004). İlköğretim fen bilgisi öğretiminde analogilerin kullanımı: "Örnek uygulamalar". *Ege Eğitim Dergisi*, 5(1), 27-35.
- Kılıç, D. (2007). Analogilerle öğretim modelinin 9. sınıf öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki yanlış kavramaların giderilmesi üzerine etkisi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 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), 130–134.
- Kingir, S. and Geban, Ö. (2012). Effect of conceptual change approach on students' understanding of reaction rate concepts. *Hacettepe University Journal of Education*, 43, 306-317.
- Kirkwood, V. and Symington, D. (1996). Lecturer perceptions of student difficulties in a first-year chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 73, 339–343.
- Kolomuç, A. (2009). Kimyasal reaksiyonların hızları ünitesinin 5E modeline göre animasyon destekli öğretimi. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Kolomuc, A. (2012). The effect of worksheets and animations in alternative concepts related to the issue of solutions. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 4(2), 673-686
- Köse, S. (2004). Fen bilgisi öğretmen adaylarında fotosentez ve bitkilerde solunum konularında görülen kavram yanlışlarının giderilmesinde kavram haritalarıyla verilen kavram değişim metinlerinin etkisi. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Kotz, J. C., Vinning, W. J. and Justin Fermann, J. (2000). *Saunders interactive general chemistry*. Saunders College Publishing, Harcourt Brace and Company. United States of America.

- Kotz, J. C., Treichel, P. M. and Townsend, J. (2008). *Chemistry and chemical reactivity*. Thomson Higher Education, United States of America.
- Kousathana, M., Demerouti, M. and Tsaparlis, G. (2005). Instructional misconceptions in acid-base equilibria: An analysis from a history and philosophy of science perspective. *Science and Education*, 14, 173–193.
- Kousthana, M. and Tsaparlis, G. (2002). Students errors in solving numerical chemical equilibrium problems. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3(1), 5-17.
- Kozma, R. B. and Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949-968.
- Kozma, R., Chin, E., Russell, J. and Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 105–143.
- Köseoğlu, F. ve Erdoğan, N. M. (2006). *Sorgulayıcı-araştırma öğretim yaklaşımı öğrencilerde atomun yapısı konusunda nasıl bir kavramsal değişime yol açıyor? 7*. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresinde sunulan sözlü bildiri, Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi. Ankara.
- Kurnaz, M. A. and Çalık, M. (2008). Using different conceptual change methods embedded within 5E model: a sample teaching for heat and temperature. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 5(1), 3-10.
- Küçüküran, G. (2003). Okul öncesi fen öğretiminde bir teknik: Analoji. *Milli Eğitim Dergisi*, 157, 16-21.
- Küçükyılmaz, E. A. (2003). Fen bilgisi dersinde öğrenme halkası yaklaşımının öğrencilerin akademik başarılarına ve hatırlama düzeylerine etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Laybourne, K. (1998). *The animation book: A complete guide to animated film-making from flip-books to sound cartoons to 3-D animation*. Three Rivers Press. N.Y., U.S.A.
- Lord, T. R. (1999). A comparison between traditional and constructivist teaching in environmental science. *Journal of Environmental Education*, 30, 22–28.
- Lorenzo, M. (2005). The development, implementation and evaluation of a problem solving heuristic. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3(1), 33–58.
- Matthews, M. R. (2002). Constructivism and science education: A further appraisal. *Journal of Science Education and Technology*, 11(2), 121-134.
- Mayer, R. E. and Moreno, R. (2002). Animation as an aid to multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 14(1), 87-89.

- McMurry, J. and Fay, C. F. (2004). *Chemistry: Matter and measurement*, Forth Edition, Prentice Hall PTR, U.S.A.
- Mikkila, M. (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. *Learning and Instruction*, 11, 241–257.
- Moore, E. B., Herzog, T. A. and Perkins, K. P. (2013). Interactive simulations as implicit support for guided-inquiry. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 257-268.
- Morais, C. S. L., Paiva, J. C. and Barros, J. L. S. (2007). *Webquest improvement of the chemical equilibrium study*. Proceedings of the Sixth lasted International Conference Web-Based Education, Chamonix, France.
- Murphy, K. R. and Myers, B. (2004). *Statistical power analysis: A simple and general model for traditional and modern hypothesis tests* (2nd edition). USA: Laurance Erlbaum Associates, Inc.
- Naseriazar, A., Badrian, A. (2010). "IRAN", Vlaardingerbroek, B and Taylor, N (Eds.), *Getting Into Varsity: Comparability, Convergence and Congruence*, Chapter 11, 170-181.
- Naseriazar, A ve Özmen, H. (2011, Temmuz). *Kimyasal denge konusunun öğretmen adayları ve kimya öğretmenleri tarafından anlaşılma düzeyi ve karşılaşılan yanlışlar*. 2. Ulusal Kimya Kongresi, Atatürk Üniversitesi, 27 Haziran-2 Temmuz 2011, Erzurum.
- Naseriazar, A. and Özmen, H. (2012). *Effectiveness of simulations on university students' understanding of chemical equilibrium*, 2nd World Conference on Innovation and Computer Sciences, *AWER Procedia Information Technology Computer Science*, 2, 285-290.
- Naseriazar, A. ve Özmen, H. (2013, Eylül). *Simülasyon, animasyon ve kavramsal değişim metinlerinin kimyasal denge başarısı üzerine etkisi*. III. Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fatih Eğitim Fakültesi, 05-07 Eylül 2013, Trabzon.
- Naseriazar, A., Özmen, H. and Badrian, A. (2011). *Effectiveness of analogies on students' understanding of chemical equilibrium*, *Western Anatolia Journal of Educational Sciences (WAJES)*, Special Issue: Selected papers presented at WCNTSE, 491-498.
- Naseriazar, A., Sevinc, B., Ozmen, H. and Badrian, A. (2010). *Tablet PC-based instruction on students' understanding of chemical equilibrium: A case for Iran*. Paper presented at the International Conference on New Trends in Education and Their Implications, 11-13 November 2010, Antalya.
- Niaz, M., Aguilera, D., Maza, A. and Liendo, G. (2002). Arguments, contradictions, resistances, and conceptual change in students' understanding of atomic structure. *Science Education*, 86, 505-525.

- Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 707- 730.
- Orgill, M. and Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(1), 15-32.
- Orgill, M. and Thomas, M. (2007). Analogies and the 5E Model. *The Science Teacher*, 74(1), 40-45.
- Özdemir, I. A. and Ardac, D. (2009). *Visualization in learning about chemical equilibrium*. ESERA Conference, Contemporary Science Education Research: International Perspectives, İstanbul.
- Özen, D. (2002). Kimyasal denge konusundaki kavramların lise-II öğrencilerince anlaşılma düzeyleri ve karşılaşılan güçlükler. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Özmen, H. (2002). Kimyasal reaksiyonlar ünitesindeki kavramların öğretimine yönelik rehber materyal geliştirilmesi ve uygulanması. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Özmen, H. (2004). Fen öğretiminde öğrenme teorileri ve teknoloji destekli yapılandırmacı (constructivist) öğrenme. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 3(1), Article: 14, 100-111.
- Özmen, H. (2007). The effectiveness of conceptual change texts in remediating high school students' alternative conceptions concerning chemical equilibrium. *Asia Pacific Education Review*, 8(3), 413-425.
- Özmen, H. (2008a). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 225–233.
- Özmen, H. (2008b). The influence of computer-assisted instruction on students' conceptual understanding of chemical bonding and attitude toward chemistry: A case for Turkey. *Computers & Education*, 51, 423–438.
- Özmen, H. (2011). Effect of animation enhanced conceptual change texts on 6th grade students' understanding of the particulate nature of matter and transformation during phase changes. *Computers & Education*, 57, 1114–1126.
- Özmen, H. ve Demircioğlu, G. (2003). Asitler ve bazlar konusundaki öğrenci yanlış anlamalarının giderilmesinde kavramsal değişim metinlerinin etkisi. *Milli Eğitim Dergisi*, 159, 111-119.
- Özmen, H. ve Yıldırım, N. (2005). Çalışma yapraklarının öğrenci başarısı üzerine etkisi: asitler ve bazlar örneği. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 2(2), 125-142.

- Özmen, H., Demircioğlu, G. and Coll, R. K. (2009). A comparative study of the effects of a concept mapping enhanced laboratory experience on Turkish high school students' understanding of acid-base chemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 1-24.
- Özmen, H., Demircioğlu, H. and Demircioğlu, G. (2009). The effects of conceptual change texts accompanied with animations on overcoming 11th grade students' alternative conceptions of chemical bonding. *Computers & Education*, 52(3), 681-695.
- Özsevgeç, T. (2007). İlköğretim 5. sınıf kuvvet ve hareket ünitesine yönelik 5E modeline göre geliştirilen rehber materyallerin etkililiklerinin belirlenmesi. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Özsevgeç, T., Çepni, S. ve Özsevgeç, L. (2006, Eylül). 5E modelinin kavram yanılgılarını gidermedeki etkililiği: kuvvet-hareket örneği. 7. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, 7-9 Eylül, Ankara.
- Palmer, D. H. (2003). Investigating the relationship between refutational text and conceptual change. *Science Education*, 87(5), 663-684.
- Pekdağ, B. (2010). Alternative methods in learning chemistry: learning with animation, simulation, video and multimedia. *Journal of Turkish Science Education*, 7(2), 79 - 110.
- Pekmez Şahin, E. (2010). Using analogies to prevent misconceptions about chemical equilibrium. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(2), Article 2, 1-35.
- Pınarbaşı, T. ve Canpolat, N. (2002). Fen eğitiminde kavramsal değişim yaklaşımı-II: kavram değiştirme metinleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 10(2), 281-286.
- Piquette, J. and Heikkinen, H. W. (2005). Strategies reported used by instructors to address student alternate conceptions in chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(10), 1112-1134.
- Plass, J. L., Milne, C., Homer, B. D., Schwartz, R. N., Hayward, E. O., Jordan, T., Verkuilen, J., Ng, F., Wang, Y. and Barrientos, J. (2012). Investigating the effectiveness of computer simulations for chemistry learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(3), 394-419.
- Quílez, J. (2004). Changes in concentration and in partial pressure in chemical equilibria: students and teachers misunderstandings. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 281-300.
- Quílez-Pardo, J. and Solaz-Portoles, J. J. (1995). Students' and teachers' misapplication of Le Chatelier's principle: Implications for the teaching of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(9), 939-957.
- Randler, C. and Bogner, F. X. (2009). Efficacy of two different instructional methods involving complex ecological content. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 315- 337.

- Raviola, A. (2001). Assessing students' conceptual understanding of solubility equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 78(5), 629–631.
- Robson, C. (1998). *Real world research*. Blackwell Publishers Ltd., Oxford, UK.
- Rodriguez, R. N. (1997). Recent developments in process capability analysis. *Journal of Quality Technology*, 24(4), 176-187.
- Ronen, M. and Eliahu, M. (2000). Simulation - a bridge between theory and reality: the case of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16(1), 14-26.
- Saka, A. (2006). Fen bilgisi öğretmen adaylarının genetik konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesinde 5E modelinin etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Saka, A. ve Yılmaz, M. (2005). Bilgisayar destekli fizik öğretiminde çalışma yapraklarına dayalı materyal geliştirme ve uygulama. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 4(3), 120–131.
- Sandberg, M. and Bellamy, M. (2004). A web-based applet to teach Le Chatelier's principle. *Journal of Science Education*, 5(1), 41-42.
- Sanger, M. J. and Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 377–398.
- Sanger, M. J. and Greenbowe, T. J. (2000). Addressing student misconceptions concerning electron flow in electrolyte solutions with instruction including computer animations and conceptual change. *International Journal of Science Education*, 22, 521–537.
- Sanger, M. J., Phelps, A. J. and Fienhold, J. (2000). Using a computer animation to improve students' conceptual understanding of a can-crushing demonstration. *Journal of Chemical Education*, 77(11), 1517-1520.
- Sarıçayır, H. (2007). Kimya eğitiminde kimyasal tepkimelerde denge konusunun bilgisayar destekli ve laboratuvar temelli öğretiminin öğrencilerin kimya başarılarına, hatırlama düzeylerine ve tutumlarına etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Sarıçayır, H., Şahin, M. and Üce, M. (2006). Dynamic equilibrium explained using the computer. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(2), 130-137.
- Sepet, A., Yılmaz, A. ve Morgil, İ. (2004). Lise ikinci sınıf öğrencilerinin kimyasal denge konusundaki kavramları anlama seviyeleri ve kavram yanlışları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26, 148-154.

- Sevinç, E. (2008). 5E öğretim modelinin organik kimya laboratuvarı dersinde uygulanmasının öğrencilerin kavramsal anlamalarına, bilimsel süreç becerilerinin gelişimine ve organik kimya laboratuvarı dersine karşı tutumlarına etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Silberberg, M. S. (2007). *Principles of general chemistry*, McGraw-Hill Companies, New York.
- Sirhan, G. (2007). Learning difficulties in chemistry: An overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 2–20.
- Snir, J., Smith, C. L. and Raz, G. (2003). Linking phenomena with competing underlying models: a software tool for introducing students to the particulate model of matter. *Science Education*, 87(6), 794–830.
- Solomonidou, C. and Stavridou, H. (2001). Design and development of a computer learning environment on the basis of students' initial conceptions and learning difficulties about chemical equilibrium. *Education and Information Technologies*, 6(1), 5-27.
- Stephen, S. J. V. and Huziak-Clari, T. L. (2007). Tip-to-tail: Developing a conceptual model of magnetism with kindergartners using inquiry-based instruction. *Journal of Elementary Science Education*, 19(2), 45-58.
- Stieff, M. and Wilensky, U. (2003). Connected chemistry: Incorporating interactive simulations into the chemistry classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 12, 285-303.
- Şahin, Ç. (2010). İlköğretim 8. sınıf “kuvvet ve hareket” ünitesinde “zenginleştirilmiş 5e öğretim modeli”ne göre rehber materyaller tasarlanması, uygulanması ve değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Şahin, Ç., Çalık, M. and Çepni, S. (2009). Using different conceptual change methods embedded within 5E model: a sample teaching of liquid pressure. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 1(3), 115-125.
- Şahin, E. (2013). Kimyasal denge ünitesinin öğretiminde uygulanan okuma-yazma-uygulama yönteminin öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Şen, A. İ. (2001). Fizik öğretiminde bilgisayar destekli yeni yaklaşımlar. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(3), 61-71.
- Şendur, G. and Toprak, M. (2013). The role of conceptual change texts to improve students' understanding of alkenes. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 431-449.
- Şendur, G., Toprak, M. and Pekmez Şahin, E. (2011). An analysis of analogies used in secondary chemistry textbooks. *Procedia Computer Science*, 3, 307–311.

- Şenpolat, Y. (2005). Fen bilgisi öğretiminde analogi kullanımının öğrenci başarısına etkisinin araştırılması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Şimşek, Ü. (2007). Çözümler ve kimyasal denge konularında uygulanan jigsaw ve birlikte öğrenme tekniklerinin öğrencilerin maddenin tanecikli yapıda öğrenmeleri ve akademik başarıları üzerine etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Taber, K. S. (2000). Chemistry lessons for universities?: a review of constructivist ideas. *University Chemistry Education*, 4(2), 26-35.
- Taber, K. S. (2002). *Alternative conceptions in chemistry-prevention, diagnosis and cure: Volume I: Theoretical background*. The Royal Society of Chemistry, London.
- Taber, K. S. (2009). Progressing science education: Constructing the scientific research programme into the contingent nature of learning science. Dordrecht: Springer. Akt: Taber, K. S. (2011). Models, molecules and misconceptions: A commentary on secondary school students' misconceptions of covalent bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 8(1), 3-18.
- Taber, K. S. and Tan, K. C. (2011). The insidious nature of hard core alternative conceptions: Implications for the constructivist research programme of patterns in high school students' and pre-service teachers' thinking about ionisation energy. *International Journal of Science Education*, 33(2), 259-297.
- Talib, O., Matthews, R. and Secombe, M. (2005). Computer-animated instruction and students' conceptual change in electrochemistry: Preliminary qualitative analysis. *International Education Journal*, Special Issue, 5(5), 29-42.
- Tao, P. K. and Gunstone, R. F. (1999). Conceptual change in science through collaborative learning at the computer. *International Journal of Science Education*, 21(1), 39-57.
- Tasker, R. and Dalton, R. (2006). Research into practice: visualization of the molecular world using animations. *Chemistry Education: Research and Practice*, 7(2), 141-159.
- Taşdelen, U. (2011). *The effects of computer-based interactive conceptual change texts on 11th grade students' understanding of electrochemistry concepts and attitude toward chemistry*. Doctoral Dissertation, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, Ankara.
- Taştan, Ö., Yalçinkaya, E. and Boz, Y. (2008). Effectiveness of conceptual change text-oriented instruction on students' understanding of energy in chemical reactions. *Journal of Science Education Technology*, 17, 444-453.
- Tatlı, Z. ve Ayas, A. (2011). *Sanal kimya laboratuvarı geliştirilme süreci*. International Computer and Instructional Technologies Symposium, Fırat University, Elazığ-Turkey.

- Taylor, N. and Coll, R. (1997). The use of analogy in the teaching of solubility to preservice primary teachers. *Australian Science Teachers' Journal*, 43(4), 58-64.
- Tekdal, M. (2002). *Etkileşimli fizik simülasyonlarının geliştirilmesi ve etkin kullanılması*, V. Ulusal Fen bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresinde sunulan sözlü bildiri, 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. (2003). Remediating high school students' misconceptions concerning diffusion and osmosis through concept mapping and conceptual change text. *Research in Science & Technological Education*, 21(1), 5–16.
- Thomas, P. L. and Schwenz, R. W. (1998), College physical chemistry students' conceptions of equilibrium and fundamental thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1151-1160.
- Tien, T. L., Teichert, A. M. and Rickey, D. (2007). Effectiveness of a MORE laboratory module in prompting students to revise their molecular-level ideas about solutions. *Journal of Chemical Education*, 84, 175–181.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostics tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169.
- Treagust, D., Duit, R. and Nieswandt, M. (2000). Sources of students' difficulties in learning chemistry. *Educacio'N Qui'Mica*, 11(2), 228-235.
- Trey, L. and Khan, S. (2008). How science students can learn about unobservable phenomena using computer-based analogies. *Computer & Education*, 51(2), 519-529.
- Tsai, C. C. (1999). Overcoming junior high school student's misconceptions about microscopic views of phase change. *Journal of Science Education and Technology*, 1, 83-91.
- Türk, F. and Çalık, M. (2008). Using different conceptual change methods embedded within 5e model: a sample teaching of endothermic- exothermic reactions. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9(1), 1-10.
- Tversky, B., Bauer-Morrison, J. and Betrancourt, M. (2002). Animation: Can it facilitate? *International Journal of Human Computer Studies*, 57, 247-262.
- Tyson L., Treagust, D. F. and Bucat, R. B. (1999). The complexity of teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 76, 554-558.
- Tyson, L. M., Venville, G. J., Harrison, A. G. and Treagust, D. F. (1997). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81, 387–404.

- Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and Year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimension of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22, 447-467.
- Tytler, R. (2002). Teaching for understanding in science: constructivist/conceptual change teaching approaches. *Australian Science Teachers' Journal*, 48(4), 30-35.
- Ulusoy, F. (2011). Kimya eğitiminde model uygulamalarının ve bilgisayar destekli öğretimin öğrenme ürünlerine etkisi: 12. sınıf kimyasal bağlar örneği. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Ural Keleş, P. (2009). Kavramsal değişim metinleri, oyun ve drama ile zenginleştirilmiş 5e modelinin etkililiğinin belirlenmesi: "Canlıları sınıflandırılım" örneği. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Urhahne, D., Nick, S. and Schanze, S. (2008). The effect of three-dimensional simulations on the understanding of chemical structures and their properties. *Research in Science Education*, 39(4), 495–513.
- URL1, <http://www.youtube.com/watch?v=xFe8HtPcEB8&feature=related>, 2013 1 Temmuz 2011.
- URL2, <http://www.edocfind.com/en/swf/Chemical%20Equilibrium%20Animations-1.html> 1 Temmuz 2011.
- URL3, [http://www.yteach.co.uk/index.php/search/results/X. Chemical equilibria,1,0,4195;18134;18188,0,25,5,tn,1.html](http://www.yteach.co.uk/index.php/search/results/X. Chemical%20equilibria,1,0,4195;18134;18188,0,25,5,tn,1.html) 1 Temmuz 2011.
- URL4, <http://www.learnerstv.com/animation/animation.php?ani=120&cat=chemistry> 1 Temmuz 2011.
- URL5, <http://www.youtube.com/watch?v=zP9gEiaL4kQ> 1 Temmuz 2011.
- URL6, <http://www.youtube.com/watch?v=xFe8HtPcEB8&feature=related> 1 Temmuz 2011.
- URL7, <http://www.edocfind.com/en/swf/Chemical%20Equilibrium%20Animations-1.html>, 2013 1 Temmuz 2011.
- URL8, <http://www.youtube.com/watch?v=C5jDmG4nVV8> 1 Temmuz 2011.
- URL9, http://www.youtube.com/watch?v=DA_wiqieC5s&feature=related 1 Temmuz 2011.
- URL10, <http://www.youtube.com/watch?v=1iFXWpmQvAA&feature=related> 1 Temmuz 2011.
- URL11, <http://www.learnerstv.com/animation/animation.php?ani=120&cat=chemistry> 1 Temmuz 2011.
- URL12, <http://phet.colorado.edu/en/simulation/reversible-reactions> 1 Temmuz 2011.

- URL13, <http://yteach.com/index.php/search/results/Chemistry,1,0,3665;6785,0,25,7,tn,1.html> 1 Temmuz 2011.
- URL14, <http://phet.colorado.edu/en/simulation/reversible-reactions> 1 Temmuz 2011.
- Uysal, M. (2013). Analogilerin kimyasal denge kavramlarının anlaşılması üzerine etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Uzuntiryaki, E., Çakır, Ö. S. ve Geban, Ö. (2001, Eylül). *Kavram haritaları ve kavramsal değişim metinlerinin öğrencilerin "Asit-Bazlar" konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesine etkisi*. Yeni Bin Yılın Başında Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, Maltepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi, 7-8 Eylül, İstanbul. Bildiriler Kitabı, 281-284.
- Ültay, N. (2012). Asit ve baz konusuyla ilgili REACT stratejisine ve 5E modeline göre etkinliklerin geliştirilmesi, uygulanması ve karşılaştırılması. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Ünal, S. (2007). "Atom ve molekülleri bir arada tutan kuvvetler" konularının öğretiminde yeni bir yaklaşım: BDÖ ve KDM' nin birlikte kullanımının kavramsal değişime etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Ürey, M. and Çalık, M. (2008). Combining different conceptual change methods within 5E model: a sample teaching design of 'cell' concept and its organelles. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9(2), 1-15.
- Van Driel, J. H., de Vos, W., Verloop, N and Dekkers, H. (1998). Developing secondary students' conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 20(4), 379–392.
- Velazquez-Marcano, A., Williamson, V.M., Ashkenazi, G., Tasker, R and Williamson, K.C. (2004). The use of video demonstrations and particulate animation in general chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 13(3), 315-323.
- Vermaat, J. H., Kramers-Pals, H. and 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, Anaheim, CA, USA.
- Voska, K. W. and Heikkinen, H. W. (2000). Identification and analysis of student conceptions used to solve chemical equilibrium problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 160–176.
- Vural, N. (2005). Lise II. Sınıf kimya dersi kimyasal reaksiyonlar konusunda analogi ve modellerin kullanımı ve bunların sonuçlarının değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. and Novak, J. D. (1994). *Research on alternative conceptions in science*. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177–210). New York: Macmillan.

- Weerawardhana, A. (2006). *Teaching strategies that support student development of conceptual understanding of chemical equilibrium using visualization software*, Unpublished doctoral dissertation, University of Wollongong, NSW.
- Weerawardhana, A., Ferry, B. and Brown, C. (2006). *Use of visulation software to support understanding of chemical equilibrium: the importance of appropriate teaching strategies*. Paper presented at the Proceedings of the 23rd Annual Ascilite Conference: Who is Learning? Whose Technology, The University of Sydney.
- White, R. T. and Gunstone, R. F. (1992). *Probing Understanding*. The Falmer Press, London
- Williamson, V. M. (2011). Teaching chemistry with visualizations: what's the research evidence? *American Chemical Society*, Chapter 6, 65–81.
- Winberg, T. M. and Berg, C. A. R. (2007). Students' cognitive focus during a chemistry laboratory exercise: Effects of a computer-simulated prelab. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1108-1133.
- Wong, E. D. (1993). Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluation explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 367-380.
- Wu, H. K., Krajcik, J. S. and Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.
- Yağbasan, R. ve Gülçiçek, Ç. (2003). Fen öğretiminde kavram yanlışlarının karakteristiklerinin tanımlanması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13, 110 – 128.
- Yah, Y. D. (1998). Children's misconceptions on reproduction and implication for teaching. *Journal of Biological Education*, 33(1), 21-26.
- Yalçın, F. A. ve Akpınar, İ. A. (2010). Asit-baz konusunun öğretiminde 5E öğrenme modelinin farklı öğrenme stillerine sahip öğrencilerin akademik başarılarına etkisi. *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-17.
- Yalçın, A. F. and Bayrakçeken, S. (2010). The effect of 5E learning model on pre-service science teachers' achievement of acids-bases subject. *International Online Journal of Educational Sciences*, 2(2), 508-531.
- Yang, E., Andre, T., Greenbowe, T. J. and Tibell, L. (2003). Spatial ability and the impact of isualization/animation on learning electrochemistry. *International Journal of Science Education*, 25(3), 329-349.
- Yeziarski, E. J. and Birk, J. B. (2006). Misconceptions about the particulate nature of matter: Using animations to close the gender gap. *Journal of Chemical Education*, 83(6), 954-960.

- Yıldırım, A. (2000). Kimyasal denge konusundaki kavramların lise II öğrencilerince anlaşılma düzeyi ve karşılaşılan yanlışlar. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (3. Baskı). Ankara: Sözkese Matbaacılık.
- Yıldırım, N. (2009). Kimyasal denge konusuyla ilgili materyal geliştirilmesi, uygulanması ve sonuçlarının değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Yıldırım, N., Bak, Z. ve Ayas, A. (2007, Eylül). Kimyasal denge konusundaki kavram yanlışlarına yönelik gelişimsel bir çalışma, 16. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresinde sunulan sözlü bildiri, 5-7 Eylül, Tokat.
- Yıldırım, N., Kurt, S. and Ayas, A. (2011). The effect of the worksheets on students' achievement in chemical equilibrium. *Journal of Turkish Science Education*, 8(3), 44-58.
- Yıldırım, N., Şengün, Y., Ceng, Z. and Ayas, A. (2010). Evaluating the effect of teaching chemical equilibrium based on analogy and laboratory on students achievement. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 537-541.
- Yıldız, E. (2008). 5E modelinin kullanıldığı kavramsal değişime dayalı öğretimde üst bilişin etkileri: 7. sınıf kuvvet ve hareket ünitesine yönelik bir uygulama. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Yin, R. K. (1994). *Case study research: Design and methods* (2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Yip, D. Y. (2001). Promoting the development of a conceptual change model of science instruction in prospective secondary biology teachers. *International Journal of Science Education*, 23, 755-770.
- Yip, D. Y. (2004). Questioning skills for conceptual change in science instruction. *Journal of Biological Education*, 2, 76-83.
- Zkilavuz, Y. (2005). The effects of 5E learning cycle model based on constructivist theory on tenth grade students' understanding of acid-base concepts. Published Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Zumdahl, S. S and Zumdahl, S. A. (2011). *Chemistry*. Seventh Edition, Houghton Mifflin Company, U.S.A.

8. EKLER

Ek 1. İzin Belgesi

شماره: ۹۹/۰۸/۱۰

تاریخ: ۱۳۳

پوست: --



دانشگاه آزاد اسلامی

تبریز

واحد مرند

سلام علیکم

بدینوسیله گواهی می شود آقای اکبر ناصری آذر طرح پژوهشی با عنوان " بررسی اثربخشی فعالیت های آزمایشگاهی مبتنی بر نرم افزار های چند رسانه و رویکرد تغییر مفاهیم در آموزش مفاهیم شیمی عمومی " را از سال تحصیلی ۱۳۹۰/۹۱ به مدت ۱۲ ماه در دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرند برگزار نموده است .

معاونت پژوهش

دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرند

دکتر محبوبه حاج رحمانلو

نشانی: - تبریز - مرند - میدان دانشگاه - دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرند - صندوق پستی

۵۳۱۸۹۱۳۵۷۱ - کد پستی ۵۳۱۳۵/۱۳۱

تلفن ۰۲۱۲ ۲۳۳۷۷۷۲

تلفن ۰۲۱۲ ۲۳۲۵۵۵

Bu vesile ile Sayın **Öğretmen Akar, Merve** İslam **Üniversitesi**nde 2011 ve 2012 öğretim-
öğretim yılında bir proje 12 ay süresinde Genel Kimya dersinde yeni yöntem ve metotları (Analoji,
Simülasyon, Animasyon ve Kavramal Değişim Metinleri) etkisiyle ilgili bir araştırma yapmıştır.

Proje Adı: FARKLI KAVRAMSAL DEĞİŞİM TEKNİKLERİ İLE İZENGİLİŞTİRİLMİŞ ÖĞRETİM MATERYALİNİN KİMYASAL DENGESİ
KONUSUNUN ÖĞRETİMİNDEKİ ETKİNLİĞİ

Ek 1'in devamı



باسمه تعالی

تاریخ: ۹۳/۱۱/۱۶

شماره: ۲۷

پوست: —

کد: ۲۲۹۵۲۷۰۶

وزارت آموزش و پرورش

اداره کل آموزش و پرورش استان آذربایجان شرقی

اداره آموزش و پرورش شهرستان مرند

شهرستان غیر انتفاعی پسرانه نصر

به: اداره آموزش و پرورش مرند

موضوع: برگزاری طرح پژوهشی

سلام علیکم

بدینوسیله گواهی می شود آقای اکبر ناصری آذر طرح پژوهشی با عنوان "اثر بخشی استفاده از شیوه های نوین آموزشی (آنالوژی، شبیه سازی، انیمیشن و متون تغییر مفاهیم) در یادگیری مفاهیم تعادل های شیمیایی" را در جریان نیمسال اول سال تحصیلی ۱۳۹۰/۹۱ به مدت دو ماه در کلاس های پیش دانشگاهی ریاضی فیزیک و علوم تجربی مرکز پیش دانشگاهی غیر انتفاعی پسرانه نصر مرند برگزار نموده است.

مدیر مرکز پیش دانشگاهی نصر

احمد پور ذوالفقار

Bu vesile ile Sayın Akber Naseri Azar, Marand İslam Azad Üniversitesinde 2011 ve 2012 eğitim-öğretim yılında bir proje 12 ay sürecinde Genel Kimya dersinde yeni yöntem ve metotların(Analoji, Simülasyon, Animasyon ve Kavramsal Değişim Metinler) etkisiyle ilgili bir araştırma yapmıştır.

Proje isimi; FARKLI KAVRAMSAL DEĞİŞİM TEKNİKLERİ İLE
ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ ÖĞRETİM MATERYALİNİN KİMYASAL DENGE
KONUSUNUN ÖĞRETİMİNDEKİ ETKİLİLİĞİ

Ek 2. Kimyasal Denge Kavramsal Anlama Testi (KİDKAT)

KİMYASAL DENGE KAVRAMSAL ANLAMA TESTİ (KİDKAT)

Sınıfı:

Numarası:

Adı

Soyadı:

Aşağıdaki test Kimyasal Denge konusu ile ilgili iki aşamalı bir testtir. Testteki her bir sorunun ilk kısmı, içinde doğru cevabın bulunduğu 3 seçenekten oluşmaktadır. İkinci kısım ise ilk kısımda verdiğiniz cevabın nedeni olabilecek 4 seçenekten oluşmaktadır. Bu test bir araştırma kapsamında kullanılacaktır ve herhangi bir değerlendirme amacı taşımamaktadır. Her bir soruyu dikkatle okuyunuz ve size en doğru gelen seçeneği işaretleyiniz. Katkılarınız için teşekkür ederim.

1) $A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g) + D(g)$ tepkimesi $25^{\circ}C$ 'de dengededir. Dengedeki sisteme sabit sıcaklıkta C ekleniyor, denge sabiti için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

a) Artar

b) Azalır

c) Değişmez

Sebep;

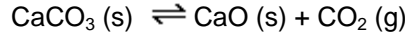
1) İleri reaksiyonun azalır, geri reaksiyonun artar.

2) Geri reaksiyonun artar, ileri reaksiyonun sabit kalır.

3) Sabit sıcaklıkta, ürünlerin konsantrasyonları ve reaktantların konsantrasyonları oranı sabittir.

4) Ürünlerin konsantrasyonu artar.

2) Kireçtaşı aşağıdaki gibi sönmemiş kireç ve karbondioksit ayrışır.



Denge karışımında bir miktar $CaCO_3$ katısı uzaklaştırılırsa denge durumu hakkında ne söylenebilir?

a) Kayma reaktantlara doğrudur?

b) Denge kayması olmaz

c) Tahmin edilemez

Sebep;

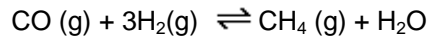
1) Sistemde $CaCO_3$ miktarı artar ve yeni denge kurulur.

2) $CaCO_3$ katı olduğu için uzaklaştırılması, dengeye etki etmez.

3) Le Chatelier's prensibine göre CO_2 ve CaO daha fazla $CaCO_3$ oluşturmak için tepkimeye girerler.

4) Uzaklaştırılan katı $CaCO_3$ miktarı bilinmiyor.

3) Karbon monoksit ve hidrojen aşağıdaki denkleme göre tepkimeye giriyor;



$800 K$ 'de $0.02 M CO$ ve $0.03 M H_2$ bir kabın içine konuluyor ve dengeye gelmesi bekleniyor. Dengede ileri ve geri reaksiyon oranı hakkında ne söyleyebiliriz?

a) Hızlar eşittir.

b) İleri reaksiyonun hızı geri reaksiyondan büyüktür.

c) Geri reaksiyonun hızı ileri reaksiyondan büyüktür.

Sebep;

1) Geri reaksiyon başlamadan önce ileri reaksiyon tamamlanır.

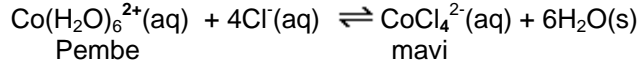
2) Sistem dengeye ulaştığında ileri ve geri reaksiyonun oranları eşittir.

3) Zaman geçtikçe ürünlerin konsantrasyonu artar.

4) Başlangıçta girenlerin konsantrasyonu ürünlerin konsantrasyonundan büyüktür.

Ek 2'nin devamı

4) Aşağıdaki denge reaksiyonunun denge konumunda mavi renkte olduğunu düşünün.



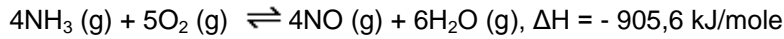
Sisteme su katıldığında ne gözlenir?

- a) Çözelti pembe olur b) Çözelti daha mavileşir. c) Çözelti değişmez.

Sebebi;

- 1) Sistemdeki mevcut su miktarındaki artış daha fazla $\text{Co(H}_2\text{O)}_6^{2+}$ oluşturur. 2) Sıvılar K ifadesinde yer almaz ve ürünlerin girenlere oranı değişmez.
- 3) İleri reaksiyonun mol oranı geri reaksiyondan yüksektir. 4) Ürünlerin konsantrasyonu girenlerin konsantrasyonu göre (**Q**) artar ve daha fazla $\text{Co(H}_2\text{O)}_6^{2+}$ oluşur.

5) Nitrik asit sentezi için Ostwald sürecinin ilk adımında amonyak yükseltgenerek azot monokside dönüşüyor:



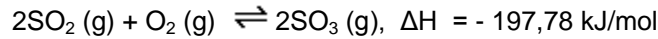
Denge sabiti sıcaklıkla nasıl bir değişim gösterir?

- a) Artar b) Azalır c) Aynı kalır

Sebebi;

- 1) K_{eq} 'nin sayısal değeri sıcaklık arttıkça daima artar. 2) Reaksiyon ekzotermik olduğu için ürünlerin konsantrasyonu artar.
- 3) Sıcaklık artışı ile denge sola kayar. 4) Reaksiyonun ekzotermik ya da endotermik olması K_{eq} 'u etkilemez.

6) Aşağıdaki reaksiyonda kükürt dioksit ve oksijenin tepkime vermesi sonucunda kükürt tri oksit oluşur:



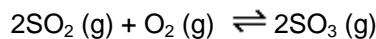
Sisteme katalizör eklendiğinde geri reaksiyon hızı ile ileri reaksiyon hızı karşılaştırıldığında ne söyleyebiliriz?

- Yükselir (a) b) Düşer c) Aynı kalır

Sebebi;

- 1) Katalizör girenlerin parçacıkları arasındaki çarpışmayı artırır ve daha fazla ürün oluşur. 2) Katalizör ileri ve geri reaksiyonların aktivasyon enerjisini aynı miktarda düşürür.
- 3) Katalizör ileri ve geri reaksiyon oranlarını farklı bir şekilde etkiler. 4) Daha fazla ürün üretildiği için geri reaksiyon hızlanır.

7) Kükürt dioksit gazı, oksijen gazı ve kükürt tri oksit arasındaki denge aşağıdaki gibidir:



Reaksiyon 0.02 M SO_2 , 0.01 M O_2 ve 0.00 M SO_3 ile başladığında ve sabit sıcaklıkta dengeye ulaştığında, SO_2 ve O_2 gazlarının denge konsantrasyonları hakkında ne diyebiliriz?

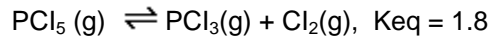
- Azalır (a) b) Sıfır olur c) Değişmeden kalır

Ek 2'nin devamı

Sebep;

- | | |
|---|---|
| 1) Girenlerin hepsi bitene kadar denge reaksiyonu devam eder. | 2) Konsantrasyonlar sabittir çünkü dengede reaksiyon oluşmaz. |
| 3) Zaman geçtikçe SO ₂ ve O ₂ harcanır, konsantrasyonları azalır. | 4) Başlangıçta SO ₃ olmadığı için, sistem dengeye ulaşmaz. |

8) 0.30 mol PCl₅'in 1000 mL'lik bir reaksiyon kabına konularak ayrışma ürünleri ile dengeye ulaştığını kabul ediniz. 250 °C da fosfor tri klorür ve klorür aşağıdaki reaksiyonu verir.



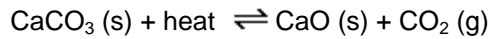
Dengede PCl₃ ve Cl₂ konsantrasyonları için ne söyleyebiliriz?

- a) 0.30 M dan yüksek b) 0.30 M dan düşük c) 0.30 M a eşit

Sebep;

- | | |
|--|---|
| 1) Reaksiyon karışımı içindeki tüm türlerin konsantrasyonu dengede eşittir. | 2) Tüm fosfor penta klorürler ürüne dönüşür. |
| 3) Fosfor penta klorürün %100'ü ayrışmayacağı için fosfor tri klorür ve klorür üretilir. | 4) Çünkü ürünlerin toplam mol sayısı girenlerinkinden büyüktür. |

9) Kalsiyum karbonat aşağıdaki denklemi göre kalsiyum oksit ve karbon dioksit ayrışır.



Kapalı bir kapta sistem dengeye ulaştıktan sonra denge karışımına ekstra katı CaCO₃ ekleniyor. İlaveden sonra karbondioksit konsantrasyonu ne olur?

- a) Artar b) Azalır c) Değişmeden kalır

Sebep;

- | | |
|--|---|
| 1) Dengedeki CaCO ₃ miktarındaki artış daha fazla iyonun üretilmesine sebep olur. | 2) CaCO ₃ girenlerin yanına eklendiği için denge ürünlere doğru kayar. |
| 3) CaCO ₃ reaktantların yanına eklendiğinde denge girenler yönüne kayar. | 4) Belli hacim ve yoğunluktaki saf katıların konsantrasyonları sabittir. |

10) Aşağıdaki reaksiyona göre karbon monoksit oksijenle reaksiyonu sonucu CO₂ oluşur.



Kapalı bir kapta denge karışımında [CO]= 0.30 M, [O₂]= 0.20 M ve [CO₂]= 0.25 M'dir. Denge karışımına katalizör eklendiğinde CO₂' nin konsantrasyonu ne olur?

- a) 0.25'ten yukarı olur b) 0.25'ten aşağı olur c) 0.25 e eşit olur

Sebep;

- | | |
|--|--|
| 1) Katalizör ileri reaksiyonu hızlandırır, girenlerin tanecikleri arasındaki çarpışma artar ve daha fazla ürün oluşur. | 2) Katalizör hem girenlerin hem de ürünlerin miktarını artırır. |
| 3) Reaksiyon karışımında denge üzerine, katalizörün etkisi yoktur. | 4) Katalizör aktivasyon enerjisini düşürdüğü için, daha fazla giren ürüne dönüşür. |

Ek 2'nin devamı

15) Aşağıdaki denge sistemini göz önüne alınız



Sabit sıcaklıkta hacmin artırılması sonucunda, HBr in derişimi nasıl bir değişim gösterir.

- a) HBr derişimi artar b) HBr derişimi azalır c) HBr derişimi değişmez

Sebeþ;

- 1) Olana kadar tepkime ürünlerin derişimini artıracak yönde daha hızlı ilerlemelidir (Q = Kd).
2) Yeni denge sisteminde her iki gazdan da fazla var denge sabiti değişmez.
3) Denge hâlindeki bir sistemde kabın hacim artarsa denge bozulur ve denge sabiti değişmez.
4) Tepkime girenlerin derişimini artıracak yönde daha hızlı ilerlemelidir (Q = Kd).

16) Aşağıdaki tepkimede amonyum hidrojen sülfürün bozunması dengedir



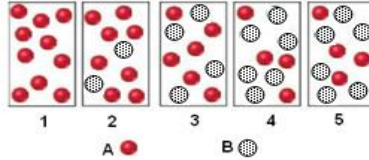
1 L hacmindeki bir kaptta 1 mol NH₃ ve 1 mol H₂S dengede bulunmaktadır. Denge halindeki bu sisteme, 0,1 mol daha H₂S eklerseniz, denge sisteminde ne değişim olur?

- a) $K_c > Q_c$ b) $Q_c > K_c$ c) $Q_c = K_c$

Sebeþ;

- 1) Denge sağa kayar. 2) Denge kesri (Q) hacme bağlı değildir ve denge sola kayar.
3) Denge sola kayar. 4) Dengenin kayması teþhis edilemez

17) Aşağıdaki gösterim A \rightarrow B şeklindeki beş farklı tepkimenin durumunu temsil etmektedir. Gri küreler A moleküllerini ve beyaz küreler B moleküllerini simgeler. Şekiller solda sağa sistemin değişimini zamanla göstermektedir. Aşağıdaki şekillerde A ve B arasında sistemin dengeye ulaşıp ulaşmayacağı hakkında ne söylenebilir?

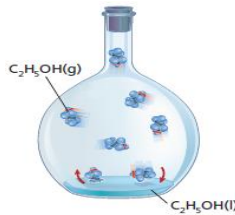


- a) Şekillerde sistem soldan sağa dengeye ulaşmaktadır. b) Şekillerde sistem sağdan sola dengeye ulaşmaktadır. c) Şekiller tek yönlü olayları göstermektedir.

Sebeþ;

- 1) Denge tepkimesinde, ürün ve tepken miktarları eşit olur.
2) Denge tepkimesinde, tepkimeye girenlerin ve ürünlerin miktarları zamanla değişmez.
3) Denge tepkimesinde, girenlerin derişimlerinin oranı ürünlerin derişimlerine göre sabit miktardadır.
4) Girenler ve ürünler sistemden dışarıya çıkırılabilir.

18) Aşağıdaki tepkime homojen mi, heterojen midir? $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(l)} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{OH(g)}$



- a) Üç fazlı heterojen denge b) Homojen denge c) İki fazlı heterojen denge

Ek 2'nin devamı

Sebep;

- 1) Homojen dengede tepkimede yer alan maddelerin hepsi aynı fazda olur. 2) Heterojen dengede giren ve çıkan maddeler farklı fazda olur.
3) Homojen dengede, giren maddelerin hepsi aynı fazda olduğu göstermektedir. 4) Heterojen dengede, giren ve çıkan maddelerin üç fazda olduğunu göstermektedir.

19) $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ tepkimesine göre belirli sıcaklıkta 2 L'lik bir tepkime kabında 1 mol H_2 , 1 mol N_2 ve 1 mol NH_3 bulunmaktadır. Dengeye ulaştığında 1 mol NH_3 'ün X molünün ayrıştığı gözlenmiştir. Buna göre dengedeki N_2 derişimini hesaplayınız.

- a) $0.5+0.25x$ b) $1+0.5x$ c) $0.5+0.5x$

Sebep;

- 1) Denge sola kayar 2) Denge sağa kayar
3) İleri reaksiyon hızı azalır 4) Geri reaksiyon hızı artar

20) Bir kimyasal dengede $K_{eq} < 1$ ne anlama gelmektedir?

- a) İleri reaksiyonun hızı geri reaksiyon hızından büyüktür. b) İleri reaksiyonun hızı geri reaksiyon hızıyla eşittir. c) Geri reaksiyonun hızı ileri reaksiyon hızından büyüktür.

Sebep;

- 1) Denge, ürünlerin miktarı tepkenlerden fazladır 2) K_{eq} , yani ürünlerin miktarı fazladır
3) Denge sola yani tepkenler yönüne kayar 4) Denge sabiti reaksiyon hızını göstermektedir

CEVAP ANAHTARI:

Soru	Cevap	Soru	Cevap	Soru	Cevap	Soru	Cevap
1.	c-3	6.	c-2	11.	c-2	16.	b-3
2.	b-2	7.	a-3	12.	c-3	17.	a-3
3.	a-2	8.	b-3	13.	a-2	18.	c-2
4.	a-4	9.	c-4	14.	b-3	19.	a-1
5.	b-3	10.	c-3	15.	a-1	20.	b-3

Ek 3. Kimyasal Denge Başarı Testi (KİDBAT)

KİMYASAL DENGE BAŞARI TESTİ (KİDBAT)

Sınıfı:

Numarası:

Adı

Soyadı:

Sevgili öğrenciler, bu test sizin kimyasal denge konusu kapsamındaki kavramları öğrenme düzeylerinizi ölçmek ve değerlendirmek amacıyla hazırlanmıştır. Testte yer alan soruların doğru olarak düşündüğünüz cevabını, testin arkasında bulunan cevap kâğıdına kodlayınız.

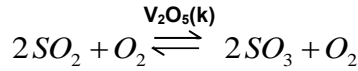
1) Aşağıdaki örneklerden hangisi çift yönlü reaksiyon olabilir?

- a) Oksijen gazının suda çözünmesi
b) Yemek pişirme
c) Meyvenin yetiştirilmesi
d) Metan gazı ve oksijenin yanma reaksiyonu

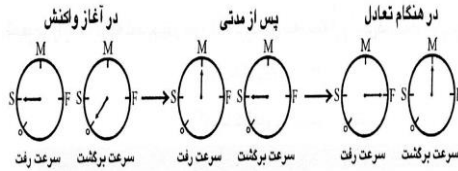
2) Aşağıdaki tepkimelerden hangisi fiziksel denge olabilir?

- a) $H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$
b) $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$
c) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$
d) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

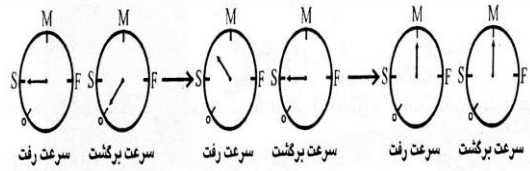
3) 2 mol SO_2 gazı ve 1 mol O_2 gazı bir kapalı reaksiyon kabına konuluyor. Daha sonra sabit sıcaklık ve basınçta reaksiyonun dengeye gelmesi bekleniyor. Aşağıdaki hızölçerlerden hangisi sistem dengeye geldiğinde reaksiyonun durumunu doğru göstermektedir? (Başlangıç, başlangıçtan sonra ve dengedeki durum)



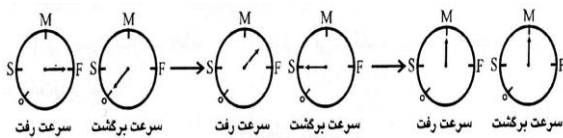
a)



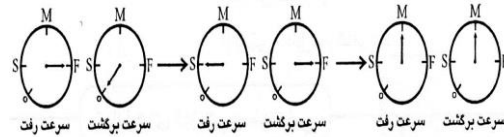
b)



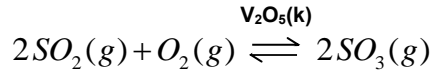
c)



d)



4) Aşağıdaki kimyasal tepkime birkimyasal dengedir ve birkatalizörlü tepkimeye göstermektedir.



- a) Homojen, Heterojen
b) Homojen, Homojen
c) Heterojen, Homojen
d) Heterojen, Heterojen

5) Kimyasal denge kapalı bir sistemde ve sabit sıcaklıkta, ileri ve geri yöndeki tepkime hızlarının birbirine olduğu, ürün ve tepken derişimlerinin zamanla durumu ifade eder ve... özellikler değişmez

- a) eşit, sabit, mikroskobik
b) eşit, eşit, mikroskobik
c) eşit, sabit, makroskobik
d) eşit, eşit, makroskobik

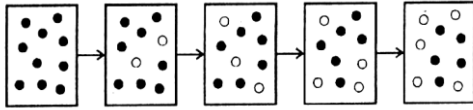
Ek 3'ün devamı

6) Aşağıdaki ifadelerin hangisi dengedeki bir tepkimede doğru olabilir?

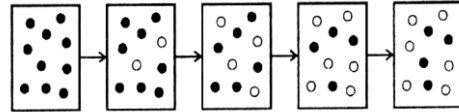
- a) Reaktantların ve ürünlerin derişimleri eşit kalır
 b) İleri tepkime hızı geri tepkime hızına eşittir
 c) Girenlerin ve ürünlerin mol sayıları eşittir
 d) Girenlerin ve ürünlerin molekül sayıları eşittir

7) Aşağıdaki gösterim $A \rightleftharpoons B$ şeklindeki bir tepkimenin durumunu temsil etmektedir. Gri küreler A moleküllerinin ve beyaz küreler B moleküllerinin simgeleridir. Şekiller soldan sağa sistemin değişimini zamanla göstermektedir. Aşağıdaki gösterimlerden hangisi dengedeki sistemi en iyi gösterebilir?

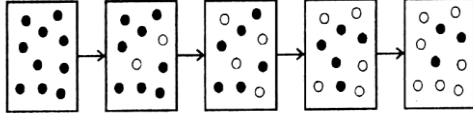
a)



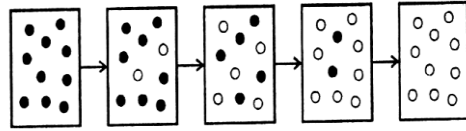
b)



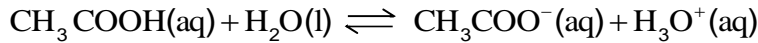
c)



d)



8)



bir dengeyi göstermektedir. Tepkimenin denge bağıntısı aşağıdakilerden hangisidir?

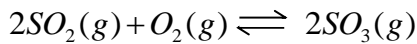
- a) Heterojen,
$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}_2\text{O}]}$$

 b) Heterojen,
$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

 c) Homojen,
$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}_2\text{O}]}$$

 d) Homojen,
$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

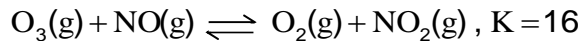
9)



Verilen denge reaksiyonu için 127 °C sıcaklıkta denge sabiti $K_d = 810$ ise, aşağıdakilerden hangisi doğru olmaz?

- a) İleri reaksiyonun yürümesi iyidir
 b) Ürünlerin derişimi tepkenlerden fazladır
 c) Denge sağa kayar.
 d) İleriye doğru olan tepkimenin hemen hemen tam olarak gerçekleştiğini gösterir.

10)

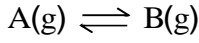


Tepkimesinin denge sabiti belli bir sıcaklıkta ve kapalı kaptaki 16'dır. Aşağıdaki cümlelerden hangisi doğru olur?

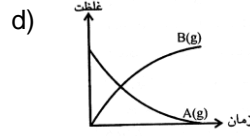
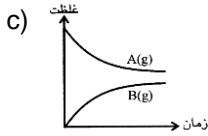
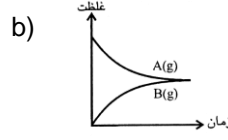
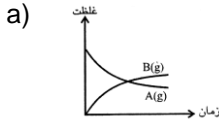
- a) Sabit sıcaklıkta tepkime kabının hacmi büyütüldüğünde, denge sağa kayar.
 b) Denge sabitinin değerine göre bu reaksiyon tek yönde ilerleyerek reaktiflerden biri ya da tamamı tükenince sona ermektedir.
 c) Denge sabiti büyük olduğu için, tepkime fazla hızla dengeye kayar.
 d) Ürünlerin derişimlerinin çarpımı tepkenlerin derişimine göre büyüktür.

Ek 3'ün devamı

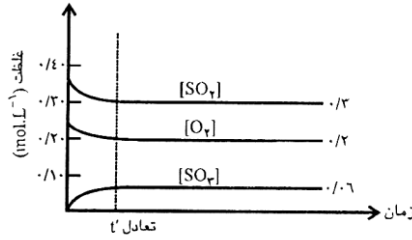
11)



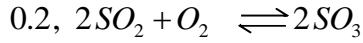
reaksiyonu denge halindedir ve denge ürünler lehinedir. Aşağıdaki şekillerden hangisi kimyasal tepkimenin derişim - zaman grafiğini doğru göstermektedir?



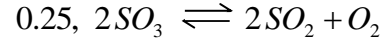
12) Aşağıdaki kimyasal tepkimenin derişim-zaman grafiğine göre, bu şekil hangi tepkimeyle ilgilidir ve denge sabiti kaçtır?



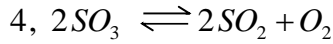
a)



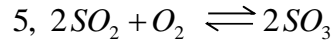
b)



c)



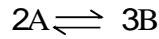
d)



13) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ tepkimesi dengede iken sabit sıcaklıkta, 1 L'lik bir kaptta 1.7 g NH_3 , 14 g N_2 ve 4g H_2 vardır. Denge sabiti için aşağıdakilerden hangisi doğrudur? (H=1, N=14).

a) 2.5×10^{-3} b) 1.5×10^{-2} c) 2×10^2 d) 4×10^2

14)



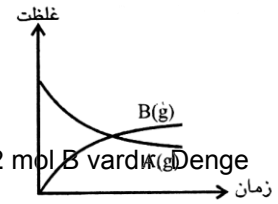
tepkimesi dengede iken sabit sıcaklıkta, 2 L'lik bir kaptta 0.4 mol A ve 1.2 mol B vardır. Denge sabiti aşağıdakilerden hangisidir?

a) 2.4

b) 4.2

c) 4.5

d) 5.4



15)

$2CO + O_2 \rightleftharpoons 2CO_2$; $K = 4 \times 10^{30}$ tepkimesine göre $127^\circ C$ 'ta 1L'lik kap içinde CO_2 0,2 M O_2 ve 10^{-5} M CO ile dengededir. Bu sıcaklıkta denge sabiti 4×10^{30} dur. CO_2 nin derişimi ne olur?

a) 2×10^{12} Mb) 1×10^{17} Mc) 2×10^{20} Md) 1×10^{22} M

Ek 3'ün devamı

16) Denge kesri (Q) ve denge sabiti (K) ile ilgili aşağıdaki cümlelerden hangisi yanlıştır?

- a) Denge kesri, denge sabiti ile aynıdır. b) Denge kesrinde, girenlerin ve ürünlerin dengedeki derişimlerinin yazılması gerekmez.
 c) Eğer denge kesrinde denge derişimleri yazılrsa, denge kesri denge sabitiyle eşit olur. d) Q, K'nın özel şeklidir ve özel durumda Q ve K eşit olur.

17) Bir iki yönlü reaksiyonda, eğer denge kesrinin (Q) miktarı denge sabitinden (K) büyük olursa, tepkime dengeye gelene kadar ileri ve geri reaksiyonda nelerin değişmesi gerekir?

- a) Soldan sağa doğru (ileri yönlü) net bir değişme meydana gelir ve $Q = K$ olur. b) Sağdan sola doğru (zıt yönde) net bir değişme meydana gelir ve $Q = K$ olur.
 c) Soldan sağa doğru (ileri yönlü) net bir değişme meydana gelir ve $Q < K$ olur. d) Sağdan sola doğru (zıt yönde) net bir değişme meydana gelir ve $Q < K$ olur.

18)

$\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$ tepkimesi için 820°C sıcaklıkta denge sabiti $K=10^{-2}$ 'dir. Bu sıcaklıkta 1L kaptaki 100 mol CaCO_3 ve 50 mol CO_2 bulunduğuna göre tepkimenin durumu ile ilgili ne söylenebilir?

- a) Girenlerin ve ürünlerin derişimi eşittir. b) İleri tepkime hızının geri tepkime hızına eşit olduğunu ve kimyasal dengeye ulaşıldığını gösterir.
 c) İleri tepkimenin hızının geri tepkimedenden büyük olduğunu gösterir. d) Geri tepkimenin hızının ileri tepkimedenden büyük olduğunu gösterir.

19) $\text{C(k)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$

Yukarıdaki denge reaksiyonunda, sıcaklık değiştirilmeden basınçta bir düşme sağlanırsa aşağıdakilerden hangisi doğru olur?

- a) Hacim artacağından daha fazla gaz ürün oluşturmak üzere denge sağa kayar ve daha çok CO ile H_2 oluşur. b) Reaktantların ve ürünlerin mol sayıları toplamı değişmediğinden, denge hiç etkilenmez.
 c) Denge daha çok reaktant oluşturacak yönde değişikliğe uğrayacağından, kaptaki C(k) ve $\text{H}_2\text{O(g)}$ miktarları artar. d) Karbonun katı halde olması nedeniyle denge, daha fazla C(k) oluşturmak üzere ortamdaki CO ve H_2 gazlarını harcar.

20) $\text{N}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO(g)} \quad \Delta H < 0$

Yukarıdaki reaksiyonun belli bir sıcaklıkta dengede olduğu biliniyor. Dengedeki N_2 miktarı artırılmak istenirse, aşağıdakilerden hangisi yapılmalıdır?

- a) Reaksiyon kabı soğutulmalıdır b) Kaba bir miktar NO eklenmelidir
 c) Kabin hacmi küçültülmelidir d) Katalizör kullanılmalıdır

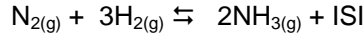
21) $\text{H}_2\text{(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{HCl(g)} \quad \Delta H < 0$

Verilen reaksiyon denkleminde H_2 ile Cl_2 gazları birleşirken dışarıya ısı verilir. 250°C sıcaklıkta denge halindeki kaptaki daha fazla ürün, HCl, oluşması için aşağıdakilerden hangisi uygundur?

- A) Sıcaklık 250°C de tutulmalıdır B) Sıcaklık 250°C nin üzerine çıkarılmalıdır
 C) Sıcaklık 250°C 'nin altına düşürülmelidir D) Katalizör kullanılmalıdır

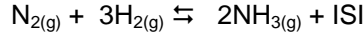
Ek 4. Kimyasal Denge Mülakat Soruları

1) Aşağıdaki tepkime dengededir.



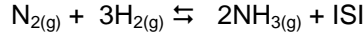
Kimyasal denge durumu ve dengenin dinamik yapısının özelliklerini kendi sözcüklerinizle tanımlayınız?

2) Aşağıdaki tepkime dengededir.



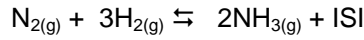
Tepkime dengede iken sisteme bir miktar N_2 gazı ekleniyor ve yeni denge kuruluyor. Tepkimede ne tür değişiklikler gerçekleşir? Dengeye ve denge sabitine derişimin etkisi ne olabilir?

3) Aşağıdaki tepkime dengededir.



Buna göre 30°C 'de kapalı bir kapta denge halindeki karışım 70°C 'ye kadar ısıtılıyor. Tepkimede ne tür değişiklikler gerçekleşir? Dengeye ve denge sabitine sıcaklığın etkisi nasıl olur?

4) Aşağıdaki reaksiyon dengededir.



Sıcaklık değiştirilmeden denge karışımının hacmi (dış basıncın artırılmasıyla) düşürülmüştür. Tepkimede sıkıştırmanın reaksiyon karışımına etkisini açıklayınız? Dengeye ve denge sabitine basınç ve hacmin etkisi nasıl olur?

5) Kimyasal dengede Le Chatelier prensibini açıklayınız? Tepkime veriminin maksimum olması için bu ilke nasıl yardımcı olabilir? Açıklayınız.

Ek 5. Kontrol Grubunda Uygulanan Geleneksel Öğretim Materyali

Kimyasal Denge İçerik

- 1) Kimyasal Reaksiyonların Tersinirliği
- 2) Denge Kavramı
- 3) Fiziksel ve Kimyasal Denge
- 4) Dinamik Denge
- 5) Denge Sabiti Eşitliği
- 6) Homojen ve Heterojen Denge
- 7) Denge Sabiti Hesaplamaları
- 8) Denge Derişimlerinin Hesaplanması
- 9) Denge Sabitinin Açıklaması
- 10) Tepkime Yönünün Öngörülmesi, Tepkime Oranı (Q)
- 11) Dengeye Etki Eden Faktörler
- 12) Le Chatelier Prensipleri
 - a) Konsantrasyonun Etkisi
 - b) Basınç veya Hacim İlişkisi
 - c) Sıcaklığın Etkisi
 - d) Katalizörün Etkisi
- 13) Katalizörler ve Habrin Başarısı

Kimyasal Denge



1) Kimyasal Reaksiyonların Tersinirliği

Şu ana kadar ele aldığımız tüm değişimlere tek yönlü olaylar gözü ile bakmıştık. Oysa bazı fiziksel ve kimyasal olaylar, gerekirse koşulların da değiştirilmesi ile her iki yönde de

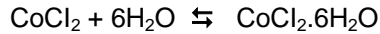
Ek 5'in devamı

oluşabilmektedir. Bu olgu "tersinirlik" olarak adlandırılır. Sözelimi bir buz parçası soğutucudan çıkarıldığında çevreden ısı alarak yavaş yavaş erir ve sıvı su haline gelir. Aynı su tekrar soğutucuya konulduğunda da aldığı ısıyı geri vererek tekrar buza dönüşür. O halde fiziksel hal değişikliği tersinir bir süreçtir.

Otomobillerin elektrik enerjisi deposu olan akülerde, bir takım kimyasal maddeler reaksiyona girerek tüketildikçe elektrik üretilmektedir. Aynı akü şarj edildiğinde ise bu süreç tersine dönmekte ve bu kez harcanan elektrik enerjisi ile başlangıçtaki kimyasal maddeler yeniden üretilmektedir. O halde bu kimyasal olay da tersinir özelliktedir.

Otomobillerin motorunun silindirlerinde gerçekleşen yanma reaksiyonunda, yakıtın oksijenle yanarak temel yanma ürünleri olan karbon dioksit ve su buharını oluşturmasında, yanma ürünlerinin geri dönerek yeniden yakıtı dönüştüğü hiçbir zaman gözlenmemiştir. Bunun gibi bazı reaksiyonlar başladıktan sonra geriye dönme olanağı bulamayacak şekilde tek yönde ilerleyerek reaktantlardan biri ya da tamamı tükenince sona ermektedir. Bu türden reaksiyonlar tersinmez özelliktedir. Şu halde bazı değişim süreçlerinin tersinir olmalarına karşın, bazılarını geriye çevirmek mümkün değildir.

Kobalt (II) tuzları soluk pembe renginden dolayı, kuruduğu zaman kağıt üstünde görülmez. Fakat böyle kobalt mürekkeple yazılmış bir mektup mum aleviyle ısıtıldığında gizlenmiş olan metin açık mavi renkte açığa çıkar. Co (II) tuzu kuru havada maviye döner ve nemli ortamda pembe renge dönüşür.

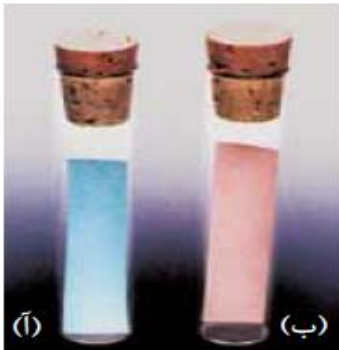


Metan gazının yanması reaksiyonunda, metanın oksijenle yanarak temel yanma ürünleri olan karbon dioksit ve su buharını oluşturmasında, yanma ürünlerinin geri dönerek yeniden yakıtı dönüştüğü hiçbir zaman gözlenmemiştir. Bunun gibi bazı reaksiyonlar başladıktan sonra geriye dönme olanağı bulamayacak şekilde tek yönlü olmaktadır.



2) Denge Kavramı

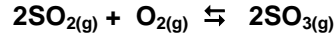
Yapılan deneyler kimyasal tepkimelerin her zaman tam verimle gerçekleşmediğini göstermiştir. Evrende özelliklerini incelemek istediğimiz bölgeye sistem denir. Sistemin dışında kalan ortama da çevre denir. Çevre ile sistem arasında enerji ve madde alışverişi olursa söz konusu sistem açık sistemdir. Kapalı sistemlerde ise çevre ile sistem arasında madde alışverişi yoktur. Sadece enerji alışverişi vardır. Denge; kapalı bir sistemde ve sabit sıcaklıkta gözlenebilir özelliklerin sabit kaldığı, gözlenemeyen olayların devam ettiği dinamik bir olaydır.



Ek 5'in devamı

3) Fiziksel ve Kimyasal Denge

Kimyasal tepkimelerin pek çoğu tersinirdir. Ancak az sayıda kimyasal tepkime tek yönlüdür. Tersinir tepkimeler başlangıçta, yalnızca ürünler yönünde yürürler. Ürün molekülleri oluştuğunda, ters yönde de bir tepkime başlar ve yeniden tepken molekülleri oluşur. İlk anlarda bu ters tepkimenin hızı küçük olmakla birlikte, ürün molekülünün derişimi arttıkça ters tepkimenin de hızı artar. Bir süre sonra, ileri ve geri tepkimelerin hızları eşit hale gelir. İşte bu anda **kimyasal denge** kurulmuştur.

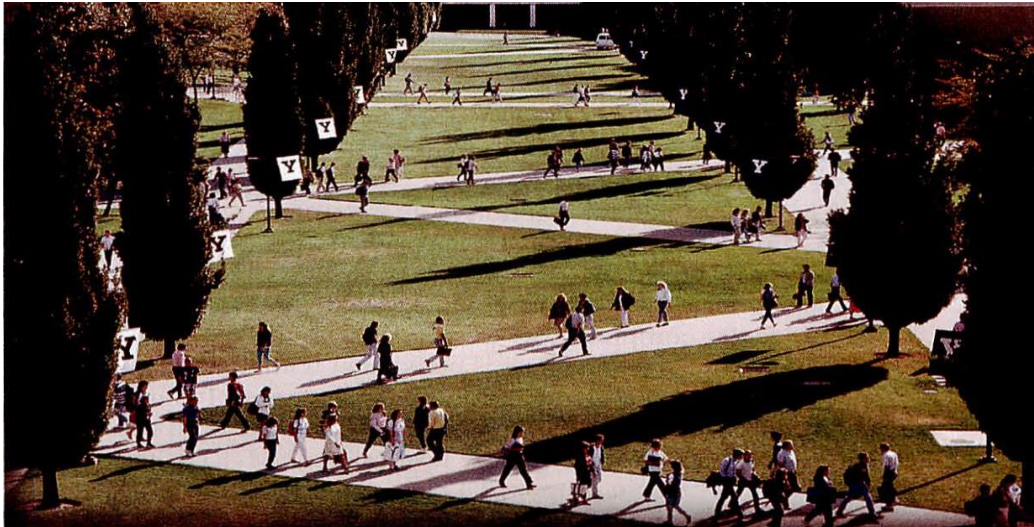


Madde derişimlerinin sabit olması, tersinir tepkimelerde ileri tepkime hızının, geri tepkime hızına eşit olduğunu ve kimyasal dengeye ulaşıldığını gösterir. Dengeye ulaşan bir sistemde madde derişimleri sabittir.

Denge halindeki bir kimyasal tepkime hem tepkenleri, hem de ürünleri içerir. Şimdi, aynı bileşimin iki fazı arasındaki dengeyi göz önüne alalım. Böyle bir dengeye **fiziksel denge** denir. Çünkü buradaki derişim (faz derişimi) fiziksel bir derişimdir. Suyun kapalı bir kaptaki ve belli bir sıcaklıkta buharlaşması fiziksel dengeye bir örnektir. Bu dengede sıvı fazı terk eden H_2O molekülleri ile sıvı faza geri dönen H_2O molekülleri eşittir. Maddelerin yapısını deriştirmeden fiziksel hâllerinde derişiklikle kurulan dengeye fiziksel denge denir.

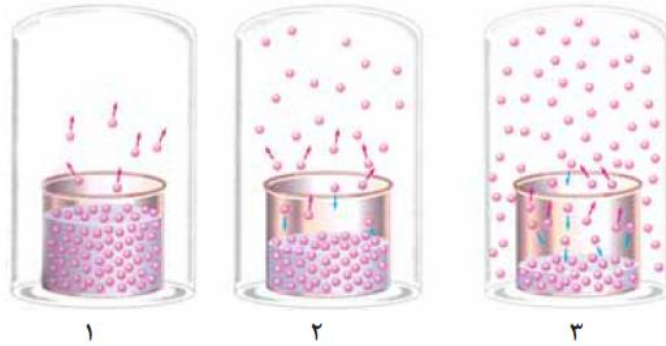


4) Dinamik Denge



Ek 5'in devamı

Dinamik dengeye iki fiziksel ve kimyasal olayı açıklayarak başlayacağız. Bunlar, iki zıt işlemin eşit hızla gerçekleştiği bir denge sisteminde neler olacağını anlamamızda bize yardımcı olacaklardır. Bir sıvı su kapalı bir kaptta buharlaştığında, bir süre sonra su buharı molekülleri, sıvı moleküllerinin buharlaşmasına eşit hızda sıvı hale yoğunlaşırlar. Bu süreçte, moleküller sıvı ve buhar arasında gidip gelmeye devam ederler (bir dinamik işlem) ve sıvı üzerindeki buhar basıncı sabit kalır.



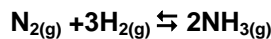
Sıvı-buhar dengesi kurulduğunda gözle görülmeyen olayların (buharlaşma-yoğunlaşma) devam ettiği, gözle görülebilen olayların (su seviyesindeki değişimin) devam etmediği görülür. Bu nedenle denge dinamiktir denir.

Haber, bilinen miktarlarda azot ve hidrojenle yüksek sıcaklık ve basınçta gerçekleştirdiği bir seri deneyde, oluşan amonyak miktarını düzenli zaman aralıkları ile tayin etti. Reaksiyon stokiyometrisinden, ne kadar azot ve hidrojen kaldığını buldu. Belirli bir süre sonra, reaktiflerin bir kısmı hala ortamda bulunduğu halde, karışım bileşiminin aynı kaldığını gördü. Bileşimin değişmemesi reaksiyonun dengeye ulaştığını gösterir.

Ortamdaki türlerin derişimi sabit kalmakla birlikte, moleküler seviyede kimyasal reaksiyonlar, aslında hiçbir zaman durmaz. Tamamen aynı başlangıç şartlarında olan, fakat birinde H₂ yerine D₂'nin (döteryum) kullanıldığı iki amonyak sentezinin yapıldığını düşünelim. İki reaksiyon karışımı da aynı bileşimle dengeye ulaşır. Sadece H₂ ve NH₃ yerine, sistemin birinde D₂ ve ND₃ vardır. Şimdi iki sistemi karıştırdığımızı ve bir süre beklediğimizi varsayalım. Daha sonra bu karışımı analiz edersek, amonyak derişiminin önceki ile tam aynı olduğunu buluruz. Ancak, karışımı bir kütle spektrometresi ile analiz edersek amonyağın bütün izotopik formlarının (NH₃, NH₂D, NHD₂ ve ND₃) ve hidrojenin bütün izotopik formlarının (H₂, HD ve D₂) var olduğunu buluruz. H ve D atomlarının moleküllerdeki bu dağılımı, karışımda ileri ve geri yöndeki reaksiyonların devam etmesinin sonucu olmalıdır. Dengeye ulaştıklarında reaksiyonlar tamamen durmuş olsalardı, böyle bir izotop karışımı gözlenmezdi.



İleri ve geri reaksiyonlar, dengeye ulaşıldıktan sonra

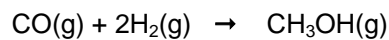


Ek 5'in devamı

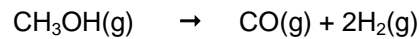
Kimyasal ve fiziksel denge dinamik bir süreçtir. Çünkü tepkenlerden ürünlerin oluşma hızı ile ürünlerden tepkenlerin oluşma hızı birbirine eşit olarak devam eder. Diğer bir deyişle, denge tepkimesinde, ileri ve geri tepkimeler devam ettiği halde, ürün ve tepken miktarlarında bir değişim olmaz.

5) Denge Sabiti Eşitliği

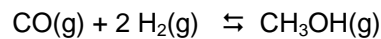
Metanol sentez gazı olarak bilinen karbon monoksit-hidrojen karışımından sentezlenir. Metanol ve bunun benzinle karışımı motor yakıtı olarak önemli kullanım alanı bulunduğundan, bu tepkime her geçen gün artan bir önem kazanmaktadır. Metanol sentezi tersinir bir tepkimedir; yani $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ oluşurken,



aynı zamanda, bir zıt tepkimeyle bozunur.



Başlangıçta yalnız ileri yöne olan tepkime meydana gelir; fakat $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ oluşur oluşmaz, zıt yöndeki tepkime de gerçekleşmeye başlar. Zamanla CO ve H_2 derişimleri azalır ve ileri yöne olan tepkime yavaşlar. Bu sırada CH_3OH miktarı arttığından, ters yöndeki tepkime hızlanır. Sonuçta, ileri ve zıt yöndeki tepkimeler aynı hızla yürümeye başlar ve karışım dinamik denge konumuna ulaşır. Bu durum bir çift yönlü okla ifade edilir.



Denge konumunda, tepkimeye girenlerin (tepkenler) ve ürünlerin miktarları sabit kalır. Ancak denge halindeki bu madde miktarları, başlangıçta var olan maddelerin ve ürünlerin miktarlarına bağlıdır. Aşağıdaki çizelgede üç kuramsal denemeye ilişkin veriler yer almıştır. Her üç deneme de 10,0 L lik bir balonda ve 483 K de yapılmıştır. İlk denemede, başlangıçta yalnız CO ve H_2 , ikinci de yalnız CH_3OH ; üçüncü de CO, H_2 ve CH_3OH bulunmaktadır. Bu üç halin her birine ait başlangıç ve denge miktarları çizelge1 de verilmiştir

Çizelge 1. Dengeye üç farklı yaklaşım

	CO(g)	H ₂ (g)	CH ₃ OH
Deney 1			
Başlangıç miktarları, mol	1,000	1,000	0,000
Denge miktarları, mol	0,911	0,822	0,0892
Denge derişimleri, mol/L	0,0911	0,0822	0,00892
Deney 2			
Başlangıç miktarları, mol	0,000	0,000	1,000
Denge miktarları, mol	0,753	1,506	0,247
Denge derişimleri, mol/L	0,0753	0,151	0,0247

Ek 5'in devamı

Deney 3			
Başlangıç miktarları, mol	1,000	1,000	1,000
Denge miktarları, mol	1,380	1,760	0,620
Denge derişimleri, mol/L	0,138	0,176	0,0620

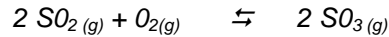
Çizelge 1'deki veriler Şekil 1'de grafiğe geçirilmiştir.

Şekil 1. $\text{CO(g)} + 2\text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH(g)}$ tepkimesinde dengeye üç farklı yaklaşım

Deney	Sinama 1: $\frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]}$	Sinama 2: $\frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}](2[\text{H}_2])}$	Sinama 3: $\frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2}$
1	$\frac{.00892}{.0911 \times .0822} = 1.19$	$\frac{.00892}{.0911 \times (2 \times .0822)} = .596$	$\frac{.00892}{.0911 \times .0822^2} = 14.5$
2	$\frac{.00247}{.0753 \times .151} = 2.17$	$\frac{.00247}{.0753 \times (2 \times .151)} = 1.09$	$\frac{.00247}{.0753 \times .151^2} = \mathbf{14.4}$
3	$\frac{.0620}{.138 \times .176} = 2.55$	$\frac{.0620}{.138 \times (2 \times .176)} = 1.28$	$\frac{.0620}{.138 \times .176^2} = \mathbf{14.5}$

Denge derişim verileri Çizelge 1'den alınmıştır. 1. sınamada CH_3OH 'ın denge derişimi paya; $[\text{CO}][\text{H}_2]$ denge derişimleri çarpımı paydaya yerleştirilmiştir. 2. sınamada her derişim stokiyometrik katsayı ile çarpılmıştır. 3. sınamada, stokiyometrik katsayılar derişimlere üs olarak yazılmıştır. 3. sınamada her üç deney için de aynı değer elde edilmiştir. Öyle ise denge sabiti K_c , bu değerdir (14,5).

SO_2 ve O_2 arasındaki reaksiyon için Çizelge 1'deki verilere bakarak, bu bağıntının önemini anlayabiliriz.



Çizelge 2'de belirtilen deneylerde, 1000 K'de farklı başlangıç derişimlerinde birçok farklı karışım hazırlanmış ve dengeye gelmeleri sağlanmıştır. İlk bakışta veriler arasında bir ilişki yok gibi görülür. Ancak, aşağıdaki büyüklüğün değerini hesapladığımızı varsayalım:

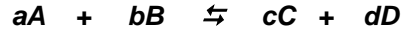
$$K = \frac{\text{SO}_3^2}{\text{SO}_2^2[\text{O}_2]}$$

SO₂, mol.L-	O₂, mol.L-1	SO₃, mol.L	Kc
0,660	0,390	0,0840	0,0415
0,0380	0,220	0,00360	0,0409
0,110	0,110	0,00750	0,0423
0,950	0,880	0,180	0,0408
1,44	1,98	0,410	0,0409

Ek 5'in devamı

5. 1. Denge sabiti

Bu incelemeyi aşağıdaki tersinir tepkimeyi dikkate alarak genelleştirebiliriz:



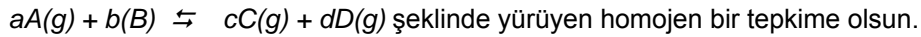
Burada a, b, c ve d tepkimeye giren A, B, C ve D türlerinin stokiyometrik katsayılarıdır. Verilen sıcaklıkta tepkimenin denge sabiti:

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Eşitlik kütle etkisi kuramının matematiksel bir ifadesidir. Bu eşitlik tepken ve ürünlerin dengedeki derişimlerini **denge sabiti** ile göstermektedir. Denge sabiti tepkime oranı ile tanımlanmaktadır. Denge sabiti ifadesi yazılırken, denge sabitinin pay kısmına ürünlerin derişimleri stokiyometrik katsayıları da dikkat alınarak çarpım şeklinde yazılır. Aynı işlem tepkenlerin dengedeki derişimlerine uygulanarak paydaya yazılır.

Tepkimeye giren ve ürünlerin gaz olduğu bir kimyasal tepkime düşünelim.

Tepkimemiz,



Başlangıçta tepkime kabında sadece A ve B gazları bulunsun. A ve B molekülleri çarpışarak C ve D moleküllerini oluştururlar.



$$Hız1 = k1[A]^a[B]^b \text{ ve } Hız2 = k2[C]^c[D]^d$$

Denge konumunda ileri ve geri tepkime hızları eşit olacağından, Hız1=Hız2 ve eşitliği yazılır.

$$k1[A]^a[B]^b = k2[C]^c[D]^d$$

Burada k1, k2 iki ayrı tepkimeye ait hız sabitidir. Belli sıcaklıkta k1 ve k2 sabit olduğuna göre k1 / k2 oranı da sabit bir sayıdır. Bu sabit sayı K ile gösterilirse

$$\frac{k1}{k2} = K \text{ den bağıntı ve } K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

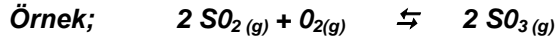
Yukarıda denge bağıntısında ürünlerin derişimlerinin çarpımı, girenlerin derişimlerinin çarpımına bölünür. Tepkimedeki maddelerin stokiyometrik katsayıları, denge bağıntısında derişimlere üs olarak yazılır.

6) Homojen ve Heterojen Denge

Homojen denge tepkimeye giren tüm türlerin aynı fazda olduğu tepkimelerdir. Homojen dengeye örnek olarak N₂O₄'ün ayrışma tepkimesi verilebilir. Eşitlikte verildiği gibi denge sabiti aşağıdaki şekildedir.

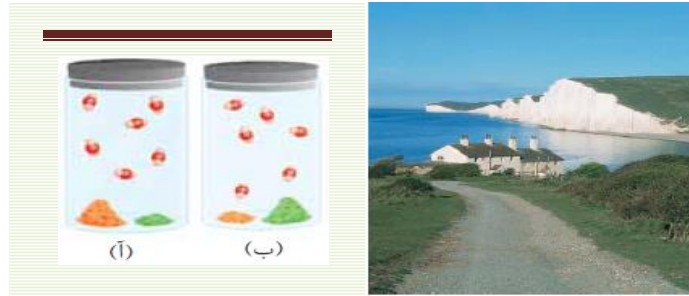


Ek 5'in devamı



Yukarıdaki tepkimelerde; girenlerin ve ürünlerin hepsi ya gaz ya da sulu çözeltide iyonlar hâlinde olduğu için bu tepkimeler homojendir.

Tepken ve ürünlerin farklı fazda olduğu tersinir tepkimeler **heterojen dengeleri** oluştururlar. Örneğin, kalsiyum karbonat kapalı bir kaptaki ısıtıldığında aşağıdaki heterojen denge kurulmaktadır.

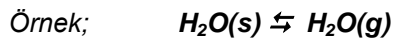


Bu dengede ikisi katı faz ve biri gaz fazı olmak üzere üç ayrı faz oluşur. Dengedeki sistem için denge sabitini aşağıdaki gibi yazabiliriz.

$$K_c^1 = \frac{[\text{CaO}][\text{CO}_2]}{[\text{CaCO}_3]}$$

Ancak, katıların derişimleri yoğunluk gibi bir şiddet özelliği olduğundan madde miktarına bağlı değildir. Bu durumda $[\text{CaCO}_3]$ ve $[\text{CaO}]$ sabit terimleri denge sabiti ile birleştirilebilir. Öyleyse, denge ifadesini aşağıdaki gibi basitleştirebiliriz:

$$\frac{[\text{CaCO}_3]}{[\text{CaO}]} K_c^1 = K_{c=[\text{CO}_2]}$$



Verilen örneklerde girenler ve ürünler farklı fazda oldukları için kurulan iki denge de heterojendir.

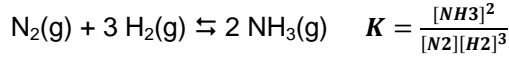
7) Denge Sabitinin Hesaplanması

Haber, bir miktar azot ve hidrojeni karıştırdı ve karışım 500 K'de amonyak ile dengeye ulaşınca kadar bekledi. Denge karışımını analiz ettiğinde, karışımın 0,11 mol/L NH_3 , 0,6 mol/L N_2 ve 0,42 mol/L H_2 içerdiğini buldu. Reaksiyon için denge sabiti nedir? $\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(g)$

Ek 5'in devamı

Denge sabiti hesaplamalarına, kimyasal denklem ve denge sabiti için ifade yazılarak başlanır. Sonra, her maddenin denge derişimleri Kc ifadesinde yerine yazılır. Her derişimin, kimyasal eşitlikteki o türün stokiyometrik katsayısına eşit bir kuvveti alınır.

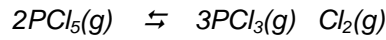
Çözüm; Kimyasal denklem ve denge sabiti ifadesi aşağıdaki gibidir.



Şimdi denge molar derişimleri (birimleri olmadan) Kc ifadesinde yerine konulursa:

$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}, \quad K = \frac{[11]^2}{[6][42]^3} = 27$$

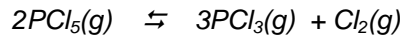
Örnek; 1 L hacmindeki bir kaba, 30 mol PCl_5 konulduğunu ve 250°C 'da, bozunma ürünleri olan fosfor triklorür ve klor ile dengeye ulaşıncaya kadar bekletildiğini varsayalım. Denge, belirli bir sıcaklıkta PCl_3 'ün molar derişimini 0,26 mol.L-1 olarak buldu. O sıcaklıktaki reaksiyonun denge sabitini hesaplayınız.



Çözüm; Kimyasal eşitlik ve denge sabiti için ifade yazılır, sonra bozunan maddenin molar derişimindeki değişme x ile gösterilerek bir denge çizelgesi oluşturulur. Bozunma ürünlerinin molar derişimlerini x cinsinden ifade etmek için, reaksiyon stokiyometrisi kullanılır. Her maddenin mol sayısı kabın hacmine bölünerek molar derişimler hesaplanır.

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

$$\text{PCl}_5 \text{ 'in molar derişimi} = \frac{3}{1} = 3 \text{ ve } \text{PCl}_3 \text{ in molar derişimi} = \frac{26}{1} = 26$$



molar derişimindeki değişme -x mol/L'dir. Yukarıdaki kimyasal eşitliği kullanarak, bütün derişimler litrede mol olacak şekilde aşağıdaki çizelge oluşturulur.

	Türler		
	PCl_5	PCl_3	Cl_2
Başlangıç molar derişimi	0,30	0	0

Ek 5'in devamı

Molar derişimdeki değişme Reaksiyon stokiyometrisi, PCI5'in molar derişimi x kadar azalır, PCI3 ve CI2'nin molar derişiminin her ikisinin de x kadar artacağını gösterir.	-x(,26)	-x(,26)	-x(,26)
Denge molar derişimi Bu değerler başlangıç derişimlerinin, ve reaksiyon sonucu derişimdeki değişmelerin, toplamıdır.	3,00 - x\	X	X
	3-0.26 = 0.04	0.26	0.26

Bu denge değerleri denge sabiti ifadesinde yerine konulursa,

$$K_c = \frac{[.26][.26]}{[.04]} = 1.69$$

8) Denge Derişimlerinin Hesaplanması

Bir tepkimenin denge sabiti bilindiğinde başlangıç derişimlerinden yola çıkarak denge karışımındaki derişimleri hesaplayabiliriz. Böyle bir problem için verilen bilgilere bağlı olarak, hesaplama kolay ya da karmaşık olabilir. En sık karşılaşılan durum, sadece tepken başlangıç derişimlerinin verildiği durumdur.

Bir reaksiyon karışımının denge bileşimini hesaplamak için türlerin birindeki bir X değişmesi cinsinden bir denge çizelgesi hazırlanır, denge sabiti X cinsinden ifade edilir ve elde edilen eşitlik X için çözülür.

0,500.mol H₂ ve 0,500 mol I₂ 430°C de 1,00 L lik paslanmaz çelik bir kaba konmuştur. H₂(g) + I₂(g) ⇌ 2HI(g) tepkimesinin bu sıcaklıktaki denge sabiti 54,3'tür. Dengedeki H₂, I₂ ve HI derişimlerini hesaplayınız.

Çözüm: Kabin hacmi ve gazların başlangıç miktarları verildiğine göre, molar derişimleri hesaplayabiliriz. Başlangıçta HI bulunmadığından, sistem dengede değildir. Bu yüzden, denge kuruluncaya kadar, bir miktar H₂ eşit miktardaki I₂ ile tepkimeye girerek HI oluşturur.

Denge derişimlerini hesaplayabilmek için yukarıda verilen yöntem izlenebilir.

1. Basamak: Tepkime stokiyometrisine göre 1 mol H₂, 1 mol I₂ ile tepkimeye girerek 2 mol HI oluşturur. Dengedeki H₂ ve I₂ derişimlerindeki (mol/L) azalmanın x olduğunu varsayalım. Bu durumda dengedeki HI derişimi 2x olmalıdır. Derişimlerdeki değişimler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$			
	H ₂	I ₂	HI
Başlangıç	0,50	0,50	0,00
Değişim	-X	-X	+2X
Denge	0,5-X	,5-X	2X

Ek 5'in devamı

2. Basamak: Denge sabiti ifadesi yazılır ve değerler yerine konur.

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}, 54,3 = \frac{[2X]^2}{[5-X][5-X]}$$

Her iki tarafın karekökü alınarak x bulunur, $x = 0,393$ M

3. Basamak: Denge derişimleri hesaplanır.

$$[H_2] = (0,500 - 0,393) = 0,107 \text{ M}, [I_2] = (0,500 - 0,393) = 0,107 \text{ M}, [HI] = 2 \times 0,393 = 0,786 \text{ M}$$

Örnek; $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$, $K = 9$

$CO(g)$, $H_2O(g)$, $CO_2(g)$ ve $H_2(g)$ içeren denge hidrojen üretiminde önemlidir. 698 K de 1 mol $CO(g)$ ve 1 mol $H_2O(g)$, 1 L lik bir kaptaki reaksiyon vermektedirler. Tepkimesinin bu sıcaklıktaki denge sabiti 9 dür. Dengedeki $CO(g)$, $H_2O(g)$, $CO_2(g)$ ve $H_2(g)$ derişimlerini hesaplayınız.

$CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$, $K = 9$				
	$CO(g)$	$H_2O(g)$	$CO_2(g)$	$H_2(g)$
Başlangıç miktarları	1	1	0	0
Değişmeler	-X	-X	+X	+X
Denge miktarları	1-X	1-X	X	X
Denge derişimi	1-X/1	1-X/1	X/1	X/1

$$K = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{[X][X]}{[1-X][1-X]} = 9 \rightarrow X = ,75$$

9) Denge Sabitinin Değerinin Anlamı ve Açıklaması

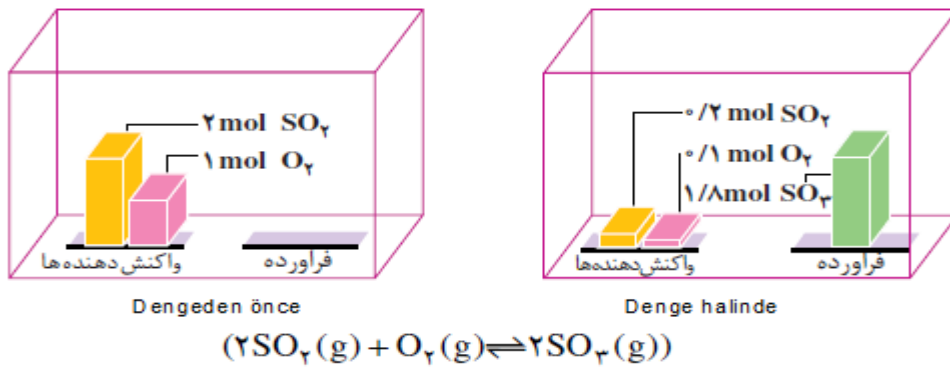
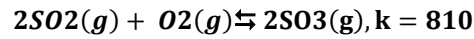
Denge sabiti K_d 'nin büyüklüğü o reaksiyonun dengeye varmadan önce ne kadar ilerleyebileceğinin bir ölçüsüdür. Yüksek bir K_d değeri, dengede ürünlerin yüksek, reaktantların düşük derişimde bulunması anlamına gelir. Aksine, düşük bir K_d değeri ise, dengedeki reaktant derişiminin ürünlerinkine kıyasla fazla olması demektir. Genel olarak, dengesinde K_d 'nin 1 olması, dengede reaktantların yarısının ürüne dönüştüğünü, yani verimin %50 olduğunu gösterir. K_d değerinin büyümesi reaktantların ürünlere dönüşümünün daha fazla tamamlanması anlamındadır. Çok büyük bir K_d değeri reaksiyonun tamamlanma düzeyinde ilerleyebildiğini gösterirken, çok küçük bir K_d değeri ise çok az ürünün oluşabildiğini gösterir.

Ürün derişimleri K denge ifadesinin payında, girenlerin derişimleri ise paydasında yer alır. Dengede ürünler bağıl olarak bol ise, pay büyük, payda küçük olacaktır. Yani, denge karışımı başlıca ürünlerden oluşuyorsa K büyük olur. Aksine, pay küçük ve payda büyük olduğunda K küçük olur ve çok az bir reaksiyon olduktan sonra dengeye ulaşılır.

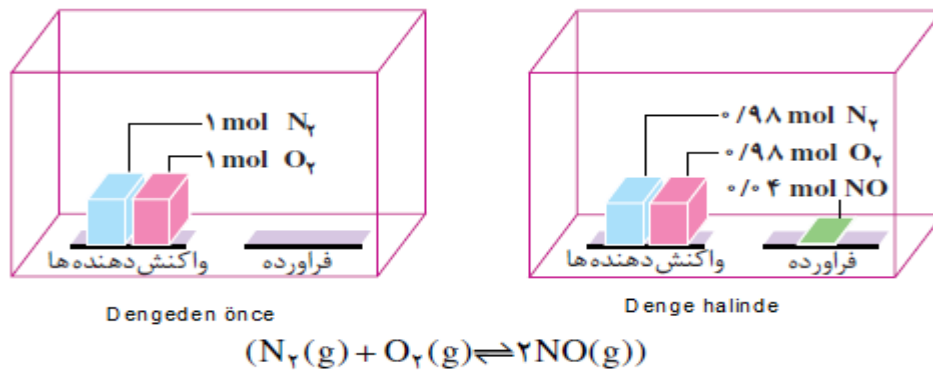
Ek 5'in devamı

Genel olarak, **büyük** K değerleri (yaklaşık 10^3 'den büyük) dengenin ürünler lehine olduğunu, **orta büyüklükte** K değerleri (yaklaşık 10^{-3} - 10^3) dengede girenlerin ve ürünlerin önemli miktarlarda var olduğunu, **küçük** K değerleri (yaklaşık 10^{-3} 'den küçük) dengenin girenler lehine olduğunu gösterir. Örneğin şu reaksiyonu göz önüne alalım.

$\text{SO}_2(\text{g})$ ve $\text{O}_2(\text{g})$ nin 1000 K de $\text{SO}_3(\text{g})$ 'e dönüşümüne ilişkin denge sabiti, hem tepkenlerin ve hem de ürünlerin önemli miktarlarda olmasını beklediğimiz bir değerdedir. Hem ileri yöne ve hem de zıt yöne olan tepkimeler önemlidir.



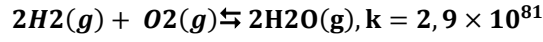
$\text{N}_2(\text{g})$ ve $\text{O}_2(\text{g})$ nin 2300 K de $\text{NO}(\text{g})$ e dönüşümüne ilişkin denge sabiti, hem tepkenlerin önemli miktarlarda olmasını ve ürünlerin az miktarda beklediğimiz bir değerdedir. NO'un 2300 K de sentezi ile ilgili Kd değerinin küçük ($1,66 \times 10^{-3}$) olduğu görülmektedir.



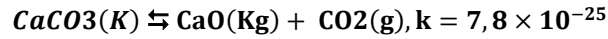
Suyun sentezi tepkimesinin tam yürüdüğünü kabul ederiz; yani, zıt tepkime ihmal edilebilir ve net tepkime sadece ileri yöne yürüyen tepkimedir. Eğer bir tepkime tam yürüyen bir tepkime ise, tepkimeye giren maddelerden birisi (ya da daha fazlası) tamamen harcanır. Bu durumda, denge

Ek 5'in devamı

sabiti eşitliğinin paydasındaki derişim terimi sıfıra yakın bir değerde olacağından, denge sabitinin değeri çok büyük olur. Kd nin çok büyük sayısal değerleri, ileriye doğru olan tepkimenin tam ya da hemen hemen tam olarak geręekleştiiğini gösterir. Suyun sentezi tepkimesinin Kd değeri $2,9 \times 10^{81}$ dür; buna göre 298 K de bu tepkimenin tam yürüyen bir tepkime olduğu kesinlikle söylenebilir.



Kireçtaşının ($CaCO_3$) 298 K de bozunması ile ilgili Kd değerinin çok küçük ($7,8 \times 10^{-25}$) olduğu görölmektedir. Bir denge sabiti değerinin çok küçük olması, payın çok küçük (sıfıra yakın) olduğunu belirtir. Kd değerinin çok küçük olması, ileri yöne olan tepkimenin önemli ölçüde geręekleşmediğini gösterir. Kireç taşı normal sıcaklıkta bozunmadığı halde, $CaCO_3(k)$ ve $CaO(k)$ ile dengedeki $CO_2(g)$ in kısmi basıncı sıcaklıkla artar.



Denge sabiti çok büyük olduğu halde, neden hidrojen ve oksijen gazlarının karışımı oda sıcaklığında kararlıdır? Denge sabitinin değeri termodinamik kararlılıkla ilgilidir: $H_2O(s)$, daha düşük enerji düzeyinde bulunduğundan, termodinamik olarak $H_2(g)$ ve $O_2(g)$ karışımından çok daha kararlıdır. Bir kimyasal tepkimenin hızı, büyük ölçüde eşik enerjisinden, E_a , etkilenir. $H_2O(s)$ nun, $H_2(g)$ ve $O_2(g)$ den sentezine ilişkin E_a çok yüksek olduğundan 298 K de tepkime hızı önemsenmeyecek ölçüde düşüktür.

10) Tepkime Yönünün Öngörülmesi, Tepkime Oranı (Q) (Reaksiyonun Yönü)

Kapalı bir kapta geręekleşen tepkimenin dengede olup olmadığını veya hangi yönde ilerlediğini denge kesri ile açıklayabiliriz. Denge sabiti ifadesine başlangıç derişimlerini koyarak elde ettiğimiz büyüklük tepkime oranı (Q_c) olarak isimlendirilir.

$aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$ genel tepkimesinde katsayılar üs olarak alınarak ürünlerin molar derişimlerinin, girenlerin molar derişimlerine oranına denge kesri Q denir.

$$Q = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}, \text{ Eğer } Q = K_d \text{ ise sistem dengededir.}$$

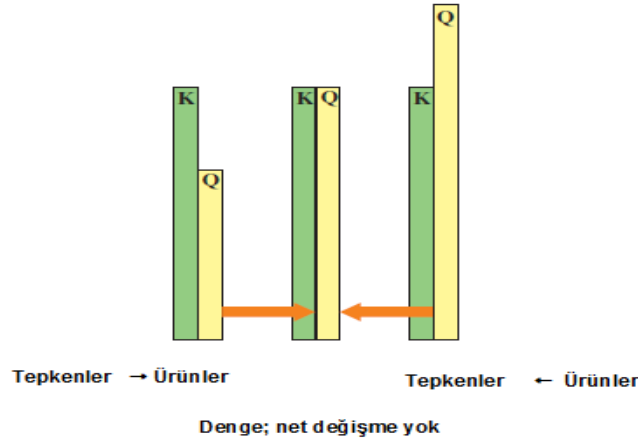
Tepkimenin dengeye ulaşmak üzere hangi yöne kayacağına karar verebilmek için Q_c ve K_d değerleri karşılaştırılır. Bu karşılaştırmadan ortaya çıkan olası üç durum şöyledir:

Qc < Kd: Ürünlerin tepkenlere oranı (başlangıç derişimleri oranı) çok küçüktür. O halde dengeye ulaşılması için, tepkenler ürüne dönüşmelidir. Sistemin dengeye ulaşabilmesi için tepkenler harcanmalı, ürünler oluşmalıdır. Yani tepkime dengeye erişmek için soldan sağa doğru yürümelidir. $Q = K_d$ olana kadar tepkime ürünlerin derişimini artıracak yönde daha hızlı ilerlemelidir.

Qc = Kd: Başlangıç derişimleri denge derişimleri ile aynıdır yani sistem dengededir.

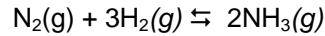
Ek 5'in devamı

Qc > Kd: Ürünlerin başlangıç derişimlerinin, tepkenlerin başlangıç derişimlerine oranı çok büyüktür. Dengeye ulaşmak için ürünlerin bir kısmı tepkenlere dönüşmelidir. Sistem sağdan (ürünlerden) sola (tepkenlere) kayarak dengeye ulaşmalıdır. Q = Kd olana kadar tepkime girenlerin derişimini artıracak yönde daha hızlı ilerlemelidir.



Örnek:

500°C deki 1 L lik bir tepkime kabında 1 mol N₂, 2 mol H₂ ve 2 mol NH₃ bulunmaktadır. Tepkimenin bu sıcaklıktaki



Denge sabiti (Kd) 0,27 dir. Sistemin dengede olup olmadığına karar veriniz. Eğer dengede değilse net tepkime hangi yönde ilerler.

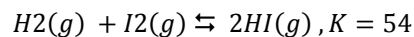
İzlek: Hacim ve mol miktarları bilindiğine göre mol derişimlerini ve dolayısıyla tepkime oranını (Qc) hesaplayabiliriz. Qc ile Kd karşılaştırılması sistemin dengede olup olmadığı konusunda yardımcı olur. Sistem dengede değilse net tepkime dengeye ulaşabilmek için hangi yöne kayar?

Çözüm; Önce tepkimede yer alan bileşenlerin başlangıç derişimleri bulunur:

$$[\text{H}_2] = \frac{2}{1} = 2, [\text{N}_2] = \frac{2}{1} = 2, [\text{NH}_3] = \frac{2}{1} = 2, Q = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2]^1[\text{H}_2]^3} = \frac{2}{2 \times 1} = 1$$

Qc değeri Kd (0,27) den daha büyük olduğundan, sistem dengede değildir. Buna göre sistem dengeye ulaşırken NH₃ derişimi azalacak, N₂ ve H₂ derişimleri ise artacaktır. Başka bir deyişle, net tepkime dengeye ulaşılıncaya kadar sağdan sola doğru ilerler.

Örnek: Aşağıdaki tepkime için



Ek 5'in devamı

427°C de denge sabiti $K_d = 54$ 'tür. Yapılan bir deneyde 427°C deki 1,00 L lik bir tepkime kabına 3 M H_2 , 3,5 M I_2 ve 5 M HI koyduğumuzu varsayalım. Tepkime hangi yönde yürüyecektir?

Bunu anlamak için, başlangıç derişimlerini denge sabiti ifadesinde yerine koyalım.

$$Q = \frac{[HI]^2}{[I_2]^1[H_2]^1} = \frac{3 \times 3,5}{,5} = 42$$

$Q_c < K_d$ olduğundan ürünlerin tepkenlere oranı (başlangıç derişimleri oranı) çok küçüktür. O halde dengeye ulaşılması için, tepkenler ürüne dönüşmelidir. Sistemin dengeye ulaşabilmesi için tepkenler harcanmalı, ürünler oluşmalıdır. Yani tepkime dengeye erişmek için soldan sağa doğru yürümelidir.

11) Dengeye Etki Eden Faktörler

Kimyasal denge, ileri ve geri yöndeki tepkimeler arasındaki denge durumunu belirtmektedir. Çoğu kez, bu denge oldukça hassastır ve deney koşullarındaki değişiklikler, dengeyi bozabilir. Dengeye dışarıdan yapılan bazı müdahaleler, denge konumunu istenen ürün ya da tepken yönüne kaydırabilir. Örneğin, dengenin konumu sağa kayar dediğimiz zaman net tepkime soldan sağa kayar demektir. Bizim isteğimize bağlı olan kontrol edilebilir deneysel değişkenler şunlardır: Derişim, basınç, hacim ve sıcaklık. Burada bu değişkenlerin dengeye etkilerini ve ayrıca, dengeye katalizörün etkisini inceleyeceğiz.



هنرى لويى لوشاتليه
(۱۸۵۰-۱۹۳۶)

Bazen tersinir bir tepkime için, net değişimin yönünde denge kurulduğunda bir maddenin miktarı arttı mı yoksa azaldı mı gibi nitel yorumlar yapmak isteriz. Bir nicel hesaplama için veriye de gerek duymayabiliriz.

Bu durumlarda, Fransız kimyacı Henri Le Châtelier (1884) in kendi adıyla anılan bir ilkeyi kullanırız.

12) Le Chatelier İlkesi

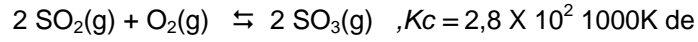
Dengenin derişim, basınç, hacim ya da sıcaklık değişimi ile hangi yöne kayacağını öngörebilmemiz için genel bir kural vardır. Bu kural adını Fransız kimyacı Henri Le Châtelier'den alır ve Le Châtelier İlkesi olarak bilinir. Bu ilkeye göre, dengedeki bir sisteme dışarıdan bir etki uygulandığında, sistem bu etkiyi karşılayacak yönde tepki vererek yeniden dengeye ulaşır. Burada "etki" kelimesi sistemi denge halinden uzaklaştıran derişim, basınç, hacim ya da sıcaklıktaki değişimdir. Bu derişimlerin dengeye etkisini incelemek için Le Châtelier ilkesi kullanılır.

Ek 5'in devamı

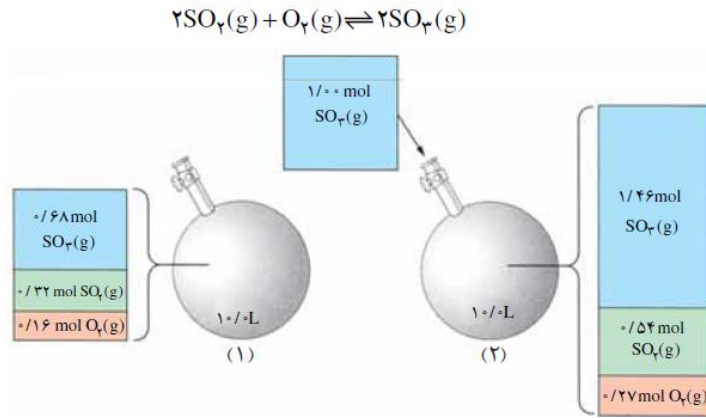
12.1) Derişim Etkisi

Dengedeki bir reaksiyon karışımına bir reaktant ilave edilirse, reaksiyon ürünler yönüne, ortamdaki bir reaktant uzaklaştırılırsa, girenler yönüne kayar. Ürünlerden birinin ilavesi, girenler yönüne; ürünlerden birinin uzaklaştırılması ise, ürünler yönüne kaydırır.

Örnek; Aşağıdaki tepkimede;



SO_2 , O_2 ve SO_3 'ün aşağıdaki şekilde belirtilen miktarlarıyla başladığımızı varsayalım. Şimdi, 10,0 L lik balona 1,00 mol SO_3 ilave ederek (aşağıda şekilde) denge karışımında bir değişiklik yapalım. Dengenin yeniden kurulabilmesi için, tepkimeye giren maddelerin miktarları nasıl değişecektir?



Le Châtelier İlkesine göre, sistem bir etkiye kısmen tepki göstereceğinden, tepkimeye girenlerden birinin denge derişimi artacaktır; bu da tepkimeye girenlerin harcanacağı bir tepkimeyle gerçekleşir. Bu da, ilave edilmiş SO_3 'ün bir kısmının SO_2 ve O_2 'ye dönüşeceği zıt tepkimedir. Yeni dengede tüm maddelerin miktarları, ilk dengedekinden daha fazla, SO_3 'ün miktarı, eklenen 1,00 molden daha az olacaktır.

Soruna diğer bir yaklaşım biçimi de, SO_3 eklenmesinden hemen sonra kütlelerin etkisi ifadesini yazmaktır.

$$\text{Ilk denge} \quad , Q = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]^1} = K \quad , Q = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]^1} > K$$

Sabit hacimdeki bir denge karışımına bir miktar SO_3 katılması Q_c nin K_d den daha büyük olmasına neden olur. Bu durumda $[\text{SO}_3]$ derişimini azaltacak yönde; yani sola doğru, zıt yönde bir net değişme meydana gelir. Zıt yönde bir tepkimenin $[\text{SO}_2]$ ve $[\text{H}_2]$ derişimini arttıracığına ve Q_c değerini azaltacağına dikkat ediniz.

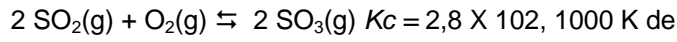
Ek 5'in devamı

12. 2. Basınç ve Hacim Etkisi

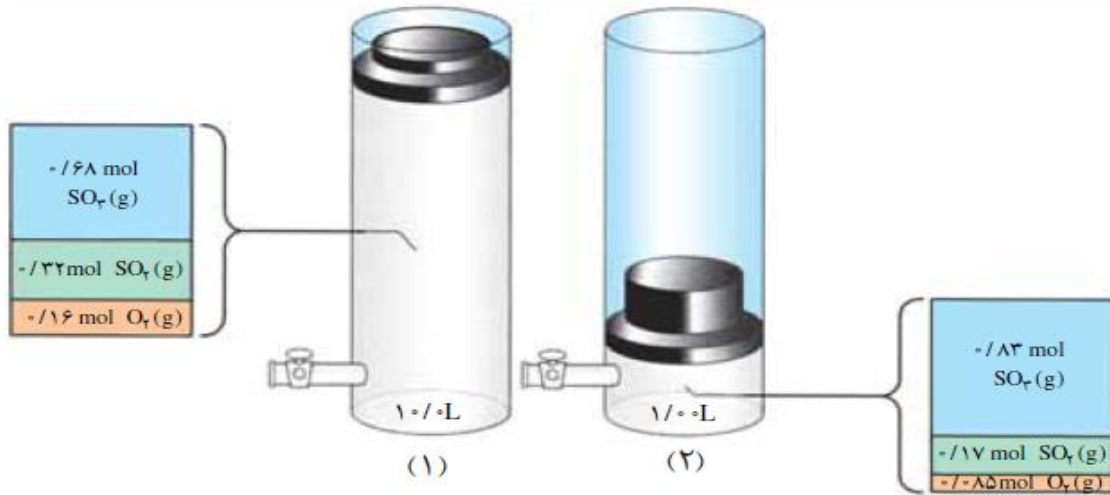
Gazların derişimleri basınçtaki değişimlerden önemli derecede etkilenirler. Sistemin hacmini değiştirerek basıncı değiştirecektir. Sistemin hacmi küçültülürse basınç artar; hacim büyüdüğünde ise basınç azalır. O halde, bu tür bir basınç değiştirme, basitçe hacim değiştirmedeki etkiyi yapar.

Dengedeki bir reaksiyon karışımının sıkıştırılması, reaksiyonun gaz fazı moleküllerinin sayısını azaltacak yönde ilerlemesine yol açar; bir inert gaz ilavesiyle basıncın artırılmasının denge bileşimine etkisi yoktur.

Örnek; $\text{SO}_2(\text{g})$ ve $\text{O}_2(\text{g})$ den $\text{SO}_3(\text{g})$ oluşumunu göz önüne alalım.



Şekildeki denge karışımının hacmi, dış basıncın artırılmasıyla onda bire düşürülmüştür. Dengenin yeniden kurulabilmesi için, tepkenlerin ve ürün maddelerin miktarları nasıl değişecektir?



Hacim onda bire düşürüldüğünde, oranı on kat artmalıdır. Bu durumda, denge yeniden kurulacağından, Q de yeni bir değer alacaktır. Gazların mol oranının değerini artırmanın tek bir yolu vardır: Bu da, SO₃ mol sayısının artması; SO₂ ve O₂ mol sayılarının azalmasıdır. Denge SO₃ oluşumu yönüne (sağa) kayacaktır. Yukarıdaki tepkime de soldaki üç mol gazdan, sağda iki mol gaz oluştuğuna dikkat ediniz. Aynı sıcaklık ve basınçta, iki mol SO₃(g), iki mol SO₂(g) ve bir mol O₂(g) nin kapladığı hacimden daha az bir hacim kaplar. Burada, gözlenen hacim azalması, yeniden SO₃ oluşumuna yol açar.

Bir gaz denge karışımının hacminin küçülmesi, net değişmenin daha az mol sayısı içeren gazlar yönüne kaymasına neden olur. Hacmin artması ise, net değişmenin daha fazla mol sayısı içeren gazlar yönüne kaymasına yol açar.

Ek 5'in devamı

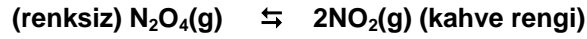
12. 3. Sıcaklık Etkisi

Derişim, basınç ya da hacimdeki değişimler kimyasal dengeyi etkileyebilir, yani, tepkenlerin ve ürünlerin bağıl miktarlarını değiştirebilir. Bir denge karışımının sıcaklığının değiştirilmesi, sisteme ısı verilmesi (sistemin ısıtılması) ya da sistemden ısı alınması (sistemin soğutulması) demektir. Le Chatelier ilkesine göre, sisteme ısı verilmesi tepkimeyi ısı alan (endotermik) yöne, sistemden ısı alınması, tepkimeyi ısı veren (ekzotermik) yöne kaydırır. Başka bir deyişle; bir denge karışımının sıcaklığının arttırılması, denge konumunu endotermik tepkime yönüne kaydırır. Sıcaklığın azaltılması ise ekzotermik tepkime yönüne kaydırır.

Örnek;

$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ tepkimesine ilişkin $\Delta H = +57,2$ kJ dür. $N_2O_4(g)$ den oluşacak $NO_2(g)$ miktarı yüksek sıcaklıklarda mı yoksa düşük sıcaklıklarda mı daha fazla olacaktır?

Aşağıdaki tepkimeyi göz önüne alarak açıklayalım.



İleri yöndeki tepkime endotermiktir (ısı soğurur, $\Delta H^\circ > 0$):

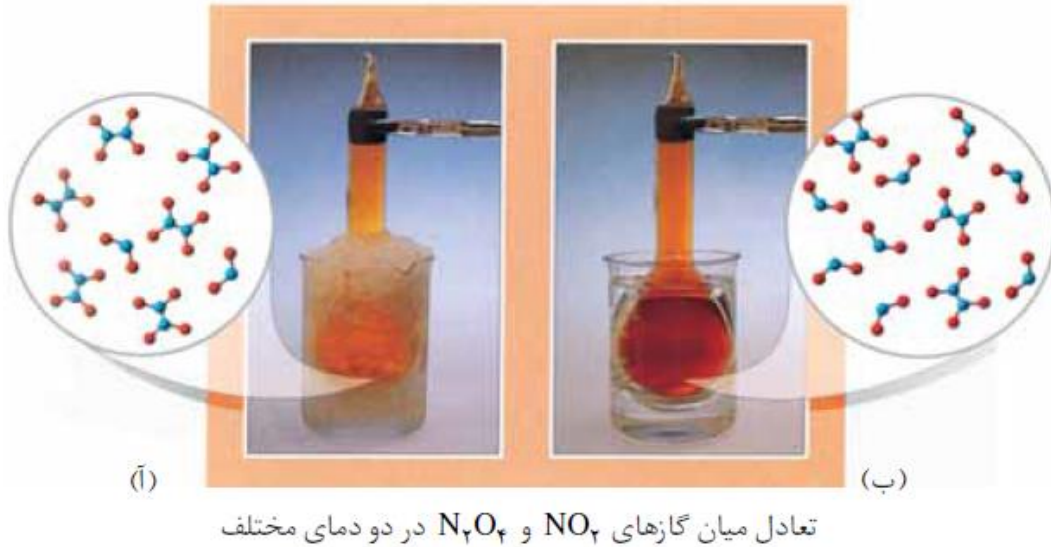


Zıt yöndeki tepkime ise ekzotermiktir. (ısı salar, $\Delta H^\circ < 0$):



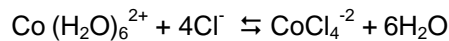
Belirli bir sıcaklıkta, denge konumundaki bir sistemde net bir tepkime olmadığından ısı değişimi sıfırdır. Isıyı kimyasal bir bileşen gibi düşünürsek, (yukarıdaki tepkimelerde ısının tıpkı kimyasal tür gibi tepkenler ve ürünler kısmına yazıldığına dikkat ediniz) sıcaklıktaki artış sisteme ısı "ekler" ve sıcaklıktaki azalma ise sistemden ısı "uzaklaştırır". Diğer değişkenlerde olduğu gibi (derişim, basınç veya hacim), denge bu değişimin etkisini azaltacak yöne kayar. Buna göre sıcaklık artışı tepkimeyi endotermik yöne (denge eşitliğinde soldan sağa), sıcaklık azalması ise tepkimeyi ekzotermik yöne (denge eşitliğinde sağdan sola) kaydırır. Sistem ısıtıldığında NO_2 moleküllerin miktarı artar ve balonun rengi koyulaşır soğutulduğunda ise N_2O_4 moleküllerin miktarı artar ve balonun kahverengi azalar.

Ek 5'in devamı



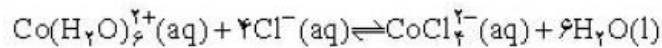
NO_2 ve N_2O_4 gaz karışımını içeren iki cam balon dengededir. Balonlardan biri buzlu suya daldırıldığında (solda) rengi açılır. Bu durum renksiz N_2O_4 gazının oluştuğunu gösterir. Diğer balon sıcak suya daldırıldığında rengi koyulaşır. Yani, NO_2 derişimi artar.

Örnek; Aşağıdaki dengeyi göz önüne alınız:



pembe **mavi**

CoCl_4^{2-} oluşumu endotermiktir. Buna göre sistemi ısıtmakla denge sağa kayar ve çözelti maviye dönüşür. Soğutma işlemi ise dengeyi ekzotermik tepkime yönüne kaydırır [$\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ oluşumu] ve çözelti pembeye dönüşür(denge sola kayar).



صورتی رنگ



آبی رنگ

Sağda: Isıtma işlemi mavi renkli CoCl_4^{2-} iyonunu artırır. Solda; Soğutma işlemi pembe $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ iyonunu artırır.

Örnek; Le Châtelier İlkesinin Uygulanması (Sıcaklığın denge üzerine etkisi). Aşağıdaki tepkimeyi göz önüne alalım.



Ek 5'in devamı

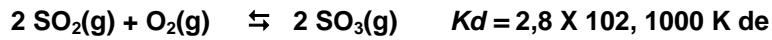
Belirli miktarlarda SO₂(g) ve O₂(g) den oluşacak SO₃(g) miktarı, yüksek sıcaklıklarda mı yoksa düşük sıcaklıklarda mı daha fazla olacaktır?

Çözüm; Sıcaklığın artması, tepkimenin endotermik yöne, yani geriye doğru olmasını sağlar. Sıcaklığın azalması ise, ileri yöne (ekzotermik) tepkimeye yol açar. Bundan dolayı, düşük sıcaklıklarda dengedeki SO₃ derişimi daha yüksek olacaktır. Düşük sıcaklıklarda SO₂ in SO₃ e dönüşümü yeğlenir.

12. 4. Katalizörün Dengeye Etkisi

Katalizör eşik enerjisini azaltarak tepkime hızını artırdığını biliyoruz. Ancak, katalizör hem ileri yöndeki hem de geri yöndeki tepkimenin eşik enerjisini aynı ölçüde azaltır. Bu nedenle, katalizörün varlığı ne denge sabitini, ne denge miktarlarını ve ne de dengenin yönünü değiştirmez. Denge olmayan tepkime ortamına katalizör ilave edilmesi karışımın dengeye daha kısa sürede ulaşmasını sağlar. Aynı denge karışımı katalizör olmadan da elde edilebilir, ancak bu denge karışımını elde etmek için daha uzun süre beklemek gerekir.

Örnek; Aşağıdaki tepkimeni ele alalım.



Belirtilen tepkime koşullarında, SO₃, SO₂ ve O₂'nin denge miktarları belirli ve değişmez bir değerdedir. Tepkime ister yavaş homojen bir tepkime olarak uygulansın, isterse gaz fazında katalizörlü ya da bir katalizör yüzeyinde heterojen tepkime olarak gerçekleştirilsin, bu bir gerçektir. Diğer bir deyişle, bir katalizörün varlığı, denge sabitinin sayısal değerini değiştirmez.

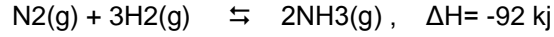
13) Katalizörler ve Haber'in Başarısı

Haberin Prosesi; Denge Reaksiyonların Sanayide Kullanımına Bir Örnek

Kendisi tükenmeden bir kimyasal maddenin hızını artıran bir madde olan katalizör terimi ile daha önce karşılaşmıştık. Bir katalizörün bir reaksiyon karışımının denge bileşimine etkisinin olmadığını bilmek önemlidir. Katalizör; bir reaksiyon dengeye ulaşırken hızı artırabilir; fakat dengedeki bileşime etki etmez. Katalizör aynı hedefe daha hızlı bir yol sağlar. Moleküler seviyede, bir katalizörün ileri ve ters yöndeki reaksiyonların hızlarını aynı ölçüde artırdığını düşünebiliriz. Bu nedenle, dinamik denge etkilenmez.

Amonyak yaşamımız için doğrudan ya da dolaylı olarak büyük önem taşımaktadır. Amonyak, gübre, patlayıcı madde, plastik, ilaç hammadde elerinin ve böcek öldürücü maddeler üretiminde kullanılan çok değerli bir maddedir. Alman kimyacı Fritz Haber, sabırlı çalışması ve birazda şansı sayesinde hidrojenden ve havadaki azot gazından yola çıkarak amonyak üretimi için ekonomik bir yol buldu ve bu çalışmasıyla 1918' yılında Nobel ödülü aldı.

Ek 5'in devamı



Bu bölümde verilen bilgileri, Haber'in keşfinin bir yönünü anlamak için kullanabiliriz. Haber, gazları sıkıştırmak ve oluşan amonyağı uzaklaştırmak gerektiğini fark etti. Sıkıştırma denge bileşimini amonyak lehine kaydırır ki, bu da ürün verimini artırır. Amonyanın ortamdaki alınması da, daha fazla amonyak oluşmasını teşvik eder. Ayrıca, Haber, düşük sıcaklıklarda çalışmak istedi, çünkü sentez reaksiyonu ısıverendir ve düşük sıcaklık, ürün verimini artırır. Fakat azot ve hidrojen düşük sıcaklıklarda çok yavaş birleşir, bu nedenle Haber, düşük sıcaklıkta reaksiyonun hızını artırmak için bir yol bulmalıydı. Haber bu problemi de uygun katalizör seçerek çözdü. Bu reaksiyonda katalizör olarak genellikle demir katalizörü kullanılmaktadır.

Amonyak elde edilmesinde en yüksek ürünün nasıl elde edileceğini incelemek için azot ve hidrojen 1:3 hacim oranlarında farklı sıcaklık ve basınçlarda karıştırılmış ve kontrol altında tutulmuştur. Amonyanın denge verimi kaydedilmiştir. Aşağıdaki tabloda bazı sonuçlar görülmektedir.

Tabloda görüldüğü gibi denge durumu reaksiyon için seçilen sıcaklık ve basınca bağlı olmaktadır. Karışımdaki amonyağın yüzdesi, basıncın artmasıyla ve sıcaklığın düşmesiyle artar. Amonyaya maksimum dönüşme yüksek basınç ve düşük sıcaklıkta elde edilir.

Tablo; $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g})$ reaksiyonundaki denge karışımındaki amonyağın hacim yüzdeleri (Basınç ve sıcaklığın etkisi amonyağın üretilmesinde)

Sıcaklık 0°C	NH ₃ (g) dengesindeki yüzdeleri		
	Basınç		
	10 atm	100 atm	1000 atm
209	51	82	98
467	4	25	80
758	0.5	5	13

Şimdi katalizör hakkında, birisi daha önceki bölümden, diğeri ise bu tartışmalardan ortaya çıkan iki hüküm ileri sürebiliriz.

Katalizör tepkimenin mekanizmasını değiştirir ve tepkimenin daha düşük eşik enerjili bir mekanizma üzerinden yürümesini sağlar.

Tersinir tepkimelerde, katalizör denge koşullarını değiştirmez.

Bu iki ifadeden şu sonuç çıkar: Denge konumu tepkime mekanizmasına bağlı değildir. Buna göre, biz dengeyi eşit hızlarla meydana gelen zıt iki tepkime olarak düşünssek bile, denge kavramını anlamak için kimyasal tepkimelerin kinetiğine gerek duymayız.

Ek 6. Deney Grubunda Uygulanan Zenginleştirilmiş Öğretim Materyali

Ders Planı 1. Tek yönlü ve çift yönlü reaksiyonlar

Bölüm 1	
Dersin adı	Genel Kimya
Sınıf	Biyoloji bölümü 1. sınıf
Konu	Tek yönlü ve çift yönlü reaksiyonlar
Önerilen süre	2 ders saati
Bölüm 2	
Öğrenci kazanımları	Tek ve çift yönlü reaksiyonlar arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları açıklayabilme
Ünite kavramları ve sembolleri	Tek ve çift yönlü reaksiyonlar
Öğretme ve öğrenme yöntem ve teknikleri	5E Modeli
Kullanılan eğitim teknolojileri ve materyaller	Kavramsal değişim metinler, analogiler ve animasyon ve simülasyon destekli öğretim
Konuyla ilgili kavram yanılgıları	Kimyasal reaksiyonların geneli tamamlanmaya giden reaksiyonlardır. Reaksiyona giren maddelerden herhangi biri bittiği zaman reaksiyon durur.

Girme Basamağı

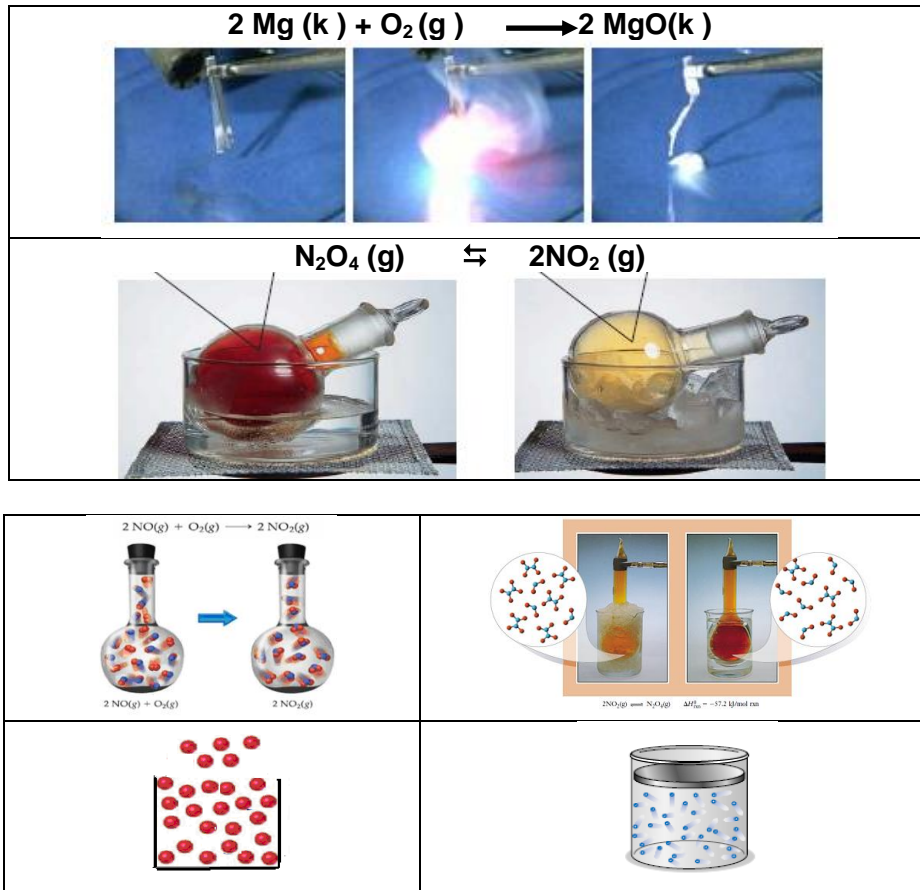
Girme basamağında başlangıçta, öğrenciler soru sormaya ve çeşitli fikirler ileri sürmeye teşvik edilir. Öğrencilere tek ve çift yönlü reaksiyonların karşılaştırılmasıyla ilgili soru sorulur. Giriş etkinliğinde öğrencilerin ünite ile ilgili ön fikirleri alınır ve daha sonra öğrenilenlerin hatırlanması amacıyla kısa video gösterisi yapılır. Öğrencilerin ön bilgilerinin ve alternatif kavramalarının belirlenmesi amacıyla etkinlikteki olay hakkında soru sorulur. Öğrenciler cevaplarını yazarak sınıf içerisindeki diğer arkadaşlarıyla paylaşırlar. Öğrencilerin ünite ile ilgili ön bilgilerinin ortaya çıkarılması için tek ve çift yönlü reaksiyonlarla ilgili aşağıdaki örnekler verilir ve düşünceleri alınır.



Tablo 6'nın devamı

Keşfetme Basamağı

Keşfetme basamağında öğrenciler grupta birlikte çalışarak yeni bilgiler toplamaya başlarlar. Bu amaçla daha önceden hazırlanmış deneylerin video kayıtları ve animasyonlar öğrencilere izletilir ve makroskobik animasyonlar üzerinde incelemelerde bulunarak veriler toplamaları sağlanır. Tek yönlü ve çift yönlü reaksiyonlar ile ilgili animasyonlar öğrenciler tarafından bilgisayarda izlenir ve bu yolla tanecikler düzeyinde gerçekleşen olaylara yönelik veri toplamaları sağlanır. Tek ve çift yönlü reaksiyonlarda maddenin molekül yapısında meydana gelen değişimler olduğu ve bu değişiklik olurken moleküller arası ve moleküllerdeki atomları bir arada tutan bağların koptuğu ve yeni düzenlemeler sonucunda yeni bağların oluşarak farklı özellikte yeni bir maddenin oluştuğu ifade edilir. Konu anlatım esnasında ve animasyonların izlenmesi sonrasında öğrencilerden grup olarak görüş oluşturmaları istenir. Öğretmen, öğrencilere üzerinde düşünmelerini sağlayacak şekilde sorular yönelterek rehberlik yapar. Keşfetme basamağında kullanılan etkinlik ve olaylara ait örnek ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.

**Açıklama Basamağı**

Öğrenciler topladıkları veriler yardımıyla yeni kavramlara ulaşmaya çalışırlar. Bu basamakta öğrenciler tek ve çift yönlü reaksiyon özelliklerine göre topladıkları verilerden yola çıkarak açıklamalarda bulunurlar. Öğrenciler önceki basamakta elde ettikleri verilere yönelik sorulara cevaplar üreterek arkadaşları ile tartışır, paylaşır ve bilgi üretmeye çalışırlar. Bazı tepkimelerin neden tek yönlü ve bazı tepkimelerin neden çift yönlü olduğu tartışılır. Öğrencilere kavramsal değişim metinleri dağıtılır. Metinleri okumaları sağlanır ve metinlerdeki açıklamalar tartışılır. Öğretmenin görevi kavramsal değişime yardımcı olmak ve gerekli bilimsel açıklamaları sunmaktır. Aşağıdaki metin öğrencilerle birlikte okunur ve üzerinde tartışılır.

Tablo 6'nın devamı

Kavramsal Değişim Metni

Bazı tepkimeler neden tek yönlü ve bazı tepkimeler neden çift yönlü olurlar?



Bazı öğrenciler örnek olarak metan gazının yanması reaksiyonunda, metan oksijenle yanarak temel yanma ürünleri olan karbon dioksit ve su buharını oluşturmasında, yanma ürünlerinin geri dönerek yakıtı dönüştüğü gözlenmiştir. Bunun gibi bazı reaksiyonlar başladıktan sonra geriye dönme olanağı şeklinde Bu türden reaksiyonlar tersinir özelliktedir. Otomobillerin elektrik enerji deposu olan akülerde, bir takım kimyasal maddeler reaksiyona girerek tüketildikçe elektrik üretilmektedir. Bunun gibi bazı reaksiyonlar başladıktan sonra geriye dönme olanağı bulamayacak şekilde tek yönde ilerleyerek reaktantlardan biri ya da tamamı tükenince sona ermektedir. Bu türden reaksiyonlar tek yönlü olmaktadır.

Öğrencilerin böyle bir düşünceleri yanlışır.

Bazı fiziksel ve kimyasal olaylar, gerekirse koşulların da değiştirilmesi ile her iki yönde de oluşabilmektedir. Bu olgu "tersinirlik" olarak adlandırılır. Otomobillerin elektrik enerjisi deposu olan akülerde, bir takım kimyasal maddeler reaksiyona girerek tüketildikçe elektrik üretilmektedir. Aynı akü şarj edildiğinde ise bu süreç tersine dönmekte ve bu kez harcanan elektrik enerjisi ile başlangıçtaki kimyasal maddeler yeniden üretilmektedir. O halde bu kimyasal olay da tersinir (**çift yönlü**) özelliktedir. Bazı değişim süreçlerinin tersinir olmalarına karşın, bazılarını geriye çevirmek mümkün değildir. Otomobillerin motorunun silindirlerinde gerçekleşen yanma reaksiyonunda, yakıtın oksijenle yanarak temel yanma ürünleri olan karbon dioksit ve su buharını oluşturmasında, yanma ürünlerinin geri dönerek yeniden yakıtı dönüştüğü hiçbir zaman gözlenmemiştir. Bunun gibi bazı reaksiyonlar başladıktan sonra geriye dönme olanağı bulamayacak şekilde tek yönde ilerleyerek reaktantlardan biri ya da tamamı tükenince sona ermektedir. Bu türden reaksiyonlar tersinmez (**tek yönlü**) özelliktedir.

Derinleşme Basamağı

Öğrencilerin öğrendikleri konuları pekiştirmeleri ve detaylandırmalarını sağlamak üzere onlara hazırlanan analogiler incelettirilir. Analoji ve hedef kavramlar arasında paylaşılan özellikler ve paylaşılmayan özellikler tartışılır. Öğrencilerin anlamada güçlük çektikleri durumlarla ilgili açıklamalar yapılır. Tartışmalar sırasında öğretmen tarafından tespit edilen yanlışlar düzeltilir. Tek ve çift yönlü reaksiyonlarla ilgili simülasyonlar öğrencilere izlettirilir. Bu yolla gözlenmesi imkânsız olan taneciklerin ve olayların bilgisayar destekli simülasyonlarla somutlaştırılmasına imkân sağlanmaya çalışılır. Simülasyon programlarında farklı bağımsız değişkenler verilerek bağımlı değişkenlerin miktarları hesaplanmıştır. Deneyleri istedikleri kadar tekrarlayabilmelerine izin verilerek ve tartışmalar yaptırılarak kavramalarını geliştirmeleri sağlanmaya çalışılır. Değişkenleri kullanarak grafik ve tablo oluşturmaları istenir. İncelenmeye başlanan konuya yeni bilgiler elde edildikten sonra geri dönülür ve öğrenciler birlikte edindikleri bilgileri yeni durumlarda uygularlar. Öğretmen, öğrencilerin çalışmalarına ve öğrendikleri kavramları ve becerilerini sunmalarına imkân sağlar. Derinleştirme basamağında kullanılan etkinlik ve olaylara ait örnek ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 6'nın devamı

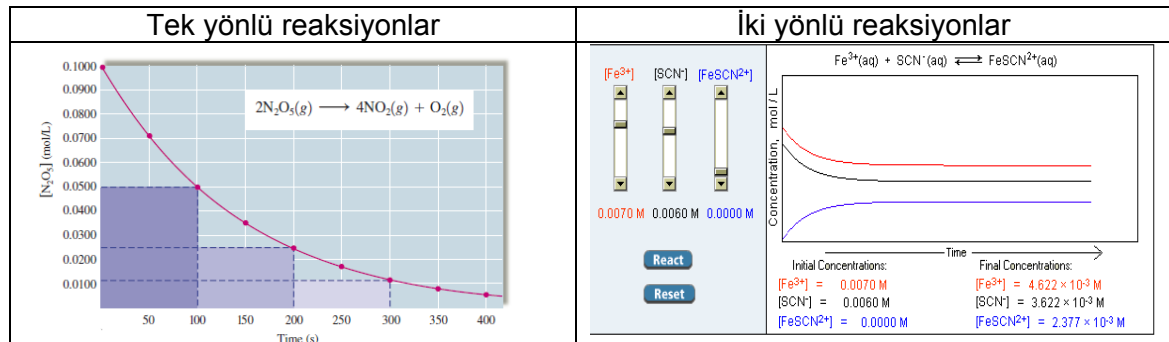
İki yönlü reaksiyonlara analogi

<p>Early morning</p> <p>Initially, there are 20 skis in the shop. 0 pairs of skis return per hour. 5 pairs of skis leave per hour. No skis on the slope.</p> <p>1 Step</p>	<p>Later in the day</p> <p>12 skis in the shop. 2 pairs of skis return per hour. 4 pairs of skis leave per hour. 2 pairs of skis on the slope (Fewer skis available so fewer are rented per hour). (More skis on the slope so more skis are returned)</p> <p>2 Step</p>				
<p>Later in the day</p> <p>12 skis in the shop. 3 pairs of skis return per hour. 3 pairs of skis leave per hour. 3 pairs of skis on the slope (Fewer skis available so fewer are rented per hour). (More skis on the slope so more skis are returned)</p> <p>3 Step</p> <p>Equilibrium (No change in the number of skis in the shop and on the slope)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Paylaşılan özellikler</th> <th>Paylaşılmayan özellikler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Paylaşılan özellikler	Paylaşılmayan özellikler		
Paylaşılan özellikler	Paylaşılmayan özellikler				

Tek yönlü reaksiyonlara analogi

<p>Later in the day</p> <p>12 skis in the shop. 4 pairs of skis return per hour. 0 pairs of skis on the slope.</p> <p>1 Step</p>	<p>Later in the day</p> <p>12 skis in the shop. 3 pairs of skis return per hour. 1 pair of skis on the slope.</p> <p>2 Step</p>				
<p>Later in the day</p> <p>12 skis in the shop. 2 pairs of skis return per hour. 2 pairs of skis on the slope.</p> <p>3 Step</p>	<p>Later in the day</p> <p>12 skis in the shop. 1 pair of skis return per hour. 3 pairs of skis on the slope.</p> <p>4 Step</p>				
<p>Later in the day</p> <p>12 skis in the shop. 0 pairs of skis return per hour. 4 pairs of skis on the slope.</p> <p>5 Step</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Paylaşılan özellikler</th> <th>Paylaşılmayan özellikler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Paylaşılan özellikler	Paylaşılmayan özellikler		
Paylaşılan özellikler	Paylaşılmayan özellikler				

Derinleşme basamağında iki yönlü ve tek yönlü reaksiyonlarda simülasyon örnekleri aşağıda tabloda verilmiştir.

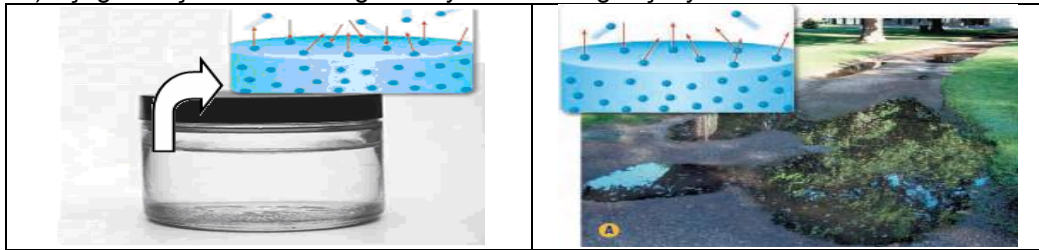


Tablo 6'nın devamı

Değerlendirme Basamağı

Değerlendirme basamağında öğretmen yazılı olarak ve ya performans değerlendirmesiyle öğrencilerin anlamalarını değerlendirebilir. Öğrencilere biri sınıf içi ve diğeri sınıf dışı olmak üzere iki değerlendirme etkinliği sunulur. Sınıf içi etkinlik olarak öğrencilere hedeflenen kavramları içeren birkaç tane doğru-yanlış sorusu dağıtılır ve 10 dakika süre verilir. Cevaplanan sorular öğretmen tarafından toplanır ve öğrencilerin yardımıyla tabloda doğru ve yanlış olanları açıklanır. Öğrencilere reaksiyonların hangilerinin çift yönlü olduğu ve eğer tek yönlü gerçekleşseydiler neler olabileceği sorulur. Ayrıca sınıf dışı etkinlik olarak öğrencilere bölüm sonlarında tek ve çift yönlü reaksiyonlara göre transfer soru tiplerini içeren değerlendirme etkinlikleri dağıtılır. Soruları uygun şekilde cevaplamaları ve bir sonraki hafta derste teslim etmeleri istenir.

1) Aşağıdaki şekillerden hangisi tek yönlü ve hangisi çift yönlü olabilir?



2) Kimyasal dengenin bir foto korom gözlüğün camlarının güzelliğiyle ilgili olabileceğini hiç düşündünüz mü? Resimdeki gözlüğün camları üzerindeki renk değişimleri farklı kimyasal reaksiyonun sonucudur. Bu reaksiyonların sonucunda oluşan değişik erişimlerdeki maddeler, renkli camları verir. Bu renk değişiminin sebebi ne olabilir? ($Ag^+ + e \rightleftharpoons Ag$)

**Ders Planı 2. Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı**

Bölüm I	
Dersin adı	Genel Kimya
Sınıf	Biyoloji bölümü 1. sınıf
Konu	Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı nedir?
Önerilen süre	2 ders saati
Bölüm 2	
Öğrenci kazanımları	İki zıt işlemin eşit hızla gerçekleştiği bir denge sisteminde nelerin olacağını anlaması
Ünite kavramları ve sembolleri	Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı
Öğretme ve öğrenme yöntem ve teknikleri	5E Modeli
Kullanılan eğitim teknolojileri ve materyaller	Kavramsal değişim metinleri, analogi, animasyon ve simülasyon destekli öğretim

Tablo 6'nın devamı

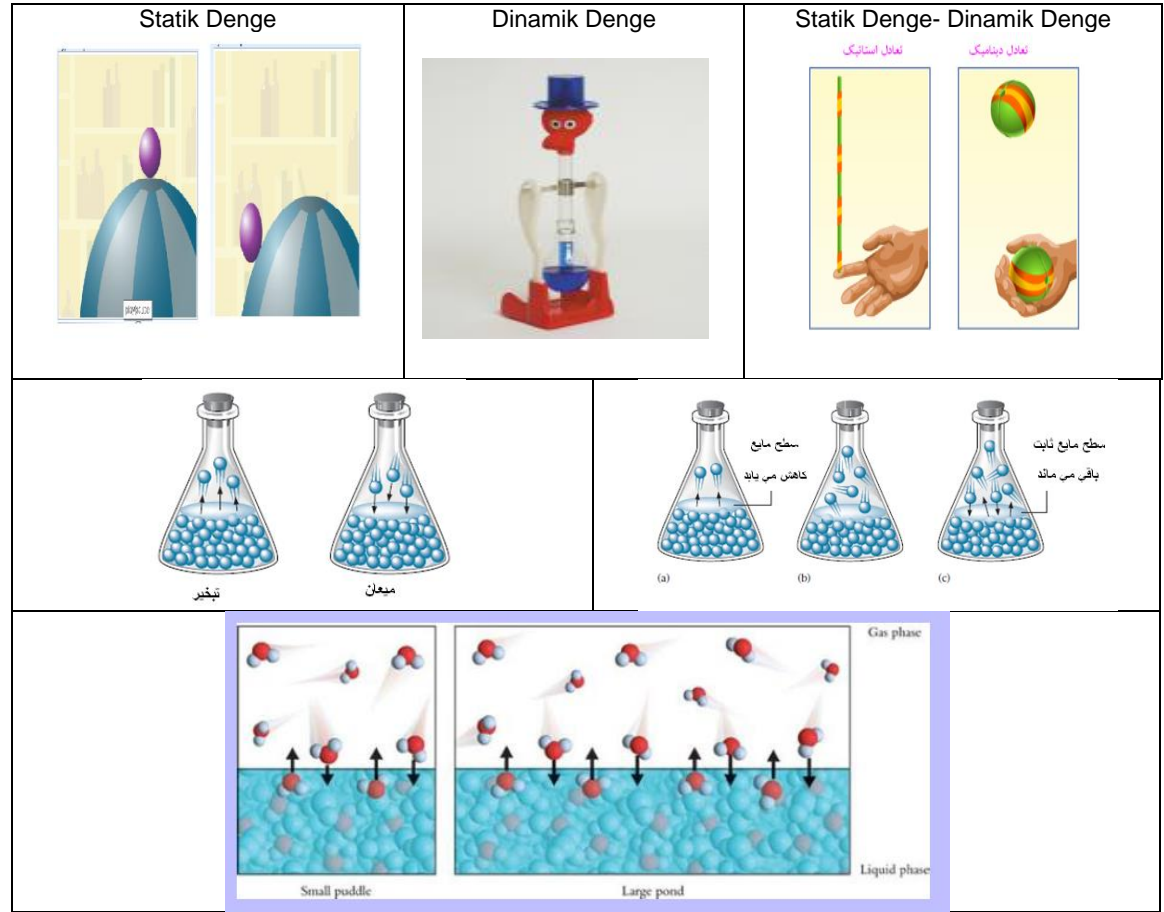
Konuyla ilgili kavram yanılgıları

Denge tepkimelerinde ileri tepkime hızı geri tepkime hızından büyük olmalıdır.

Sistem dengede iken dengedeki türlerin derişimi sürekli değişir.

Girme Basamağı

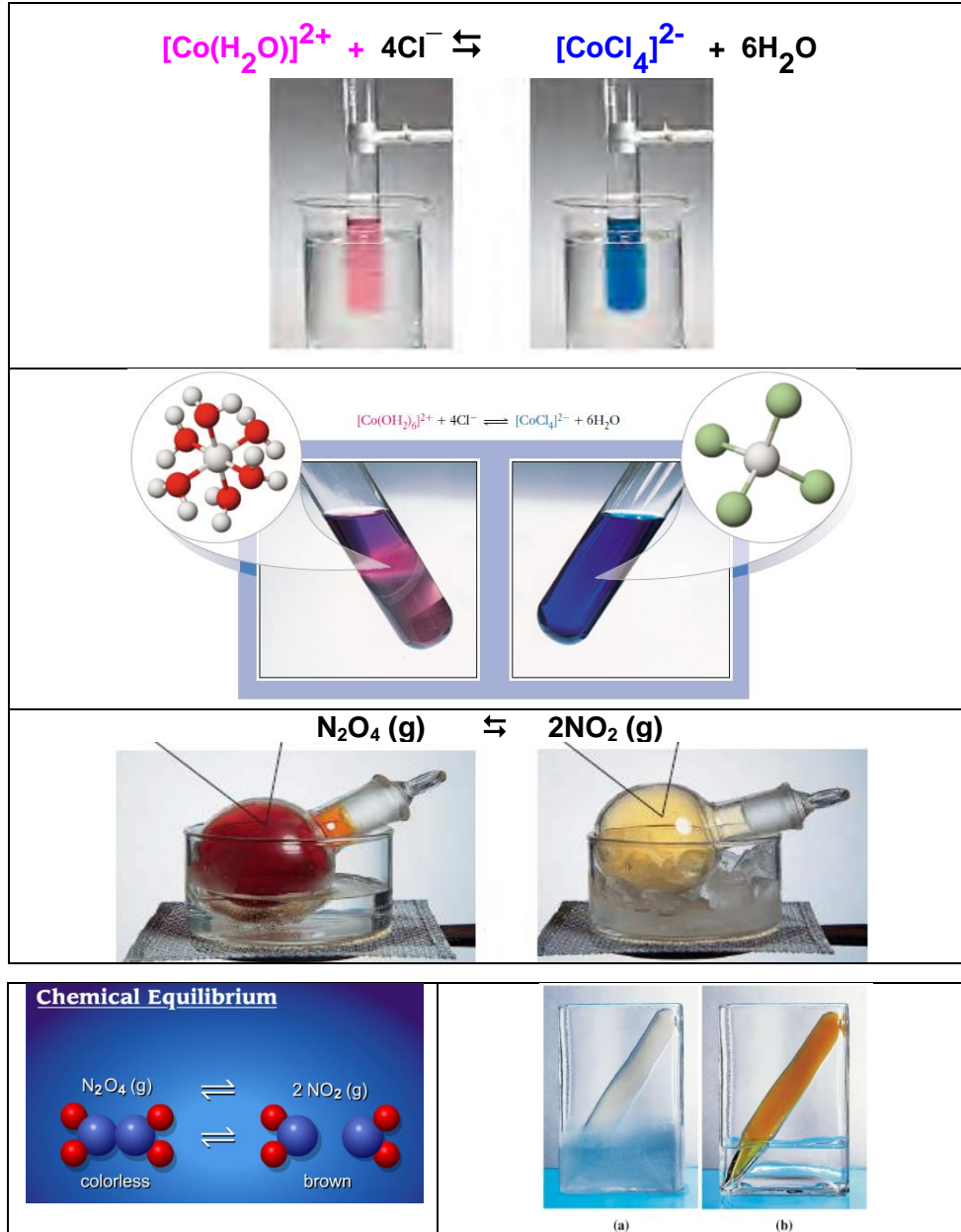
Girme basamağında başlangıçta, öğrenciler soru sormaya ve çeşitli fikirler ileri sürmeye teşvik edilir. Öğrencilere denge kavramı ve dengenin dinamik yapısıyla ilgili soru sorulur. Giriş etkinliğinde öğrencilerin ünite ile ilgili ön fikirleri alınır ve daha sonra öğrenilenlerin hatırlanması amacıyla kısa video gösterisi yapılır. Öğrencilerin ön bilgilerinin ve alternatif kavramalarının belirlenmesi amacıyla etkinlikteki olay hakkında soru sorulur. Öğrenciler cevaplarını yazarak sınıf içerisindeki diğer arkadaşlarıyla paylaşırlar. Öğrencilerin ünite ile ilgili ön bilgilerinin ortaya çıkarılması için denge kavramı ve dengenin dinamik yapısıyla ilgili aşağıdaki örnekler verilir ve düşünceleri alınır.

**Keşfetme Basamağı**

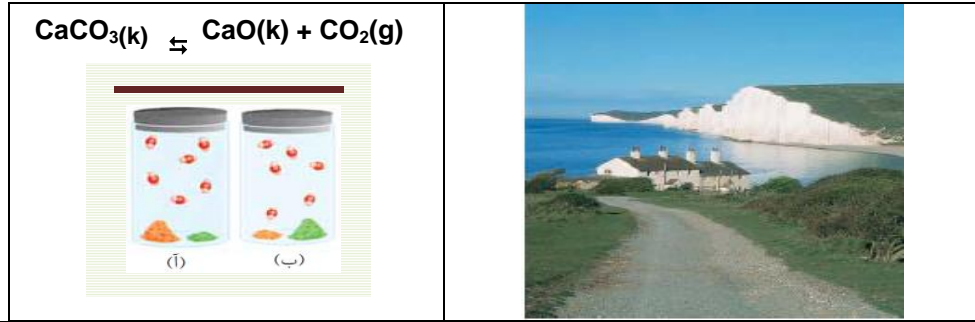
Keşfetme basamağında öğrenciler grupta birlikte çalışarak yeni bilgiler toplamaya başlarlar. Bu amaçla daha önceden hazırlanmış deneylerin video kayıtları ve animasyonlar öğrencilere izletilir ve makroskobik animasyonlar üzerinde incelemelerde bulunarak veriler toplamaları sağlanır. Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısıyla ilgili animasyonlar öğrenciler tarafından bilgisayarda izlenir ve bu yolla tanecikler düzeyinde gerçekteşen olaylara yönelik veri toplamaları sağlanır. Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısında maddenin molekül yapısında meydana gelen değişmeler olduğu ve bu değişiklik olurken moleküller arası ve

Tablo 6'nın devamı

moleküllerdeki atomları bir arada tutan bağların koptuğu ve yeni düzenlemeler sonucunda yeni bağların oluşarak farklı özellikte yeni bir maddenin oluştuğu ifade edilir. Konu anlatım esnasında ve animasyonların izlenmesi sonrasında öğrencilerden grup olarak görüş oluşturmaları istenir. Öğretmen, öğrencilere üzerinde düşünmelerini sağlayacak şekilde sorular yönelterek rehberlik yapar. Keşfetme basamağında kullanılan etkinlik ve olaylara ait örnek ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.



Tablo 6'nın devamı



Açıklama Basamağı

Öğrenciler topladıkları veriler yardımıyla yeni kavramlara ulaşmaya çalışırlar. Bu basamakta öğrenciler denge kavramı ve dengenin dinamik yapısının özelliklerine göre topladıkları verilerden yola çıkarak açıklamalarda bulunurlar. Öğrenciler önceki basamakta elde ettikleri verilere yönelik sorulara cevaplar üreterek arkadaşları ile tartışır, paylaşır ve bilgi üretmeye çalışırlar. Tepkimelerin neden dinamik ve neden statik olmadığı tartışılır. Öğrencilere kavramsal değişim metinleri dağıtılır. Metinleri okumaları sağlanır ve metinlerdeki açıklamalar tartışılır. Öğretmenin görevi kavramsal değişime yardımcı olmak ve gerekli bilimsel açıklamaları sunmaktır. Aşağıdaki metin öğrencilerle birlikte okunur ve üzerinde tartışılır.

Kavramsal Değişim Metni

Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı



Bazı öğrenciler "*Denge tepkimelerinde ileri tepkime hızının geri tepkime hızından büyük olması gerektiğini düşünürler veya diğer bir deyişle bazı öğrencilerin düşüncelerine göre "girenlerin karıştırılmasından itibaren reaksiyon dengeye ulaşınca kadar ileri yöndeki reaksiyon hızı zamanla artar ve sistemin dengeye gelmesi için geri yöndeki reaksiyon hızı azalır"*.

Öğrencilerin böyle düşünceleri yanlıştır.

Derişimdeki artış birim zamandaki çarpışma sayısının artmasına dolayısıyla da reaksiyonla sonuçlanabilecek çarpışmaların artmasına neden olduğu için reaksiyon hızını artırır. Derişimdeki azalmada ise birim zamanda meydana gelebilecek çarpışmalar azaldığı için reaksiyon hızı azalır. Tersinir tepkimeler başlangıçta, yalnızca ürünler yönünde yürürler. Ürün molekülleri oluştuğça, ters yönde de bir tepkime başlar ve yeniden tepken molekülleri oluşur. Bir reaksiyon başladıktan bir süre sonra girenler çarpışarak ürünleri oluşturduğu için ürünlerin derişimi artarken girenlerin derişimi de azalır. Reaksiyonun başlangıcından dengeye gelinceye kadar girenlerin derişimi azaldığı için ileri yöndeki reaksiyon hızı azalır. Reaksiyonun başlangıcında ortamda ürün oluşmadığı için geri yöndeki reaksiyon hızı sıfırdır. İlk anlarda bu ters tepkimenin hızı küçük olmakla birlikte, ürün molekülünün derişimi arttıkça ters tepkimenin de hızı artar. Reaksiyon oluşmaya başlayınca ürünlerin derişimi artmaya başladığı için ürünlerin girenlere dönüşme hızı da artacaktır. Dolayısıyla reaksiyon dengeye gelinceye kadar geri yöndeki reaksiyon hızı da artar. Reaksiyonun başlangıcında ileri yöndeki reaksiyon hızı en fazla iken geri yöndeki reaksiyon hızı en yavaştır. Bir süre sonra, ileri ve geri tepkimelerin hızları eşit hale gelir. İşte bu anda kimyasal denge kurulmuştur.

 Tablo 6'nın devamı

Bazı öğrenciler sistem dengede iken dengedeki türlerin derişiminin sürekli değiştiiğini düşünürler.

Öğrencilerin böyle düşünceleri yanlıştır.

Bu düşünce dengedeki reaksiyon hızlarının bir sarkaca benzetilmesi sonucu ortaya çıkar ve önce ileri yöndeki reaksiyon olur sonra geri yöndeki reaksiyon olursa dengedeki türlerin derişimi sürekli bir artar bir azalır sonucu ortaya çıkar. Fakat dengede ileri ve geri yöndeki hızlar aynı anda olduğu için dengedeki türlerin derişimi değişmez sabit kalır. Yani her hangi bir anda girenlerden biri ürünlere dönüşürken kabın herhangi bir yerinde de ürünlerden biri girenlere dönüşür. Bu dönüşüm hızları eşit olduğu için türlerin derişimi sabit kalır. Kimyasal reaksiyonlar, ileri ve geri reaksiyon hızlarının aynı olduğu bir dinamik denge durumuna ulaşır. Denge durumunda, reaktiflerin ve ürünlerin miktarı sabit kalır. Ancak denge halinde bu madde miktarı, başlangıçta var olan maddelerin ve ürünlerin miktarına bağlıdır. Genel olarak bir reaksiyonda denge durumunda, reaktiflerin ve ürünlerin derişimlerinin oranı sabit bir değerdir. Denge bileşiminde net bir değişim olmaz, ortamdaki türlerin değişimi sabit kalmakla birlikte, moleküler seviyede kimyasal bir reaksiyon durmaz. Madde derişimlerinin sabit olması, tersinir tepkimelerde ileri tepkime hızının, geri tepkime hızına eşit olduğunu ve kimyasal dengeye ulaşıldığını gösterir.

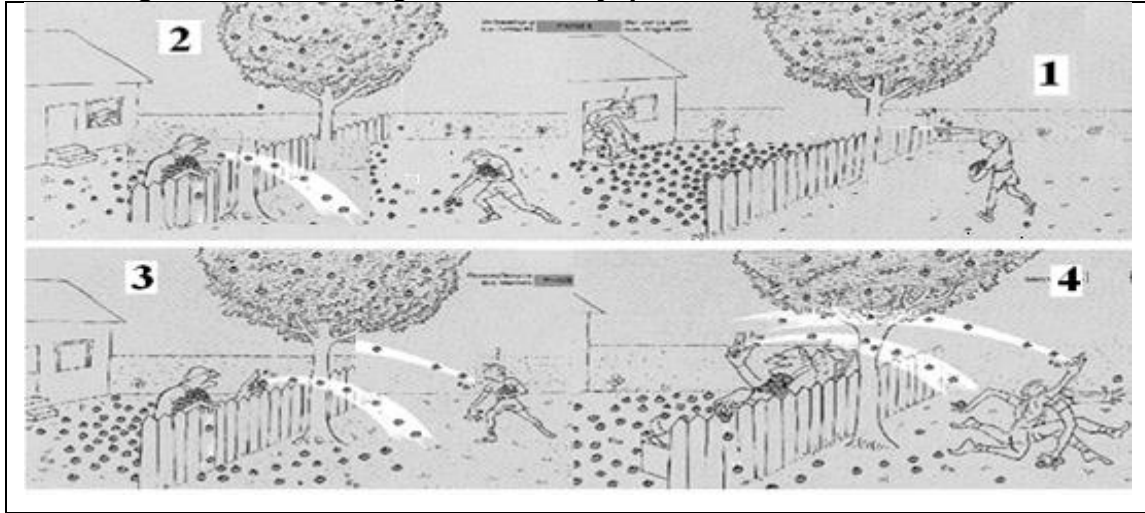
Derinleşme Basamağı

Öğrencilerin öğrendikleri konuları pekiştirmeleri ve detaylandırmalarını sağlamak üzere onlara hazırlanan analogiler incelettirilir. Analoji ve hedef kavramlar arasında paylaşılan özellikler ve paylaşılmayan özellikler tartışılır. Öğrencilerin anlamada güçlük çektikleri durumlarla ilgili açıklamalar yapılır. Tartışmalar sırasında öğretmen tarafından tespit edilen yanlışlar düzeltilir. Tek ve çift yönlü reaksiyonlarla ilgili simülasyonlar öğrencilere izlettirilir. Bu yolla gözlenmesi imkânsız olan taneciklerin ve olayların bilgisayar destekli simülasyonlarla somutlaştırılmasına imkân sağlanmaya çalışılır. Simülasyon programlarında farklı bağımsız değişkenler verilerek bağımlı değişkenlerin miktarları hesaplanmıştır. Deneyleri istedikleri kadar tekrarlayabilmelerine izin verilerek ve tartışmalar yaptırılarak kavramalarını geliştirmeleri sağlanmaya çalışılır. Değişkenleri kullanarak grafik ve tablo oluşturmaları istenir. İncelenmeye başlanan konuya yeni bilgiler elde edildikten sonra geri dönölür ve öğrenciler birlikte edindikleri bilgileri yeni durumlarda uygularlar. Öğretmen, öğrencilerin çalışmalarına ve öğrendikleri kavramları ve becerilerini sunmalarına imkân sağlar. Derinleştirme basamağında kullanılan etkinlik ve olaylara ait örnek ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.

Aşağıda dinamik dengeye ulaşma sürecinde ileri ve geri reaksiyon hızları ve dengedeki türlerin derişim değişimi ile ilgili bir analogi örneği sunulmuştur. İki elma bahçesi düşünün ve iki kişinin sağdan sola ve soldan sağa elma atmasının sayısını farz edin. İki kişi arasında bir elma yarışı yapılıyor. Bu yarış dinamik denge modeline örnek bir analogi olabilir. Yarışın başlangıcında elma sayısı solda fazla iken sağ bahçede hiç elma yoktur (1 nolu resim). Yarışın başlangıcında sol bahçedeki kişi elmaları sağ bahçeye doğru atmaya başlar. Başlangıçta sağdaki bahçede elma olmadığı için sağdan sola elma atılması söz konusu değildir. Yarış başladıktan bir süre sonra sağ bahçede de elma birikmeye başlar (2 nolu resim) ve sağ bahçedeki kişi de sol bahçeye elma atmaya başlar. Ancak sol bahçedeki elma sayısı daha fazla olduğundan soldan sağa atılan elma sayısı daha fazadır. Bir süre sonra sağ taraftaki elma sayısı da artacağından sağdan sola atılan elma sayısı da artmaya başlar ve sonunda soldan sağa ve sağdan sola atılan elma sayısı eşitlenir. Elmalar sürekli hareket halinde olduğu halde bahçelerdeki toplam elma sayısı sabittir.

Tablo 6'nın devamı

Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı



Analoji: Denge kavramı ve dengenin dinamik yapısı

Analoji: Elma bahçesi	Hedef kavram: Dengeye ulaşana kadar ileri ve geri yöndeki reaksiyon hızı ve dengedeki türlerin derişim değışimi
Paylaşılan özellikler	
1- Sabah yarışın başlangıcında sadece sol bahçede elma bulunması	1. Reaksiyonun başlangıcında ortamda yalnızca girenler vardır. Henüz ürün oluşmamıştır.
2-Zaman ilerledikçe sağ bahçede de elma birikmeye başlaması ve sağdan sola da elma atılmaya başlanması	2.Kısa bir süre sonra girenler çarpışarak ürünleri oluşturur. Başlangıçta ortamda ürün olmadığı için reaksiyonun ilk başladığı anda geri yöndeki reaksiyon hızı sıfırdır ancak zamanla artmaya başlar
3-Zamanla sağ bahçede elma sayısı artmaya başlasa da sol bahçedeki elma sayısı daha fazla olduğundan soldan sağa ve sağdan sola atılan elma sayıları eşit değildir.	3. Ürün derişimi az olduğu için tekrar girenlere parçalanma hızı düşüktür. Ama girenlerin derişimi daha fazla olduğu için ileri yöndeki reaksiyon hızı geri yöndeki reaksiyon hızından büyüktür.
4- Bir zamandan sonra soldan sağa ve sağdan sola atan elma sayısı eşit olur ve her iki bahçede elma sayısını sabit olduğu tespit edilmiştir.	4. Bir süre sonra ürün derişimi arttığı için geri yöndeki reaksiyon hızı da artar ve ileri yöndeki reaksiyon hızı geri yöndeki reaksiyon hızına eşit olduğunda denge kurulur. Denge kurulduğu anda dengedeki türlerin derişimi sabit kalır.
Paylaşılmayan özellikler	
1- Bahçelerde hareket eden elmalardır	1. Reaksiyonlarda hareket eden taneciklerdir.
2- Elmalar rastgele ve içgüdüsel olarak hareket ederler	2. Kimyasal reaksiyonlardaki taneciklerin hareketi sahip olduğu kinetik enerjiden dolayıdır.
3- Bahçeliler içgüdüsel olarak eğlenmek için çalışırlar.	3. Kimyasal reaksiyonlarda tanecikler minimum enerji ve maksimum düzensizliğe ulaşmak için reaksiyona girerler.
4- İşlem sırasında elmaların şekil, tür ve toplam sayısı değışmez	4. Kimyasal reaksiyonlarda yeni ve farklı maddeler oluşur.

Derinleşme basamağında denge kavramı ve dengenin dinamik yapısıyla ilgili simülasyon örnekleri aşağıda tabloda verilmiştir.

Tablo 6'nin devamı

16.3 Equilibrium State

16.3 Equilibrium State

SIMULATION

$[\text{Fe}^{2+}]$

$[\text{SCN}^-]$

$[\text{FeSCN}^{2+}]$

React

Reset

Concentration, mol/L

Initial Concentrations:

$[\text{Fe}^{2+}] = 0.0000 \text{ M}$

$[\text{SCN}^-] = 0.0000 \text{ M}$

$[\text{FeSCN}^{2+}] = 0.0000 \text{ M}$

Final Concentrations:

$[\text{Fe}^{2+}] = 0.0000 \text{ M}$

$[\text{SCN}^-] = 0.0000 \text{ M}$

$[\text{FeSCN}^{2+}] = 0.0000 \text{ M}$

EXERCISE

Introduction

This module simulates the reactions that involve Fe^{2+} , SCN^- , and FeSCN^{2+} in aqueous solution. Set the initial concentration of each of the three species and then press and hold down the **React** button to observe the concentration change over time. The reactions that will be examined are:

The forward reaction for the formation of FeSCN^{2+} ,

$$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$$

Continue

and the reverse reaction, the dissociation of FeSCN^{2+} ,

$$\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq})$$

16.3 Equilibrium State

16.3 Equilibrium State

SIMULATION

$[\text{Fe}^{2+}]$

$[\text{SCN}^-]$

$[\text{FeSCN}^{2+}]$

React

Reset

Concentration, mol/L

Initial Concentrations:

$[\text{Fe}^{2+}] = 0.0030 \text{ M}$

$[\text{SCN}^-] = 0.0020 \text{ M}$

$[\text{FeSCN}^{2+}] = 0.0000 \text{ M}$

Final Concentrations:

$[\text{Fe}^{2+}] = 0.0000 \text{ M}$

$[\text{SCN}^-] = 0.0000 \text{ M}$

$[\text{FeSCN}^{2+}] = 0.0000 \text{ M}$

EXERCISE

Introduction

This module simulates the reactions that involve Fe^{2+} , SCN^- , and FeSCN^{2+} in aqueous solution. Set the initial concentration of each of the three species and then press and hold down the **React** button to observe the concentration change over time. The reactions that will be examined are:

The forward reaction for the formation of FeSCN^{2+} ,

$$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$$

Continue

and the reverse reaction, the dissociation of FeSCN^{2+} ,

$$\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq})$$

Tablo 6'nin devamı

16.5 Writing Equilibrium Expressions

16.5 Writing Equilibrium Expressions

SIMULATION

Reaction:

$A \rightleftharpoons B$

$A \rightleftharpoons 2B$

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

$M + 4L \rightleftharpoons ML_4$

[A] = 0.200 M

[B] = 0.000 M

Graphing

Reset

Initial Concentrations:

[A] = 0.200 M

[B] = 0.000 M

Final Concentrations:

[A] = 4.291×10^{-2} M

[B] = 0.314 M

EXERCISE

Introduction

This module simulates the reactions occurring for four systems with different stoichiometries as each moves toward equilibrium. Each has a different value of the equilibrium constant, K_{eq} .

To complete this exercise, select each of the four reactions in turn. For the selected reaction, vary the concentration of species present and determine the value of K_{eq} for that system.

Continue

16.5 Writing Equilibrium Expressions

16.5 Writing Equilibrium Expressions

SIMULATION

Reaction:

$A \rightleftharpoons B$

$A \rightleftharpoons 2B$

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

$M + 4L \rightleftharpoons ML_4$

[A] = 0.200 M

[B] = 0.000 M

Graphing

Reset

Initial Concentrations:

[A] = 0.200 M

[B] = 0.000 M

Final Concentrations:

[A] = 4.291×10^{-2} M

[B] = 0.314 M

EXERCISE

Introduction

This module simulates the reactions occurring for four systems with different stoichiometries as each moves toward equilibrium. Each has a different value of the equilibrium constant, K_{eq} .

To complete this exercise, select each of the four reactions in turn. For the selected reaction, vary the concentration of species present and determine the value of K_{eq} for that system.

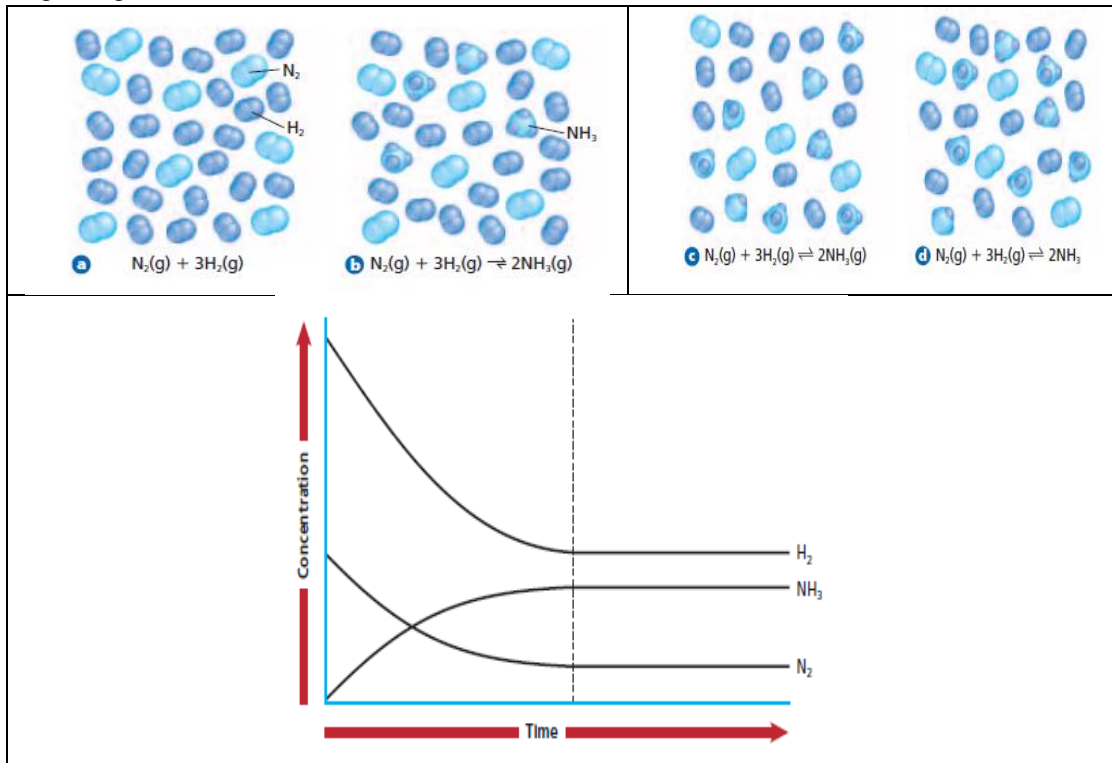
Continue

Tablo 6'nın devamı

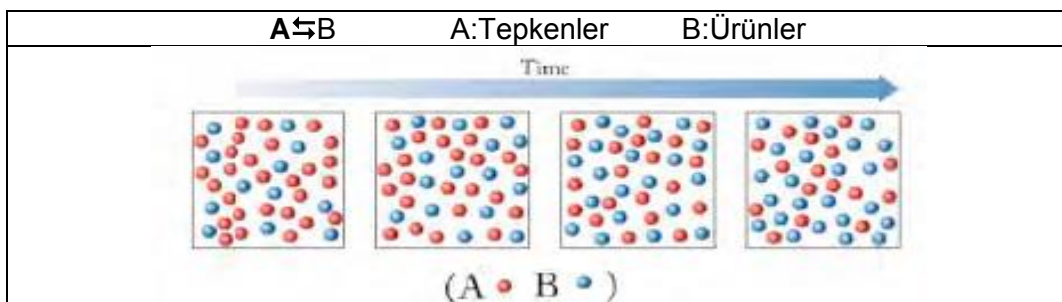
Değerlendirme Basamağı

Değerlendirme basamağında öğretmen yazılı olarak veya performans değerlendirmesiyle öğrencilerin anlamalarını değerlendirebilir. Öğrencilere biri sınıf içi ve diğeri sınıf dışı olmak üzere iki değerlendirme etkinliği sunulur. Sınıf içi etkinlik olarak öğrencilere hedeflenen kavramları içeren birkaç tane doğru-yanlış sorusu dağıtılır ve 10 dakika süre verilir. Cevaplanan sorular öğretmen tarafından toplanır ve öğrencilerin yardımıyla tabloda doğru ve yanlış olanları açıklanır. Öğrencilere denge kavramı ve dengenin dinamik yapısının özellikleri sorulur. Ayrıca sınıf dışı etkinlik olarak öğrencilere bölüm sonlarında denge kavramı ve dengenin dinamik yapısına göre transfer soru tiplerini içeren değerlendirme etkinlikleri dağıtılır. Soruları uygun şekilde cevaplamaları ve bir sonraki hafta derste teslim etmeleri istenir.

1) Aşağıdaki şekilleri açıklayınız sonra şekillerin yerlerini aşağıdaki değişim zaman grafiğinde gösteriniz?



2) $A \rightleftharpoons B$ şeklinde verilen bir tepkimenin belli bir sıcaklıktaki ilerleyişi aşağıda şematize edilmiştir. Soldaki şekilden başlayarak son şekle kadar tepkenlerin ve ürünlerin (mavi ve kırmızı küreler) sayısını belirleyiniz. Reaksiyondan dengenin ne zaman kurulduğunu belirleyiniz.



A \rightleftharpoons B		A:Tepkenler	B:Ürünler		
Tablo 6'nın devamı					
1	2	3	4	5	6

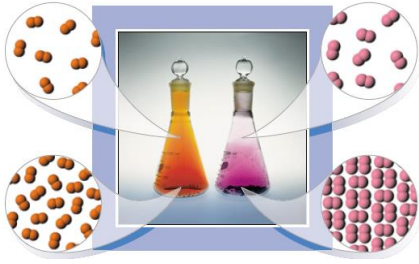
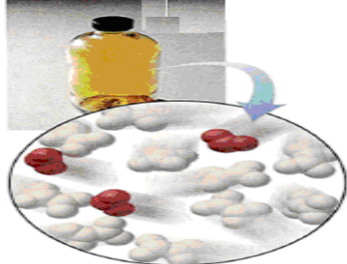
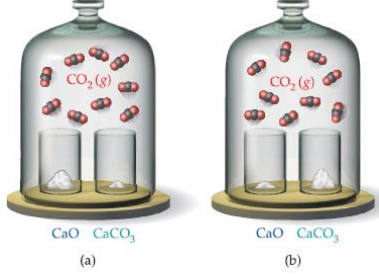
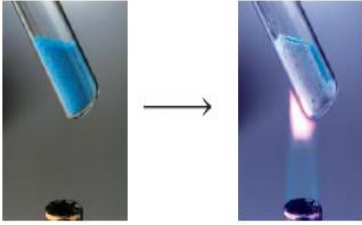

Ders Planı 3. Homojen ve heterojen denge, denge sabiti, tepkime oranı (Q) ve reaksiyonun yönü

Bölüm 1	
Dersin adı	Genel Kimya
Sınıf	Biyoloji bölümü 1. sınıf
Konu	Homojen ve heterojen denge, denge sabiti, tepkime oranı (Q) ve reaksiyonun yönü
Önerilen süre	2 ders saati
Bölüm 2	
Öğrenci kazanımları	Homojen ve heterojen denge özelliklerinin tanımı, denge sabiti ve tepkime oranı (Q) arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları açıklayabilme, tepkime yönünün öngörülmesi
Ünite kavramları ve sembolleri	Homojen ve heterojen denge, denge sabiti, tepkime oranı (Q), reaksiyonun yönü
Öğretme ve öğrenme yöntem ve teknikleri	5E Modeli
Kullanılan eğitim teknolojileri ve materyaller	Kavramsal değişim metinleri, analogi, animasyon ve simülasyon destekli öğretim
Konuyla ilgili kavram yanılgıları	Reaksiyona giren maddelerin ve ürünlerin miktarları değiştiğinde denge sabitinin (Kd) sayısal değeri değişir. Denge sabitinin büyük olması reaksiyonun hızlı, denge sabitinin küçük olması ise reaksiyonun yavaş olduğunu gösterir.

Girme Basamağı

Girme basamağında başlangıçta, öğrenciler soru sormaya ve çeşitli fikirler ileri sürmeye teşvik edilir. Öğrencilere homojen ve heterojen denge reaksiyonların karşılaştırılmasıyla ilgili soru sorulur. Giriş etkinliğinde öğrencilerin ünite ile ilgili ön fikirleri alınır ve daha sonra öğrenilenlerin hatırlanması amacıyla kısa video gösterisi yapılır. Öğrencilerin ön bilgilerinin ve alternatif kavramalarının belirlenmesi amacıyla etkinlikteki olay hakkında soru sorulur. Öğrenciler cevaplarını yazarak sınıf içerisindeki diğer arkadaşlarıyla paylaşırlar. Öğrencilerin ünite ile ilgili ön bilgilerinin ortaya çıkarılması için homojen ve heterojen denge reaksiyonlarla ilgili aşağıdaki örnekler verilir ve düşünceleri alınır.

Tablo 6'nın devamı

$I_2(s) \rightleftharpoons I_2(g)$	$Br_2(l) \rightleftharpoons Br_2(g)$	$N_2O_4(g; \text{colorless}) \rightleftharpoons 2NO_2(g; \text{brown})$
		
$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$		
		
$CuSO_4 \cdot 5H_2O(s) \rightleftharpoons CuSO_4(s) + 5H_2O(g)$		
		

Keşfetme Basamağı

Keşfetme basamağında öğrenciler grupta birlikte çalışarak yeni bilgiler toplamaya başlarlar. Bu amaçla daha önceden hazırlanmış deneylerin video kayıtları ve animasyonlar öğrencilere izletilir ve makroskobik animasyonlar üzerinde incelemelerde bulunarak veriler toplamaları sağlanır.

Konu anlatım esnasında ve animasyonların izlenmesi sonrasında öğrencilerden grup olarak görüş oluşturmaları istenir. Öğretmen, öğrencilere üzerinde düşünmelerini sağlayacak şekilde sorular yönelterek rehberlik yapar. Keşfetme basamağında kullanılan etkinlik ve olaylara ait örnek ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 6'nın devamı

Aşağıdaki i, ii ve iii şekillerde kürelerin sayısını hesaplayınız

(i) (ii) (iii)

Aşağıdaki şekil i ve ii de kürelerin sayısını hesaplayınız ve farklılıklarını karşılaştırınız.

(i) (ii)

<p>Chemical Equilibrium</p> <p>$\frac{[\text{NO}_2]}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 4.63 \times 10^{-3}$</p> <p>1</p>	<p>Chemical Equilibrium</p> <p>$\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 4.63 \times 10^{-3}$</p> <p>2</p>
<p>Chemical Equilibrium</p> <p>$\frac{[\text{NO}_2]}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 4.63 \times 10^{-3}$</p> <p>3</p>	<p>Chemical Equilibrium</p> <p>$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 4.63 \times 10^{-3}$</p> <p>4</p>
<p>Aşağıda deneylerde başlangıç molar derişimi ve denge molar derişimi gösteriniz.</p>	

Tablo 6'nın devamı

Table 10-1

Three Experiments for an Equilibrium System							
$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ at 731 K							
Trial	$[H_2]_0$ (M)	$[I_2]_0$ (M)	$[HI]_0$ (M)	$[H_2]_{eq}$ (M)	$[I_2]_{eq}$ (M)	$[HI]_{eq}$ (M)	$K_{eq} = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$
1	1.0000	2.0000	0.0	0.06587	1.0659	1.8682	$\frac{[1.8682]^2}{[0.06587][1.0659]} = 49.70$
2	0.0	0.0	5.0000	0.5525	0.5525	3.8950	$\frac{[3.8950]^2}{[0.5525][0.5525]} = 49.70$
3	1.0000	1.0000	1.0000	0.2485	0.2485	1.7515	$\frac{[1.7515]^2}{[0.2485][0.2485]} = 49.70$

Açıklama Basamağı

Bu basamakta öğrenciler tek ve çift yönlü reaksiyon özelliklerine göre topladıkları verilerden yola çıkarak açıklamalarda bulunurlar. Öğrenciler önceki basamakta elde ettikleri verilere yönelik sorulara cevaplar üretmek arkadaşları ile tartışır, paylaşır ve bilgi üretmeye çalışırlar. Bazı tepkimelerin neden tek yönlü ve bazı tepkimelerin neden çift yönlü olduğu tartışılır. Öğrencilere kavramsal değişim metinleri dağıtılır. Metinleri okumaları sağlanır ve metinlerdeki açıklamalar tartışılır. Öğretmenin görevi kavramsal değişime yardımcı olmak ve gerekli bilimsel açıklamaları sunmaktır. Aşağıdaki metin öğrencilerle birlikte okunur ve üzerinde tartışılır.

Kavramsal Değişim Metni

Denge sabiti ile hız sabitleri arasında bir ilişki var mıdır?



Bazı öğrenciler denge sabitinin büyük olduğu reaksiyonun hızlı, denge sabitinin küçük olduğu reaksiyonun ise yavaş olduğunu düşünürler.

Öğrencilerin böyle düşünceleri yanlıştır.

Denge sabitinin büyük olması ya da küçük olması reaksiyonun hızlı ya da yavaş olduğu hakkında bilgi vermez. Bazı reaksiyonların hızları oldukça yavaş olmasına rağmen denge sabiti oldukça büyüktür. Reaksiyon hızı; reaksiyonun hızlı ya da yavaş olduğunu gösterir. Denge sabiti ise girenlerin ne kadarının ürünlere dönüşüp dönüşmediğini gösterir. Reaksiyonun hızlı olması bu dönüşüm oranını artırmaz veya yavaş olması da azaltmaz. İleri ve geri yöndeki tepkime hızlarının denge durumunda eşit hale gelmesi, aralarında bir ilişki olması gerektiğini düşündürmektedir. İleri ve geri tepkimeler için hız yasaları sayısal sabitleri (hız sabitleri) ve derişim terimlerini üssel olarak içermektedir. Ayrıca, eğer dengede hız eşitliklerinin birisini diğerine eşitlesek, derişim terimlerinin (üssel olarak) oranı ile hız sabitlerinin oranını içeren bir eşitlik türetebiliriz. Temel güçlük, denge sabiti eşitliğindeki derişim terimlerinin üssel değerlerinin denkleştirilmiş eşitliklerdeki katsayılarla aynı olmasıdır; oysa hız yasalarındaki üssel değerler genellikle bu katsayılarla aynı değildir.

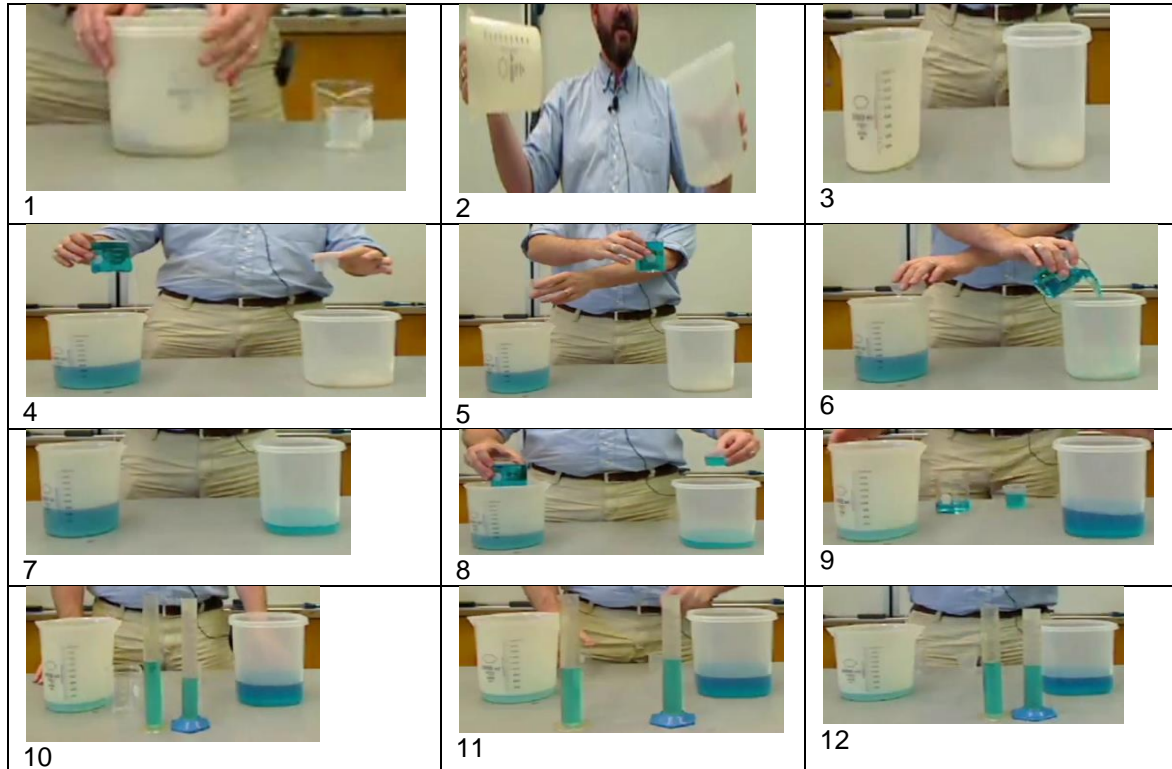
Tablo 6'nın devamı

Derinleşme Basamağı

Öğrencilerin öğrendikleri konuları pekiştirmeleri ve detaylandırmalarını sağlamak üzere onlara hazırlanan analogiler incelettilir. Analoji ve hedef kavramlar arasında paylaşılan özellikler ve paylaşılmayan özellikler tartışılır. Öğrencilerin anlamada güçlük çektikleri durumlarla ilgili açıklamalar yapılır. Tartışmalar sırasında öğretmen tarafından tespit edilen yanlışlar düzeltilir. Denge sabitiyle ilgili simülasyonlar öğrencilere izlettirilir. Bu yolla gözlenmesi imkânsız olan taneciklerin ve olayların bilgisayar destekli simülasyonlarla somutlaştırılmasına imkân sağlanmaya çalışılır. Simülasyon programlarında farklı bağımsız değişkenler verilerek bağımlı değişkenlerin miktarları hesaplanmıştır. Deneyleri istedikleri kadar tekrarlayabilmelerine izin verilerek ve tartışmalar yaptırılarak kavramalarını geliştirmeleri sağlanmaya çalışılır. Değişkenleri kullanarak grafik ve tablo oluşturmaları istenir. İncelenmeye başlanan konuya yeni bilgiler elde edildikten sonra geri dönülür ve öğrenciler birlikte edindikleri bilgileri yeni durumlarda uygularlar. Öğretmen, öğrencilerin çalışmalarına ve öğrendikleri kavramları ve becerilerini sunmalarına imkân sağlar. Derinleştirme basamağında kullanılan etkinlik ve olaylara ait örnek ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.

Denge sabiti, başlangıç derişimi ve denge derişimine ilişkin bir analoji örneği

Analoji 1: İki tane 1 litre beher, bir tane 250 ml beher ve bir tane 50 ml beher. İki tane 1 litre beherler bir birinin içine girebilirler. 1 litre beher 500 ml çizgisine kadar mavi renkli çözeltiyle doldurulur. Daha sonra 250 ml beher yardımıyla 1 litre beherden (soldan) su alıp ikinci 1 litre beherde (sağa) boşaltıyoruz. 250 ml beher yardımıyla soldaki beherden sağa mavi su transfer edilir ve 50 ml beherle sağdan sola su transfer edilir. Her defa solda ve sağda 1 litre beherlerde kalan su ve 250 ve 50 ml beherle transfer edilen mavi su miktarın hacmini belirleyip ve tabloda reaksiyona girenler, ürünler, transfer 1 ve transfer 2 mavi su miktarları sütunlarında yazılır. Yaptığınız işlemler bir kaç defa tekrarlanır ve veriler tabloya kaydedilir. Transfer edilen beherlerdeki mavi su miktarları eşit olduğunda işlemler sona erdirilir. Bu deney en az 5 veya 6 defa yapılmalıdır.

Analoji 1: Denge sabiti, başlangıç derişim ve denge derişimi

Tablo 6'nın devamı

Tablo: Analoji örneği

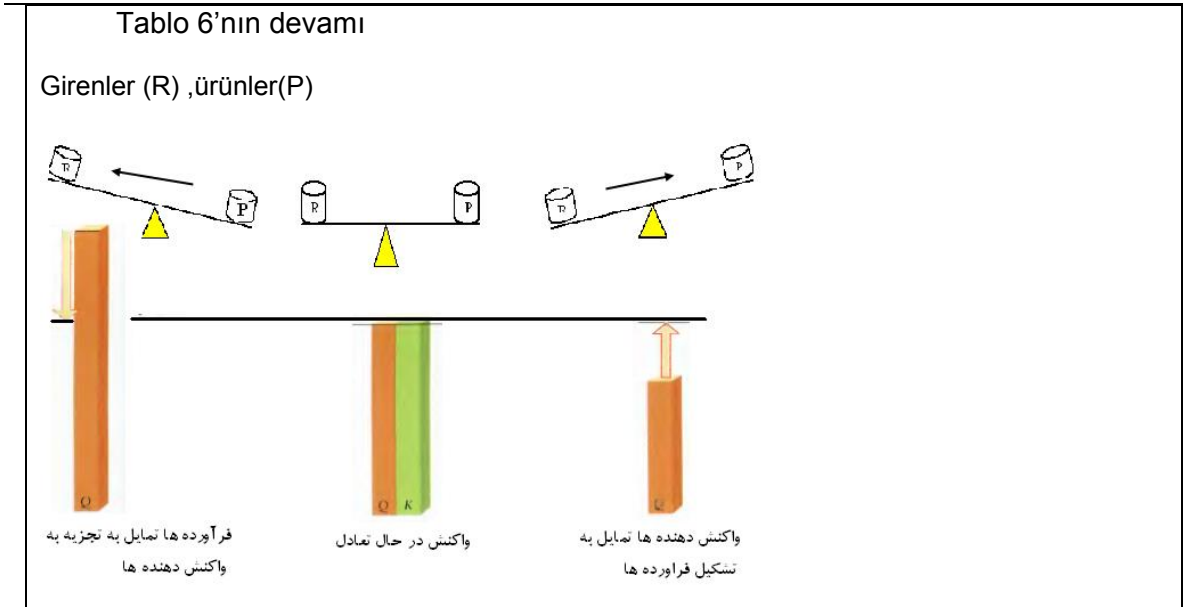
Analoji: Beherler	Hedef kavram: Denge sabiti, başlangıç derişim ve denge derişimi
Paylaşılan özellikler	
Birinci beherdeki mavi su (soldaki)	Reaksiyona giren madde (A)
İkinci beherdeki mavi su (sağdaki)	Reaksiyonda oluşan ürünler (B)
Birinci beherden ikinci behere mavi su aktarmak	İleri reaksiyon $A(aq) \rightarrow B(aq)$
İkinci beherden birinci behere su aktarmak	Geri reaksiyon $B(aq) \rightarrow A(aq)$
Sürekli olarak birinci beherden ikinci behere mavi su aktarırken ikinci beherden de birinci behere mavi su aktarılması	Tersinir reaksiyonlarda ileri ve geri reaksiyonların sürekli olarak karşılıklı gerçekleşmeleri.
Birinci beherdeki mavi su seviyesi	Reaksiyona giren maddelerin derişimleri (A)
İkinci beherdeki su seviyesi	Reaksiyonda oluşan maddelerin derişimleri (B)
Sağ ve sol beherlerdeki su seviyelerinin belli bir denemeden sonra değişmemesi	Girenlerin ve ürünlerin denge anında derişimleri ve derişimlerinin sabit kaldığı
Belirli denemeden sonra 250 ve 50 ml beherlerde mavi su hacimlerin sabit kalması ve eşit olması	Denge anında ileri reaksiyon hızıyla geri yöndeki reaksiyon hızının eşit olduğu
Paylaşılmayan özellikler	
Birinci beherden ikinci behere, ikinci beherden de birinci behere mavi su transfer etmek	İleri ve geri reaksiyona
Sürekli olarak birinci beherden ikinci behere su aktarırken ikinci beherden de birinci behere su aktarılması	Tersinir reaksiyonlarda mikroskobik olayları çıplak gözle göremeyiz.
Birinci ve ikinci beherdeki su seviyeleri	Giren ve ürünlerin denge derişimleri
250 ve 50 ml beherlerde mavi su seviyelerinin belli bir denemeden sonra eşit olması	Denge anında ileri reaksiyon hızıyla geri yöndeki reaksiyon hızının eşit olduğunu çıplak gözle göremeyiz

Analoji 2: Aşağıda dengeye ulaşma sürecinde sistem ileri ve geri yöne kayarak ve ürünlerin tepkenlere oranı ve tepkenlerin ürünlere oranı ile ilgili bir analoji örneği sunulmuştur. Bir çocukların tahterevallide oynamasını düşünün ve tahterevallide iki farklı kütlesi olan çocuğun oynamasını farz edin.

Denge sabiti, tepkime oranı (Q) ve reaksiyonun yönüne ait analoji

Denge sabiti, tepkime oranı (Q) ve reaksiyonun yönüne ait analoji





Tablo: Analoji örneği

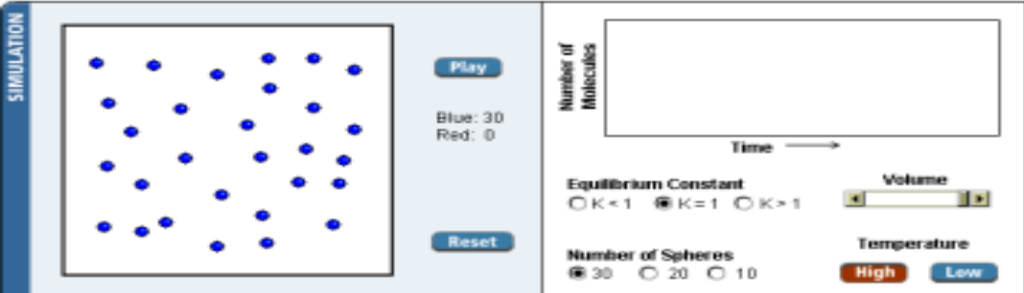
Analoji: çocukların tahterevallide oynaması	Hedef kavram: Denge Sabiti, tepkime oranı (Q) ve reaksiyonun yönü
Paylaşılan özellikler	
1-Tahterevallide sol kefesini aşağı olursa soldaki çocuğun kütlesi sağdaki çocuktan fazladır	1. Ürünlerin tepkenlere oranı (başlangıç derişimleri oranı) çok küçüktür ($Q_c < K_c$).
2-Tahterevallide sağ kefesini aşağı olursa sağdaki çocuğun kütlesi soldaki çocuktan fazladır.	2. Ürünlerin başlangıç derişimlerinin, tepkenlerin başlangıç derişimlerine oranı çok büyüktür ($Q_c > K_c$).
3-Tahterevallide sağ kefesini ile sol kefesini eşit olur ve sağdaki çocuğun kütlesi soldaki çocukla aynıdır	3.Başlangıç derişimleri denge derişimleri ile aynıdır yani sistem dengededir ($Q_c = K_c$).
4-Tahterevallinin dengeye ulaşması için, sol kefedeki sağ kefeye biraz kütle yürümelidir ve tahterevalli dengeye ulaşır.	4.Dengeye ulaşılması için, tepkenler ürüne dönüşmelidir. Sistemin dengeye ulaşabilmesi için tepkenler harcanmalı, ürünler oluşmalıdır. Yani tepkime dengeye erişmek için soldan sağa doğru yürümelidir.
5-Tahterevallinin dengeye ulaşması için, sağ kefedeki sol kefeye biraz kütle yürümelidir ve tahterevalli dengeye ulaşır.	5.Dengeye ulaşmak için ürünlerin bir kısmı tepkenlere dönüşmelidir. Sistem sağdan (ürünlerden) sola (tepkenlere) kayarak dengeye ulaşmalıdır.
Paylaşılmayan özellikler	
1.Tahterevallinin sağında ve solunda oturan çocuklar	1. Reaksiyonda sağda ürünler ve solda girenlerin bulunması.
2- Çocukların oynaması için, tahterevalli sağdan sola ve soldan sağa kayar	2. Kimyasal reaksiyonlarda, sistem sağdan sola kayarak tepkenlerin derişimini artırır ve sistem soldan sağa kayarak ürünlerin derişimini artırır.
3- Tahterevalli dengede olduğu zaman, sağda ve soldaki çocukların kütleleri eşit olur	3. Kimyasal reaksiyon denge halinde, ileri ve geri yöndeki reaksiyon hızları eşit olduğunda ve dengedeki türlerin derişimi sabit kalır.

Derinleşme basamağında denge sabitinin hesaplamalarında simülasyon örnekleri aşağıda tabloda verilmiştir.

Tablo 6'nin devamı

16.6 The Meaning of the Equilibrium Constant

SIMULATION



Blue: 30
Red: 0

Equilibrium Constant
 $K < 1$ $K = 1$ $K > 1$

Volume

Number of Spheres
 30 20 10

Temperature
 High Low

EXERCISE

Introduction

This simulation shows a model of an equilibrium system for a unimolecular reaction.

$$\text{reactant(g)} \rightleftharpoons \text{product(g)}$$

$$\text{blue} \rightleftharpoons \text{red}$$

The species are represented by spheres that move within a box. The value for the equilibrium constant, K , can be set to less than 1, equal to 1, or greater than 1. The temperature of the sample can be adjusted as can the volume of the box and the total number of spheres in the sample. As the simulation runs, the number of red and blue spheres is indicated.

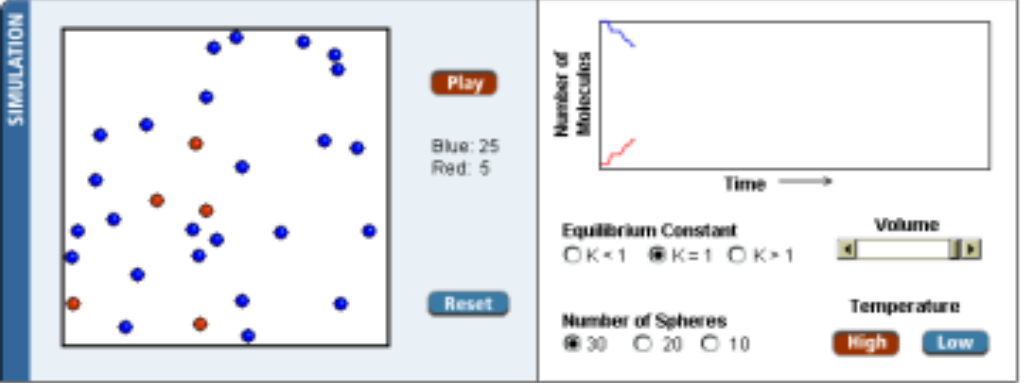
To use the simulation, set each of the parameters and press the **Play** button.

Continue

1

16.6 The Meaning of the Equilibrium Constant

SIMULATION



Blue: 25
Red: 5

Equilibrium Constant
 $K < 1$ $K = 1$ $K > 1$

Volume

Number of Spheres
 30 20 10

Temperature
 High Low

EXERCISE

Introduction

This simulation shows a model of an equilibrium system for a unimolecular reaction.

$$\text{reactant(g)} \rightleftharpoons \text{product(g)}$$

$$\text{blue} \rightleftharpoons \text{red}$$

The species are represented by spheres that move within a box. The value for the equilibrium constant, K , can be set to less than 1, equal to 1, or greater than 1. The temperature of the sample can be adjusted as can the volume of the box and the total number of spheres in the sample. As the simulation runs, the number of red and blue spheres is indicated.

To use the simulation, set each of the parameters and press the **Play** button.

Continue

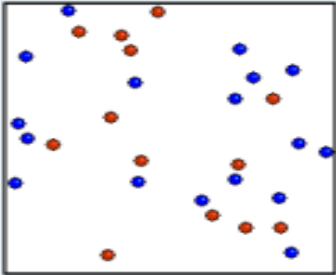
2

Tablo 6'nin devamı

16.6 The Meaning of the Equilibrium Constant

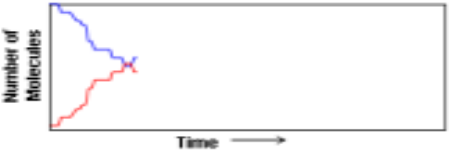
16.6 The Meaning of the Equilibrium Constant

SIMULATION



Blue: 17
Red: 13

Reset



Equilibrium Constant
 $K < 1$ $K = 1$ $K > 1$

Volume

Number of Spheres
 30 20 10

Temperature

EXERCISE

Introduction

This simulation shows a model of an equilibrium system for a unimolecular reaction.

$$\text{reactant(g)} \rightleftharpoons \text{product(g)}$$

$$\text{blue} \rightleftharpoons \text{red}$$

The species are represented by spheres that move within a box. The value for the equilibrium constant, K , can be set to less than 1, equal to 1, or greater than 1. The temperature of the sample can be adjusted as can the volume of the box and the total number of spheres in the sample. As the simulation runs, the number of red and blue spheres is indicated.

To use the simulation, set each of the parameters and press the **Play** button.

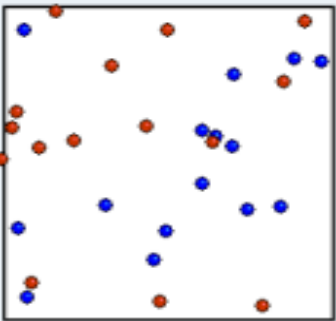
Continue

3

16.6 The Meaning of the Equilibrium Constant

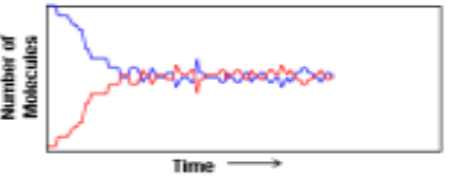
16.6 The Meaning of the Equilibrium Constant

SIMULATION



Blue: 15
Red: 15

Reset



Equilibrium Constant
 $K < 1$ $K = 1$ $K > 1$

Volume

Number of Spheres
 30 20 10

Temperature

EXERCISE

Introduction

This simulation shows a model of an equilibrium system for a unimolecular reaction.

$$\text{reactant(g)} \rightleftharpoons \text{product(g)}$$

$$\text{blue} \rightleftharpoons \text{red}$$

The species are represented by spheres that move within a box. The value for the equilibrium constant, K , can be set to less than 1, equal to 1, or greater than 1. The temperature of the sample can be adjusted as can the volume of the box and the total number of spheres in the sample. As the simulation runs, the number of red and blue spheres is indicated.

To use the simulation, set each of the parameters and press the **Play** button.

Continue

4

Tablo 6'nın devamı

16.5 Writing Equilibrium Expressions

16.5 Writing Equilibrium Expressions

SIMULATION

Reaction:

$A \rightleftharpoons B$

$A \rightleftharpoons 2B$

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

$M + 4L \rightleftharpoons ML_4$

[A] = 0.000 M

[B] = 0.000 M

React

Reset

Concentration, mol/L

Time

Initial Concentrations:

[A] = 0.000 M

[B] = 0.000 M

Final Concentrations:

[A] = 0.000 M

[B] = 0.000 M

EXERCISE

Introduction

This module simulates the reactions occurring for four systems with different stoichiometries as each moves toward equilibrium. Each has a different value of the equilibrium constant, K_{eq} .

To complete this exercise, select each of the four reactions in turn. For the selected reaction, vary the concentration of species present and determine the value of K_{eq} for that system.

Continue

5

16.5 Writing Equilibrium Expressions

16.5 Writing Equilibrium Expressions

SIMULATION

Reaction:

$A \rightleftharpoons B$

$A \rightleftharpoons 2B$

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

$M + 4L \rightleftharpoons ML_4$

[A] = 0.200 M

[B] = 0.000 M

React

Reset

Concentration, mol/L

Time

Initial Concentrations:

[A] = 0.200 M

[B] = 0.000 M

Final Concentrations:

[A] = 0.000 M

[B] = 0.000 M

EXERCISE

Introduction

This module simulates the reactions occurring for four systems with different stoichiometries as each moves toward equilibrium. Each has a different value of the equilibrium constant, K_{eq} .

To complete this exercise, select each of the four reactions in turn. For the selected reaction, vary the concentration of species present and determine the value of K_{eq} for that system.

Continue

6

Tablo 6'nin devamı

16.5 Writing Equilibrium Expressions

16.5 Writing Equilibrium Expressions

SIMULATION

Reaction:

$A \rightleftharpoons B$

$A \rightleftharpoons 2B$

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

$M + 4L \rightleftharpoons ML_4$

[A] = 0.200 M

[B] = 0.000 M

React

Reset

Concentration, mol/L

Time

Initial Concentrations:

[A] = 0.200 M

[B] = 0.000 M

Final Concentrations:

[A] = 0.000 M

[B] = 0.000 M

EXERCISE

Introduction

This module simulates the reactions occurring for four systems with different stoichiometries as each moves toward equilibrium. Each has a different value of the equilibrium constant, K_{eq} .

To complete this exercise, select each of the four reactions in turn. For the selected reaction, vary the concentration of species present and determine the value of K_{eq} for that system.

Continue

7

16.5 Writing Equilibrium Expressions

16.5 Writing Equilibrium Expressions

SIMULATION

Reaction:

$A \rightleftharpoons B$

$A \rightleftharpoons 2B$

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

$M + 4L \rightleftharpoons ML_4$

[A] = 0.200 M

[B] = 0.000 M

Graphing

Reset

Concentration, mol/L

Time

Initial Concentrations:

[A] = 0.200 M

[B] = 0.000 M

Final Concentrations:

[A] = 4.291×10^{-2} M

[B] = 0.314 M

EXERCISE

Introduction

This module simulates the reactions occurring for four systems with different stoichiometries as each moves toward equilibrium. Each has a different value of the equilibrium constant, K_{eq} .

To complete this exercise, select each of the four reactions in turn. For the selected reaction, vary the concentration of species present and determine the value of K_{eq} for that system.

Continue

8

Tablo 6'nın devamı

Değerlendirme Basamağı

Değerlendirme basamağında öğretmen yazılı olarak veya performans değerlendirmesiyle öğrencilerin anlamalarını değerlendirebilir. Öğrencilere biri sınıf içi ve diğeri sınıf dışı olmak üzere iki değerlendirme etkinliği sunulur. Sınıf içi etkinlik olarak öğrencilere hedeflenen kavramları içeren birkaç tane doğru-yanlış sorusu dağıtılır ve 10 dakika süre verilir. Cevaplanan sorular öğretmen tarafından toplanır ve öğrencilerin yardımıyla tabloda doğru ve yanlış olanları açıklanır. Öğrencilere reaksiyonların hangilerinin çift yönlü olduğu ve eğer tek yönlü gerçekleşseydiler neler olabileceği sorulur. Ayrıca sınıf dışı etkinlik olarak öğrencilere bölüm sonlarında homojen, heterojen denge ve denge sabitine göre transfer soru tiplerini içeren değerlendirme etkinlikleri dağıtılır. Soruları uygun şekilde cevaplamaları ve bir sonraki hafta derste teslim etmeleri istenir.

1) Aşağıdaki reaksiyonlardan hangisi homojen ve hangisi heterojen denge olabilir? Aşağıdaki reaksiyonların hepsine denge sabitinin hesaplayınız?

- a. $C_{10}H_8(s) \rightleftharpoons C_{10}H_8(g)$
b. $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$
c. $H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$
d. $C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$
e. $FeO(s) + CO(g) \rightleftharpoons Fe(s) + CO_2(g)$

2) CO(g), H₂O(g), CO₂(g) ve H₂(g) içeren denge hidrojen üretiminde önemlidir. 698 K de 1 mol CO(g) ve 1 mol H₂O(g), 1 L lik bir kaptaki reaksiyon vermektedirler. Tepkimesinin bu sıcaklıktaki denge sabiti 9 dür. Dengedeki CO(g), H₂O(g), CO₂(g) ve H₂(g) derişimlerini hesaplayınız.

Örnek; $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$, $K = 9$

$CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$, $K = 9$				
	CO(g)	H ₂ O(g)	CO ₂ (g)	H ₂ (g)
Başlangıç miktarları				
Değişmeler				
Denge miktarları				
Denge derişimi				

Ders planı 4. Dengeye sıcaklığın, derişimin ve basıncın etkisi**Bölüm 1**

Dersin adı	Genel Kimya
Sınıf	Biyoloji bölümü 1. sınıf
Konu	Dengeye sıcaklığın, derişimin ve basıncın etkisi
Önerilen süre	2 ders saati

Bölüm 2

Öğrenci kazanımları	Dengeye sıcaklığın, derişimin ve basıncın derişiminin etkisini bilir, Le Châtelier İlkesini açıklayabilir.
Ünite kavramları ve sembolleri	Dengeye ve denge sabitine sıcaklığın, derişimin ve basıncın etkisi, Le Châtelier İlkesi
Öğretme ve öğrenme yöntem ve teknikleri	5E Modeli

Tablo 6'nın devamı

Kullanılan eğitim teknolojileri ve materyaller	Kavramsal değişim metinleri, analogi, animasyon ve simülasyon destekli öğretim
Konuyla ilgili kavram yanlışlıkları	<p>Dengedeki sistemden madde çekildiğinde geri yöndeki tepkime hızında artış olur,</p> <p>Dengedeki bir tepkimeye madde eklendiğinde denge madde eklenen tarafa kayar.</p> <p>Reaksiyona giren maddelerden eklendiğinde sadece ürünlerin derişimi değişir.</p> <p>Dengedeki gaz sistemlerinde basıncın artırılması her zaman dengenin ürünler yönüne kaymasına neden olur.</p> <p>Hacim düşürülerek denge yeniden kurulursa, ileri ve geri tepkimelerin hızları ilk denge durumundakiyle eşit olacaktır.</p> <p>Sıcaklık yükseltilecek denge yeniden kurulursa, ileri ve geri tepkimelerin hızları ilk denge durumundakiyle eşit olacaktır.</p> <p>Sıcaklık değiştirildiğinde reaksiyonun endotermik ya da ekzotermik oluşu denge değişim yönünü etkilemez.</p>

Girme Basamağı

Girme basamağında başlangıçta, öğrenciler soru sormaya ve çeşitli fikirler ileri sürmeye teşvik edilir. Öğrencilere dengeye sıcaklığın, derişimin ve basıncın etkisi ile ilgili soru sorulur. Giriş etkinliğinde öğrencilerin ünite ile ilgili ön fikirleri alınır ve daha sonra öğrenilenlerin hatırlanması amacıyla kısa video gösterisi yapılır. Öğrencilerin ön bilgilerinin ve alternatif kavramalarının belirlenmesi amacıyla etkinlikteki olay hakkında soru sorulur. Öğrenciler cevaplarını yazarak sınıf içerisindeki diğer arkadaşlarıyla paylaşırlar. Öğrencilerin ünite ile ilgili ön bilgilerinin ortaya çıkarılması için dengeye sıcaklığın, derişimin ve basıncın etkisi ile ilgili aşağıdaki örnekler verilir ve düşünceleri alınır.

Soğuk su, Oda sıcaklığı, Sıcak su

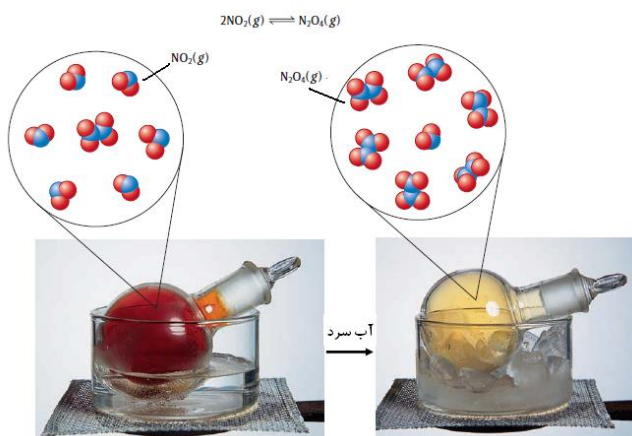
$$\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}(\text{aq}) + 4 \text{Cl}^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CoCl}_4^{2-}(\text{aq}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$

صوری رنگ آبی رنگ

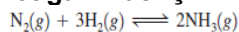
آب یخ دمای اتاق آب گرم

Soğuk su

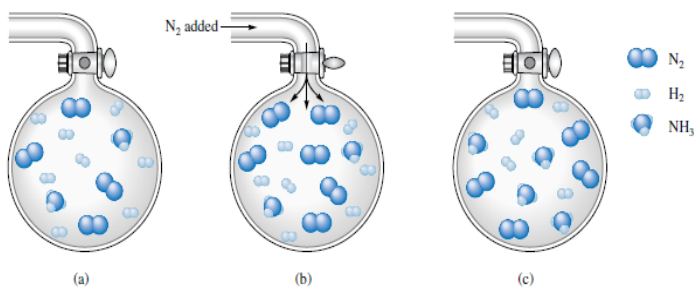
Tablo 6'nın devamı



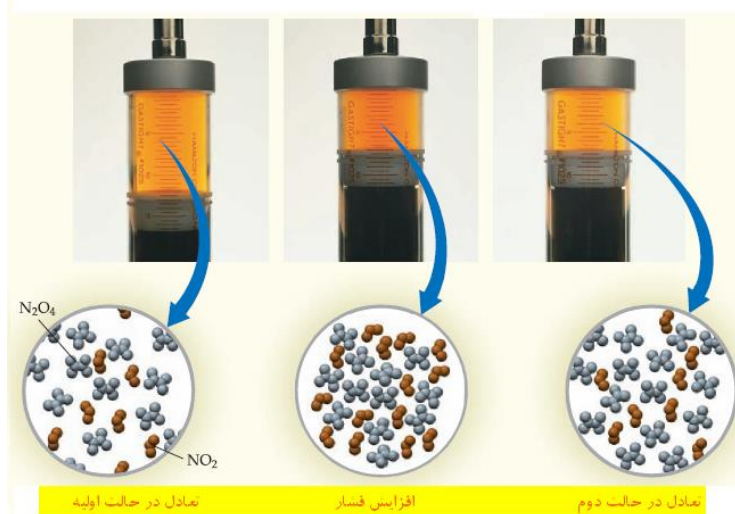
Denge ilk durumda, Azot gazının derişimin artışı, Denge ikinci durumda



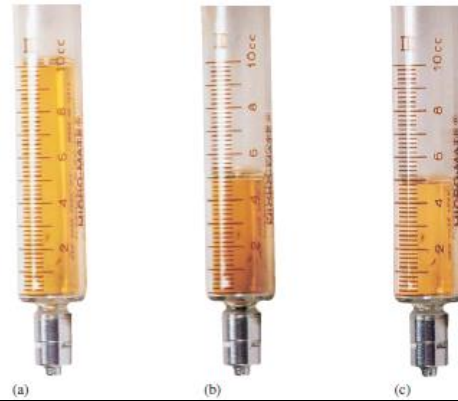
تبادل در حالت اول	افزایش گاز N_2	تبادل در حالت دوم
$[\text{N}_2] = 0.399 \text{ M}$ $[\text{H}_2] = 1.197 \text{ M}$ $[\text{NH}_3] = 0.202 \text{ M}$	$\xrightarrow[1.000 \text{ mol/L of N}_2 \text{ added}]{}$	$[\text{N}_2] = 1.348 \text{ M}$ $[\text{H}_2] = 1.044 \text{ M}$ $[\text{NH}_3] = 0.304 \text{ M}$



Denge ilk durumda, Basıncın artışı, Denge ikinci durumda




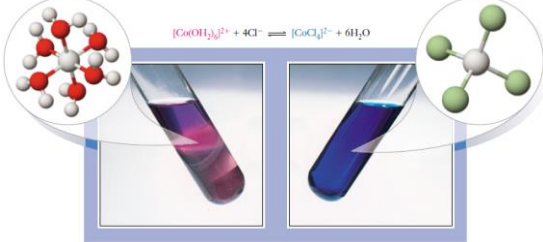


Tablo 6'nın devamı

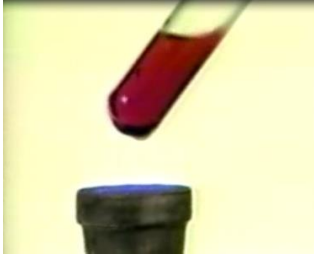
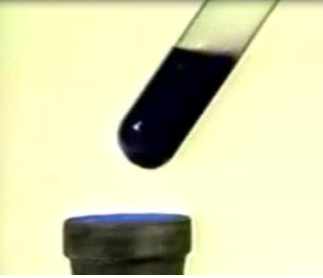
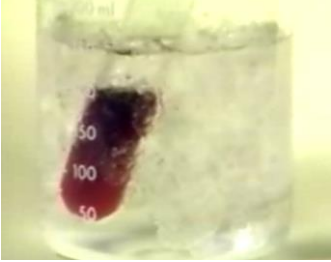
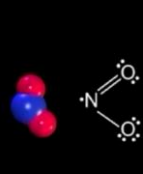
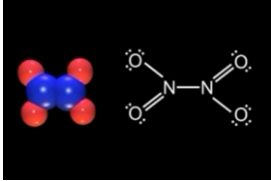
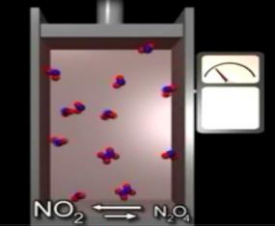
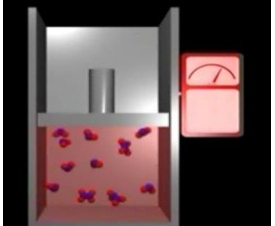
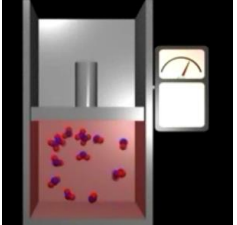
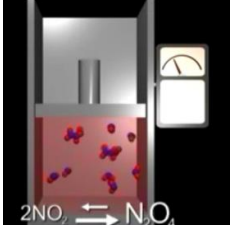


Keşfetme Basamağı

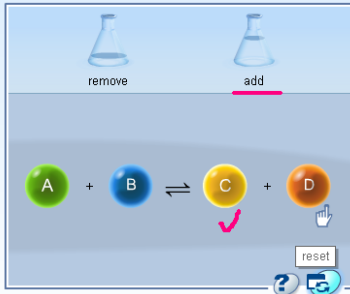
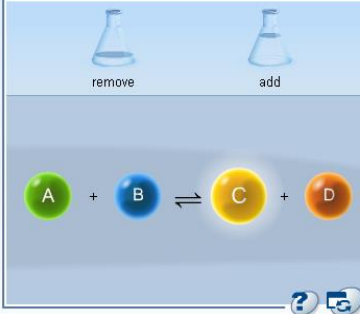
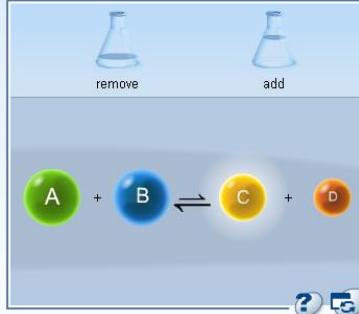
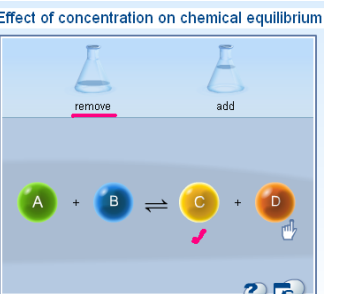
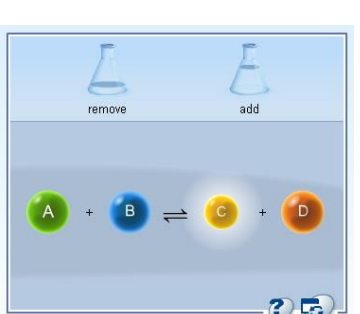
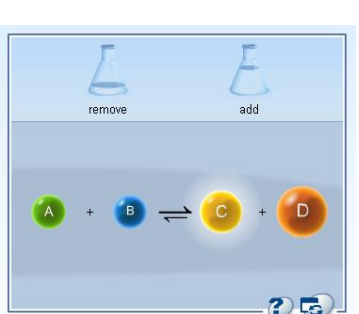
Keşfetme basamağında öğrenciler grupta birlikte çalışarak yeni bilgiler toplamaya başlarlar. Bu amaçla daha önceden hazırlanmış deneylerin video kayıtları ve animasyonlar öğrencilere izletilir ve makroskobik animasyonlar üzerinde incelemelerde bulunarak veriler toplamaları sağlanır. Dengeye sıcaklığın, derişimin ve basıncın etkisi ile ilgili animasyonlar öğrenciler tarafından bilgisayarda izlenir ve bu yolla tanecikler düzeyinde gerçekleşen olaylara yönelik veri toplamaları sağlanır. Kimyasal denge, ileri ve geri yöndeki tepkimeler arasındaki denge durumunu belirtmektedir. Çoğu kez, bu denge oldukça hassastır ve deney koşullarındaki değişiklikler, dengeyi bozabilir. Dengeye dışarıdan yapılan bazı müdahaleler, denge konumunu istenen ürün ya da tepken yönüne kaydırabilir. Dengenin derişim, basınç, hacim ya da sıcaklık değişimi ile hangi yöne kayacağını öngörebilmemiz için Le Châtelier İlkesi kullanılır. Dengenin konumu sağa kayar dediğimiz zaman net tepkime soldan sağa kayar demektir. Bizim isteğimize bağlı olan kontrol edilebilir deneysel değişkenler şunlardır: Derişim, basınç, hacim ve sıcaklık. Bu değişkenlerin dengeye etkilerini inceleyeceğiz. Konu anlatım esnasında ve animasyonların izlenmesi sonrasında öğrencilerden grup olarak görüş oluşturmaları istenir. Öğretmen, öğrencilere üzerinde düşünmelerini sağlayacak şekilde sorular yönelterek rehberlik yapar. Keşfetme basamağında kullanılan etkinlik ve olaylara ait örnek ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.

<p>Dengeye derişimin etkisi</p> <p>LE CHÂTELIER'S PRINCIPLE</p> $\text{CoCl}_4^{2-} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+} + 4\text{Cl}^-$	 <p>1</p>	 <p>2</p>	 <p>3</p>
 <p>4</p>			

Tablo 6'nın devamı

<p>Dengeye sıcaklığın etkisi</p> $\text{CoCl}_4^{2-} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+} + 4\text{Cl}^- + \text{HEAT}$	 <p style="text-align: center;">1</p>	
 <p style="text-align: center;">2</p>	 <p style="text-align: center;">3</p>	
<p>Dengeye basıncın ve hacim etkisi</p> $\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4 \text{ Equilibrium}$		
		
		

Tablo 6'nın devamı

<p>Ürünlerin derişiminin artışı</p> <p>Effect of concentration on chemical equilibrium</p>  <p>1</p>	 <p>2</p>	 <p>3</p>
<p>Girenlerin derişiminin azalması</p> <p>Effect of concentration on chemical equilibrium</p>  <p>4</p>	 <p>5</p>	 <p>6</p>

Açıklama Basamağı

Öğrenciler topladıkları veriler yardımıyla yeni kavramlara ulaşmaya çalışırlar. Bu basamakta öğrenciler dengeye sıcaklığın, derişimin ve basıncın etkisine göre topladıkları verilerden yola çıkarak açıklamalarda bulunurlar. Öğrenciler önceki basamakta elde ettikleri verilere yönelik sorulara cevaplar üretmek arkadaşlarıyla birlikte tartışır, paylaşır ve bilgi üretmeye çalışırlar. Bazı kimyasal dengeye sıcaklığın, derişimin ve basıncın etkisinin olduğu tartışılır. Öğrencilere kavramsal derişim metinleri dağıtılır. Metinleri okumaları sağlanır ve metinlerdeki açıklamalar tartışılır. Öğretmenin görevi kavramsal derişime yardımcı olmak ve gerekli bilimsel açıklamaları sunmaktır. Aşağıdaki metin öğrencilerle birlikte okunur ve üzerinde tartışılır.

Kavramsal Değişim Metni 1

Dengeye derişimin etkisi nasıl olur?



Bazı öğrencilerin düşüncelerine göre "Dengedeki sistemden madde çekildiğinde geri yöndeki tepkime hızında artış olur" veya "Dengedeki bir tepkimeye madde eklendiğinde denge madde eklenen tarafa kayar" ve bazı öğrencilerin düşüncelerine göre "Reaksiyona giren maddelerden eklendiğinde sadece ürünlerin derişimi derişir".

Tablo 6'nın devamı

Öğrencilerin böyle düşünceleri yanlıştır.

Bir reaksiyona giren veya ürünlerden eklendiğinde dengeye ulaşma kadar tüm türlerin derişimi değişir. Denge durumunda, reaktiflerin ve ürünlerin miktarı sabit kalır. Kimyasal dengeler dinamiktir ve bu yüzden şartlardaki değişmelere cevap verirler. Ortama bir madde ilave ettiğimizde veya ortamdan bir madde uzaklaştırdığımızda denge bileşimi bunu telafi etmek üzere kayar. Girenler ilave edildiğinde reaksiyon oranı Q bir an için K_d 'nin altına düşer, çünkü girenlerin derişimleri Q 'nun paydasındadır. $Q < K_d$ olduğunda reaksiyon karışımı ürünleri oluşturarak cevap verir. Benzer şekilde, ürünler ilave edilirse, bir an için Q , K_d 'den büyük olur, çünkü ürünler payaya yazılır. Böylece $Q > K_d$ olduğundan, reaksiyon karışımı, $Q = K_d$ oluncaya kadar ürünleri harcayıp girenleri oluşturarak tepki verir. Reaksiyonun başlangıcından dengeye gelinceye kadar girenlerin derişimi azaldığı için ileri yöndeki reaksiyon hızı azalır. Reaksiyonun başlangıcında, ters tepkimenin hızı küçük olmakla birlikte, ürün molekülünün derişimi arttıkça ters tepkimenin de hızı artar. Reaksiyon oluşmaya başlayınca ürünlerin derişimi artmaya başladığı için ürünlerin girenlere dönüşme hızı da artacaktır. Dolayısıyla reaksiyon dengeye gelinceye kadar geri yöndeki reaksiyon hızı da artar. Bir süre sonra, ileri ve geri tepkimelerin hızları eşit hale gelir. İşte bu anda kimyasal denge kurulmuştur.

Kavramsal Değişim Metni 2**Dengeye basıncın etkisi nasıl olur?**

Bazı öğrencilerin düşüncelerine göre "Dengedeki gaz sistemlerinde basıncın artırılması her zaman dengenin ürünler yönüne kaymasına neden olur" veya "Hacim düşürülerek denge yeniden kurulursa, ileri ve geri tepkimelerin hızları ilk denge durumundakiyle eşit olacaktır".

Öğrencilerin böyle düşünceleri yanlıştır.

Denge karışımının basıncı üç ayrı yolla değiştirilebilir. 1) Gaz halindeki bir tepkenin veya ürünün eklenmesi ya da denge karışımından çekilmesi. Denge ortamına yapılan eklemeler ve madde çekimlerinin denge konumuna etkisi, daha önce de açıklandığı gibi, tepkimeye giren maddelerin ilavesi ya da uzaklaştırılmasına benzer. 2) Sabit hacimli tepkime karışımına bir inert gaz eklenmesi. Bu, toplam basıncın artışına yol açar, ancak tepkimeye girenlerin kısmi basınçlarını değiştirmez. Hacmi sabit olan bir denge karışımına bir inert gaz eklenmesi, dengenin konumuna etki etmez. 3) Sistemin hacmi değiştirilerek basıncı değiştirilir. Sistemin hacmi küçültülürse basınç artar; hacim büyüdüğünde ise basınç azalır. O halde, bu tür bir basınç değiştirme, basitçe hacim değiştirmedeki etkiyi yapar. Bir gaz denge karışımının basınç artırılması, net değişmenin daha az mol sayısı içeren gazlar yönüne kaymasına neden olur. Basıncın küçülmesi ise, net değişmenin daha fazla mol sayısı içeren gazlar yönüne kaymasına yol açar. Denge halinde, ileri ve geri tepkimelerin hızları eşit hale gelir fakat basınç değişiminden sonra denge yeniden kurulursa, ileri ve geri tepkimelerin hızları ilk denge durumundakiyle eşit olmaz.

Tablo 6'nın devamı

Kavramsal Değişim Metni 3

Dengeye sıcaklığın etkisi nasıl olur?



Bazı öğrenciler "Sıcaklık yükseltilecek denge yeniden kurulursa, ileri ve geri tepkimelerin hızları ilk denge durumundakiyle eşit olacaktır" veya "Sıcaklık değiştirildiğinde reaksiyonun endotermik ya da ekzotermik oluşu denge değişim yönünü etkilemez". Ekzotermik denge sisteminde sıcaklığın artırılması ile ileri yöndeki tepkime hızında azalma olacağı düşünülmektedir.

Öğrencilerin böyle düşünceleri yanlıştır.

Belirli bir sıcaklıkta, denge konumundaki bir sistemde net bir tepkime olmadığından ısı değişimi sıfırdır. Isıyı kimyasal bir bileşen gibi düşünürsek, sıcaklıktaki artış sisteme ısı "ekler" ve sıcaklıktaki azalma ise sistemden ısı "uzaklaştırır". Denge bu değişimin etkisini azaltacak yöne kayar. Bir denge karışımının sıcaklığının artırılması, denge konumunu endotermik tepkime yönüne kaydırır. Sıcaklığın azaltılması ise ekzotermik tepkime yönüne kaydırır. Ekzotermik bir reaksiyonda ısı ürünler tarafındadır. Sıcaklık artması durumunda sistem bu etkiyi azaltacak yönde hareket edeceği için girenler yönüne kayar. Bu durumda geri yöndeki reaksiyon hızı artarken ileri yöndeki azalır olarak yorumlanır ki bu düşünceler yanlıştır. Çünkü sıcaklık artması durumunda her iki yöndeki reaksiyon hızı artar. Çarpışma teorisine göre sıcaklık artışı durumunda taneciklerin kinetik enerjisi artar dolayısıyla taneciklerin hareketleri artar. Taneciklerin hareketinin artması da çarpışma sayısını artırır. Çarpışma sayısının artması da reaksiyonla sonuçlanabilecek çarpışmaların sayısını artırdığı için reaksiyon hızı artar.

Derinleşme Basamağı

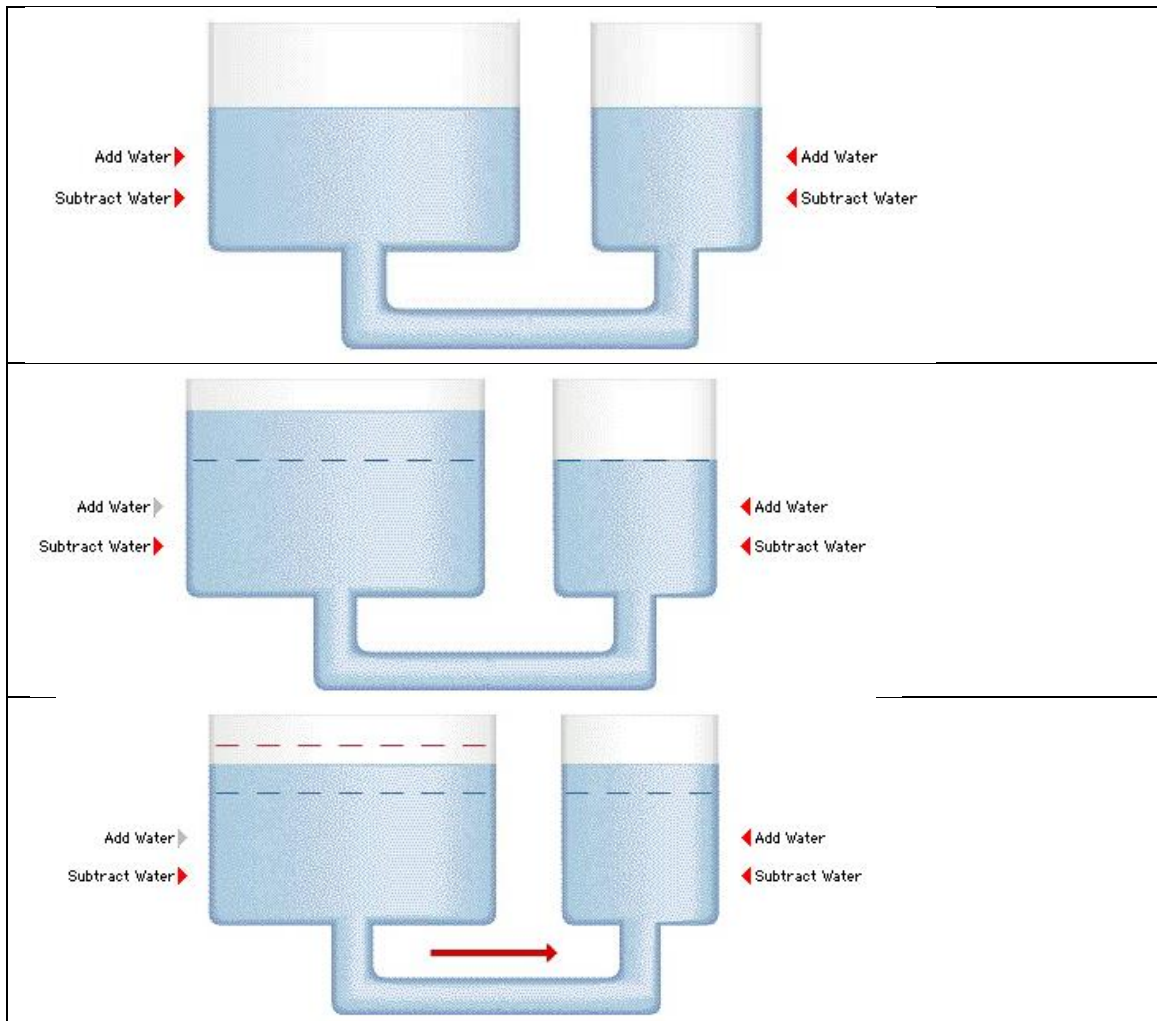
Öğrencilerin öğrendikleri konuları pekiştirmeleri ve detaylandırmalarını sağlamak üzere onlara hazırlanan analogiler incelettilir. Analoji ve hedef kavramlar arasında paylaşılan özellikler ve paylaşılmayan özellikler tartışılır. Öğrencilerin anlamada güçlük çektikleri durumlarla ilgili açıklamalar yapılır. Tartışmalar sırasında öğretmen tarafından tespit edilen yanlışlar düzeltilir. Tek ve çift yönlü reaksiyonlarla ilgili simülasyonlar öğrencilere izlettirilir. Bu yolla gözlenmesi imkânsız olan taneciklerin ve olayların bilgisayar destekli simülasyonlarla somutlaştırılmasına imkân sağlanmaya çalışılır. Simülasyon programlarında farklı bağımsız değişkenler verilerek bağımlı değişkenlerin miktarları hesaplanmıştır. Deneyleri istedikleri kadar tekrarlayabilmelerine izin verilerek ve tartışmalar yaptırılarak kavramalarını geliştirmeleri sağlanmaya çalışılır. Değişkenleri kullanarak grafik ve tablo oluşturmaları istenir. İncelenmeye başlanan konuya yeni bilgiler elde edildikten sonra geri dönülür ve öğrenciler birlikte edindikleri bilgileri yeni durumlarda uygularlar. Öğretmen, öğrencilerin çalışmalarına ve öğrendikleri kavramları ve becerilerini sunmalarına imkân sağlar. Derinleştirme basamağında kullanılan etkinlik ve olaylara ait örnek ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 6'nın devamı

**Analoji: Dengeye sıcaklığın, derişimin ve basıncın etkisine
(Le Châtelier prensibinin kimyasal dengelerde uygulanması)**

Aşağıda dengeye ulaşma sürecinde ileri ve geri reaksiyon hızları ve dengedeki türlerin derişim değişimi ile ilgili bir analogi örneği sunulmuştur. İki tane farklı su deposu düşünün ve bu iki deponun U şeklinde bir boruyla bağlantısı vardır. Depoların hacimleri farklı olup birbirine bağlantıları vardır. Depoların birine bir litre renkli su boşaltılır birkaç saniye sonrasında her iki depoda su seviyesi eşit olacak ve sistem dengeye gelecektir. Sol depoya 20 ml su ilave edilir ve deney başlangıcında sol su deposunda su seviyesi sağ depoya göre bir anlık daha fazla olur. Birkaç saniye sonra sol depodan sağ depoya su hareket eder ve depolarda su seviyeleri eşit olur ve yeni bir dengeye ulaşılır. İlk dengede olan su depolarında bu defa sol depodan 20 ml su alınır (uzaklaştırılır) ve birkaç saniyelğine su seviyesi depolarda eşit olmaz ve sol depoda su seviyesi azalır. Sağ depodan sol depoya su hareket eder ve depolarda su seviyeleri eşitlenerek yeni bir denge kurulur. Başka bir işlemde sağ depoya su ilave edilir veya su azaltılır.

Le Châtelier prensibin kimyasal dengelerde uygulaması






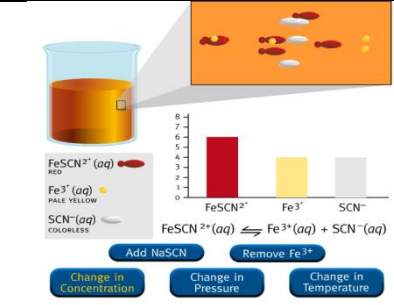
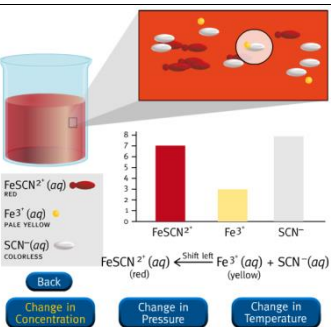
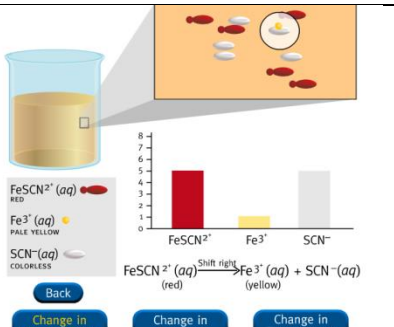
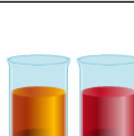
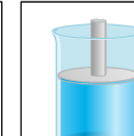
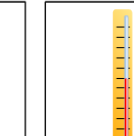
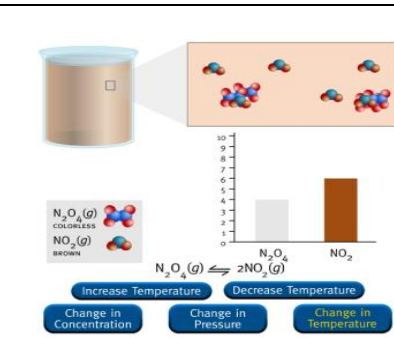
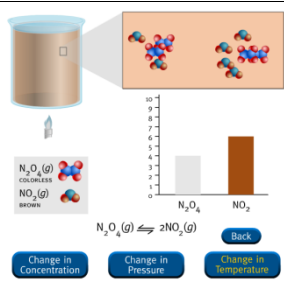
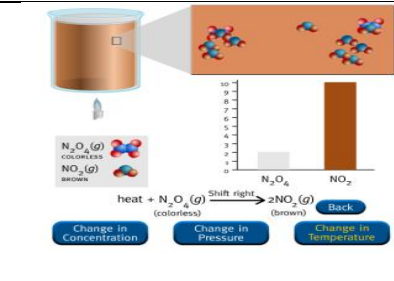
Tablo 6'nın devamı


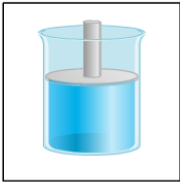
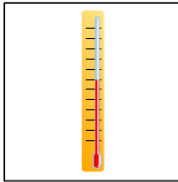
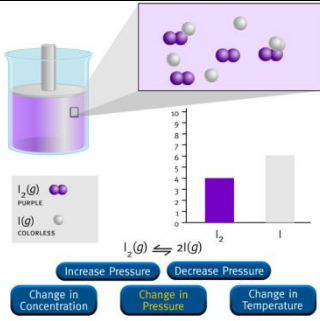
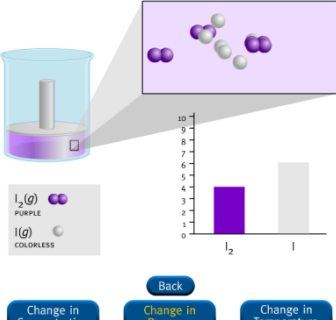
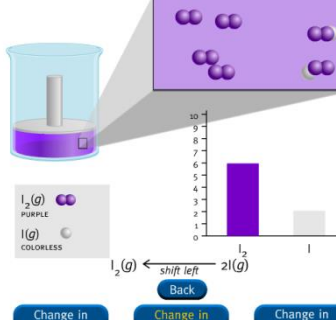
Tablo: Analoji örneği

Analoji: Su deposu	Hedef kavram: Le Châtelier prensibin kimyasal dengelerde uygulaması
Paylaşılan özellikler	
Sol depodaki su	Reaksiyona giren maddeler (A)
Sağ depodaki su	Reaksiyonda oluşan ürünler (B)
Sol depodan sağ depoya su aktarmak ve sağ depodan sol depoya su aktarmak	İleri reaksiyon $A(aq) \rightarrow B(aq)$ ve geri reaksiyon $B(aq) \rightarrow A(aq)$
Sol ve sağ depolardaki su miktarları	Reaksiyona giren maddelerin derişimleri (A) ve reaksiyonda oluşan maddelerin derişimleri (B)
Sol depoya su ilave etmek veya azaltmak ve suyun seviyesini değiştirmek	Reaksiyona giren maddelerin derişimlerini değiştirmek
Sağ depoya su ilave etmek veya azaltmak ve suyun seviyesini değiştirmek	Reaksiyona oluşan maddelerin derişimlerini değiştirmek
Belirli denemeden sonra depolardaki su seviyelerin farklı hacimlerde sabit kalması	Denge anında girenlerin ve ürünlerin derişimlerinin birbirinden farklı olması ve girenlerin ve ürünlerin derişimlerinin değişmemesi.
Belirli denemeden sonra depolardaki su seviyesinin eşit olması	İleri ve geri reaksiyon hızların eşit olması
Paylaşılamayan özellikler	
Sol depodaki su ve sağ depodaki su	Reaksiyona giren ve reaksiyon sonunda oluşan ürünler, çünkü reaksiyona giren madde ve oluşan ürünler her zaman su olmaz
Sol ve sağ depodaki su miktarları	Reaksiyona giren ve reaksiyon sonunda oluşan ürünlerin derişimini çıplak gözle göremeyiz
Sol depodan sağ depoya ve sağ depodan sol depoya su aktarmak	İleri ve geri reaksiyona, ileri ve geri reaksiyon daha karmaşık etkileşimleri içerir.
Sol depodan sağ depoya veya sağ depodan sol depoya suyun kayması	İleri ve geri reaksiyonlarda denge sağa veya sol yöne kaymasını çıplak gözle göremeyiz
Su depolarının denge haline gelmesi için, su soldan sağa veya sağdan sola hareket edecektir.	Kimyasal reaksiyonlarda, sistem sağdan sola kayarak tepkenlerin derişimini artırır ve sistem soldan sağa kayarak ürünlerin derişimini artırır ve gözle göremeyiz

Derinleşme basamağında dengeye sıcaklığın, derişimin ve basıncın etkisi ile ilgili simülasyon örnekleri aşağıda tabloda verilmiştir.

Tablo 6'nın devamı

<p style="text-align: center;">Dengeye derişimin etkisi</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Change in Concentration</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Change in Pressure</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Change in Temperature</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">1</p>	 <p style="text-align: center;">2</p>
 <p style="text-align: center;">3</p>	 <p style="text-align: center;">4</p>
<p style="text-align: center;">Dengeye sıcaklığın etkisi</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Change in Concentration</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Change in Pressure</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Change in Temperature</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">5</p>	 <p style="text-align: center;">6</p>
 <p style="text-align: center;">7</p>	 <p style="text-align: center;">8</p>

Tablo 6'nın devamı	
<p>Dengeye basıncın etkisi</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Change in Concentration</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Change in Pressure</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Change in Temperature</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">9</p>	 <p style="text-align: center;">10</p>
 <p style="text-align: center;">11</p>	 <p style="text-align: center;">12</p>

Değerlendirme Basamağı

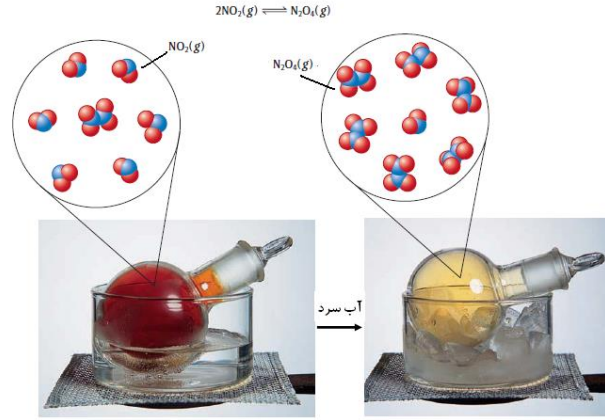
Değerlendirme basamağında öğretmen yazılı olarak veya performans değerlendirmesiyle öğrencilerin anlamalarını değerlendirebilir. Öğrencilere biri sınıf içi ve diğeri sınıf dışı olmak üzere iki değerlendirme etkinliği sunulur. Sınıf içi etkinlik olarak öğrencilere hedeflenen kavramları içeren birkaç tane doğru-yanlış sorusu dağıtılır ve 10 dakika süre verilir. Cevaplanan sorular öğretmen tarafından toplanır ve öğrencilerin yardımıyla tabloda doğru ve yanlış olanları açıklanır. Öğrencilere dengeye sıcaklığın, derişimin ve basıncın etkisine ile ilgili sorulur. Ayrıca sınıf dışı etkinlik olarak öğrencilere bölüm sonlarında tek ve çift yönlü reaksiyonlara göre transfer soru tiplerini içeren değerlendirme etkinlikleri dağıtılır. Soruları uygun şekilde cevaplamaları ve bir sonraki hafta derste teslim etmeleri istenir.

1) Aşağıdaki dengeye nitrojen gazı eklenir. Tabloda ilk ve son durumda denge sabitin hesaplayınız ve sebebi açıklayınız?

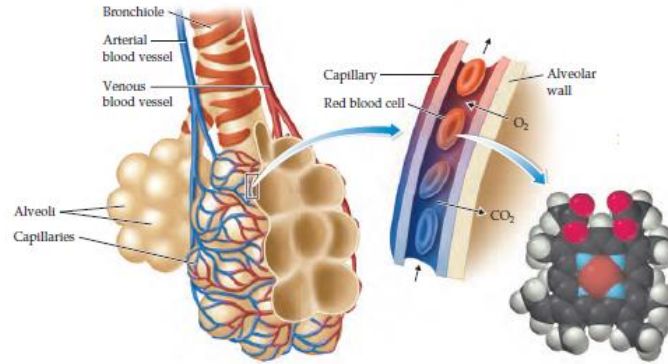
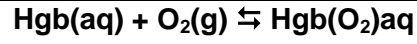
Denge ilk durumda, nitrojen gazının artışı, Denge son durumda		
$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$		
تعدادل در حالت اول	افزایش گاز N_2	تعدادل در حالت دوم
$[N_2] = 0.399 M$ $[H_2] = 1.197 M$ $[NH_3] = 0.202 M$	$\xrightarrow[1.000 \text{ mol/L}]{\text{of } N_2 \text{ added}}$	$[N_2] = 1.348 M$ $[H_2] = 1.044 M$ $[NH_3] = 0.304 M$

Tablo 6'nın devamı

NO_2 gazı kahverengi ve N_2O_4 gazı renksizdir. N_2O_4 ve NO_2 gazlarının karışımını bir kapalı balonda soğuk suya bırakırız. Denge durumunu açıklayınız?



2) Aşağıdaki reaksiyon kanda hemoglobin ile oksijen arasındaki dengeyi göstermektedir. Yükseklere çıktığında bu denge hangi yöne doğru kayar? Neden?



Tablo 6'nın devamı


Ders planı 5. Katalizörün dengeye etkisi

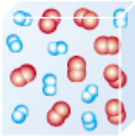
Bölüm 1	
Dersin adı	Genel Kimya
Sınıf	Biyoloji bölümü 1. sınıf
Konu	Katalizörün dengeye etkisi
Önerilen süre	2 ders saati
Bölüm 2	
Öğrenci kazanımları	Katalizörün dengeye etkisi, katalizör ve tepkime hızı, katalizör ve tepkimenin eşik enerjisi kavramlarını açıklayabilir
Ünite kavramları ve sembolleri	Tek ve çift yönlü reaksiyonlar
Öğretme ve öğrenme yöntem ve teknikleri	5E Modeli
Kullanılan eğitim teknolojileri ve materyaller	Kavramsal değişim metinleri, analogi, animasyon ve simülasyon destekli öğretim
Konuyla ilgili kavram yanlışları	Sisteme katalizör ilave edildiği zaman dengedeki tüm türlerin derişimi artar. Katalizör ilavesi reaksiyon hızını artırır, çünkü dengedeki türlerin derişimi artar. Katalizör sadece ileri reaksiyon hızını artırır. Katalizör denge sabitini değiştirir.

Girme Basamağı

Girme basamağında başlangıçta, öğrenciler soru sormaya ve çeşitli fikirler ileri sürmeye teşvik edilir. Öğrencilere katalizörün dengeye etkisi ile ilgili soru sorulur. Giriş etkinliğinde öğrencilerin ünite ile ilgili ön fikirleri alınır ve daha sonra öğrenilenlerin hatırlanması amacıyla kısa video gösterisi yapılır. Öğrencilerin ön bilgilerinin ve alternatif kavramalarının belirlenmesi amacıyla etkinlikteki olay hakkında soru sorulur. Öğrenciler cevaplarını yazarak sınıf içerisindeki diğer arkadaşlarıyla paylaşırlar. Öğrencilerin ünite ile ilgili ön bilgilerinin ortaya çıkarılması için katalizörün dengeye etkisi ile ilgili aşağıdaki örnekler verilir ve düşünceleri alınır.

$H_2O_2 \rightleftharpoons H_2 + O_2$, Katalizör patates

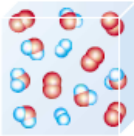




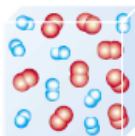
before equilibrium

without catalyst

 \rightleftharpoons
slow



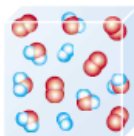
at equilibrium



before equilibrium

with catalyst

 \rightleftharpoons
fast

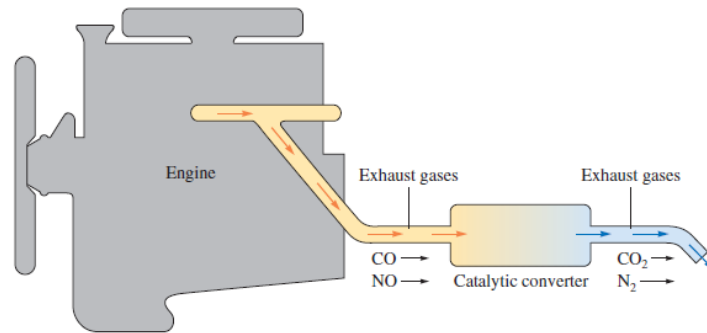
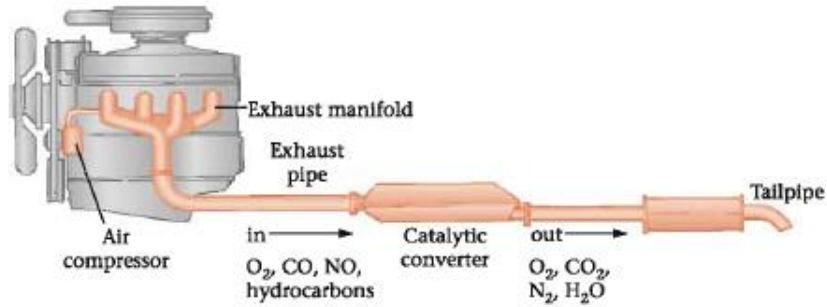


at equilibrium

$$2CO(g) + O_2(g) \xrightarrow{Pt} 2CO_2(g)$$

$$C_6H_6(g) + \frac{15}{2} O_2(g) \xrightarrow{Pt} 6CO_2(g) + 3H_2O(g)$$

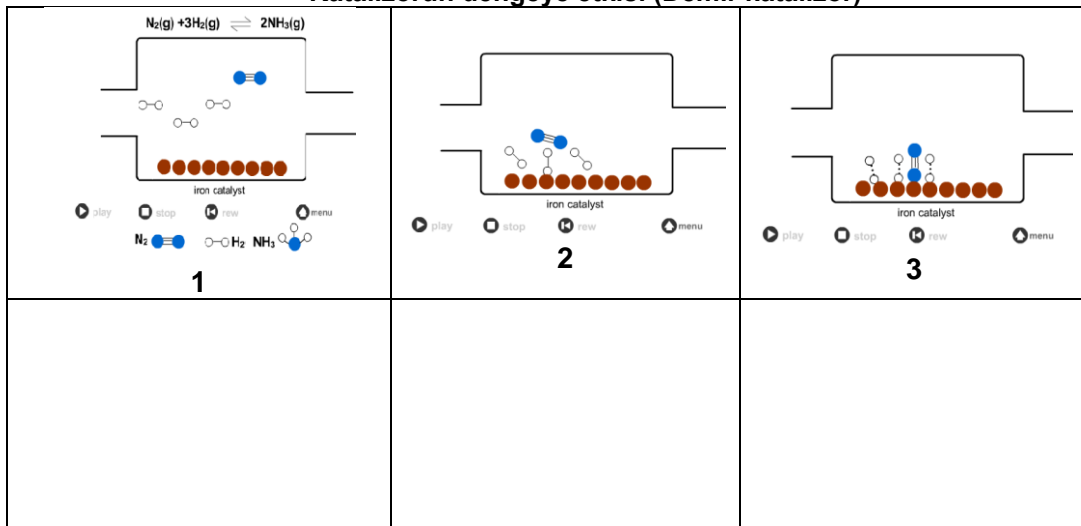
Tablo 6'nın devamı

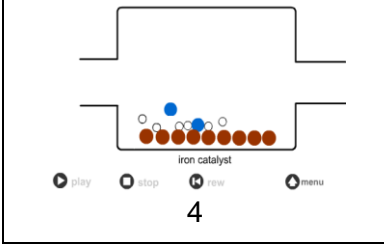
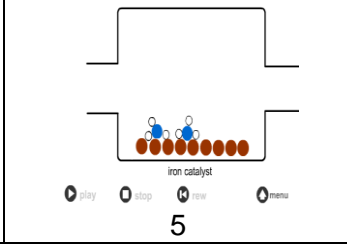
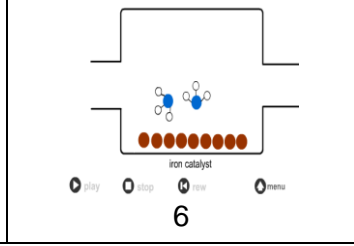


Keşfetme Basamağı

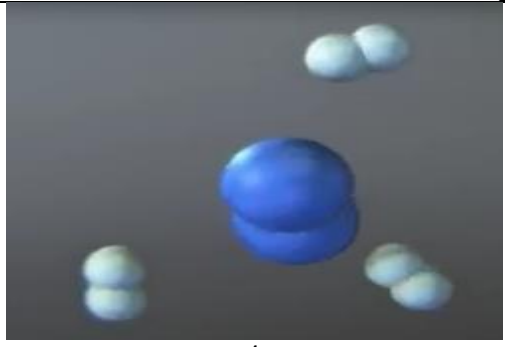
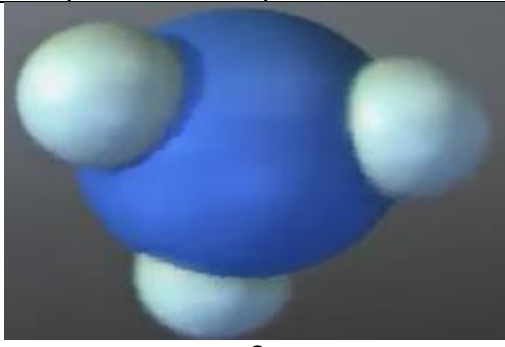
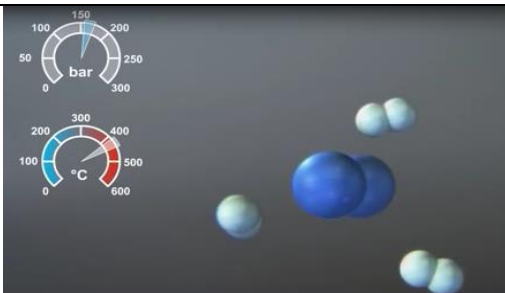
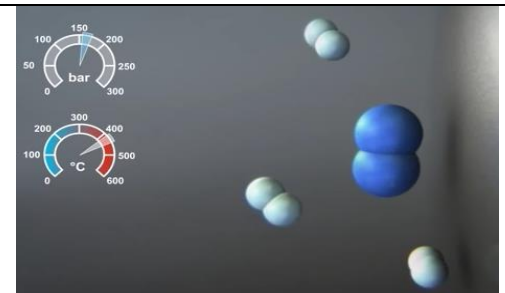
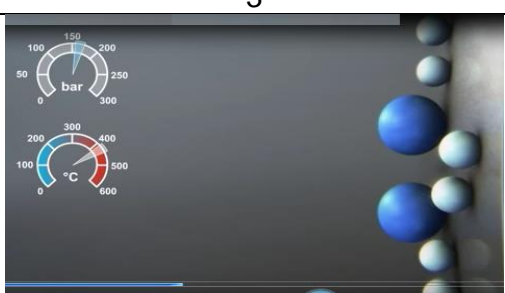
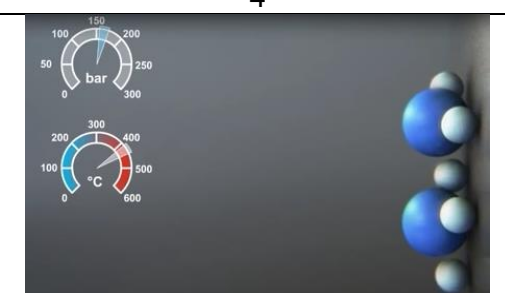
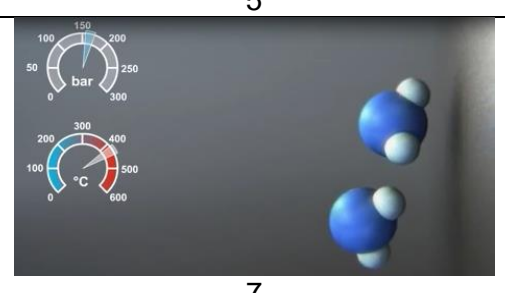
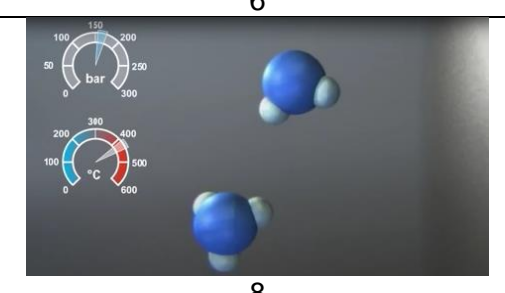
Katalizörün dengeye etkisi ile ilgili animasyonlar öğrenciler tarafından bilgisayarda izlenir ve bu yolla tanecikler düzeyinde gerçekleşen olaylara yönelik veri toplamaları sağlanır. Katalizörün eşik enerjisini azaltarak tepkime hızını artırdığını biliyoruz. Ancak, katalizör hem ileri yöndeki hem de geri yöndeki tepkimenin eşik enerjisini aynı ölçüde azaltır. Bu nedenle, katalizörün varlığı ne denge sabitini, ne denge miktarlarını ve ne de dengenin yönünü değiştirmez. Denge olmayan tepkime ortamına katalizör ilave edilmesi karışımın dengeye daha kısa sürede ulaşmasını sağlar. Aynı denge karışımı katalizör olmadan da elde edilebilir, ancak bu denge karışımını elde etmek için daha uzun süre beklemek gerekir. Konu anlatım esnasında ve animasyonların izlenmesi sonrasında öğrencilerden grup olarak görüş oluşturmaları istenir. Öğretmen, öğrencilere üzerinde düşüncelerini sağlayacak şekilde sorular yönelterek rehberlik yapar. Keşfetme basamağında kullanılan etkinlik ve olaylara ait örnek ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.

Katalizörün dengeye etkisi (Demir katalizör)



Tablo 6'nın devamı		
		

Katalizörün dengeye etkisi (Demir katalizör)

Tablo 6'nın devamı

Açıklama Basamağı

Öğrenciler topladıkları veriler yardımıyla yeni kavramlara ulaşmaya çalışırlar. Bu basamakta öğrenciler tek ve çift yönlü reaksiyon özelliklerine göre topladıkları verilerden yola çıkarak açıklamalarda bulunurlar. Öğrenciler önceki basamakta elde ettikleri verilere yönelik sorulara cevaplar üretirken arkadaşları ile tartışır, paylaşır ve bilgi üretmeye çalışırlar. Bazı tepkimelerin neden tek yönlü ve bazı tepkimelerin neden çift yönlü olduğu tartışılır. Öğrencilere kavramsal değişim metinleri dağıtılır. Metinleri okumaları sağlanır ve metinlerdeki açıklamalar tartışılır. Öğretmenin görevi kavramsal değişime yardımcı olmak ve gerekli bilimsel açıklamaları sunmaktır. Aşağıdaki metin öğrencilerle birlikte okunur ve üzerinde tartışılır.

Kavramsal Değişim Metni

Katalizör ilavesi dengedeki türlerin derişimini ve reaksiyon hızlarını nasıl değiştirir?



Bazı öğrencilerin düşüncelerine göre denge halindeki bir sisteme katalizör ilave edildiği zaman dengedeki tüm türlerin derişimi artar. Katalizör ilavesi reaksiyon hızını artırır. Çünkü dengedeki türlerin derişimi artar. Katalizör sadece ileri reaksiyon hızını artırır. Katalizör denge sabitini değiştirir.

Öğrencilerin böyle düşünceleri yanlıştır.

Katalizör ilavesi durumunda reaksiyon hızı türlerin derişimi arttığı için artmaz. Reaksiyon aktifleşme enerjisi daha düşük olan bir mekanizma üzerinden yürüdüğü için ve aktifleşme enerjisi daha düşük olduğundan aktifleşmiş kompleksin enerjisini aşan tanecik sayısı arttığı için reaksiyon hızı artar. Katalizör ilâvesi ileri ve geri tepkimelerin aktifleşme enerjilerini aynı oranda düşürür. Dolayısıyla ileri ve geri tepkimelerin hızları eşit miktarda artar. Bu sebeple katalizör ilâvesi ne dengenin yönünü, ne de denge sabitini değiştirmez ve denge sabitinin sayısal değerine etki etmez. Dengedeki bir sisteme katalizör ilavesi bir kimyasal dengede ürün veya reaktantların miktarlarını etkilemez, yalnızca dengeye çabuk ulaşılmasını sağlar.

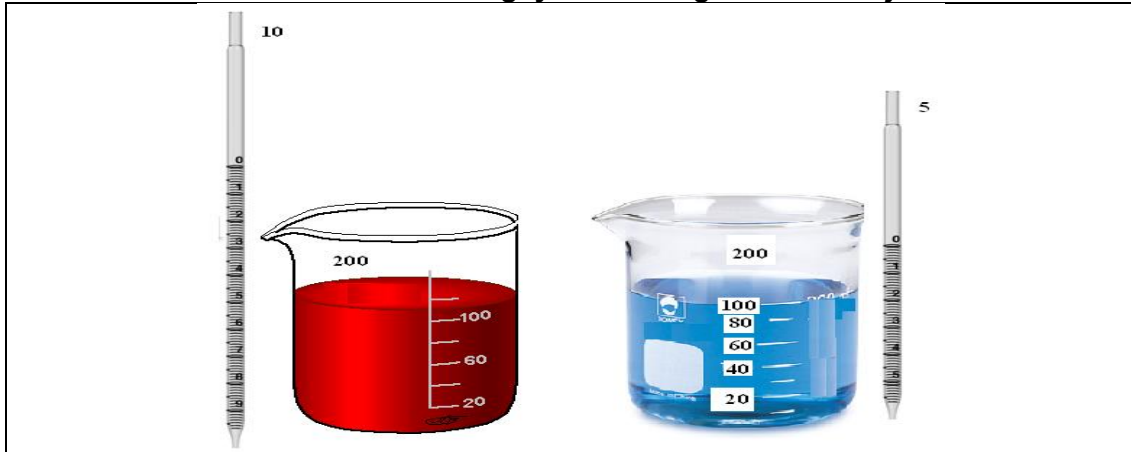
Derinleşme Basamağı

Öğrencilerin öğrendikleri konuları pekiştirmeleri ve detaylandırmalarını sağlamak üzere onlara hazırlanan analogiler incelettilir. Analoji ve hedef kavramlar arasında paylaşılan özellikler ve paylaşılmayan özellikler tartışılır. Öğrencilerin anlamada güçlük çektikleri durumlarla ilgili açıklamalar yapılır. Tartışmalar sırasında öğretmen tarafından tespit edilen yanlışlar düzeltilir. Katalizörün dengeye etkisi ile ilgili simülasyonlar öğrencilere izlettilir. Bu yolla gözlenmesi imkânsız olan taneciklerin ve olayların bilgisayar destekli simülasyonlarla somutlaştırılmasına imkân sağlanmaya çalışılır. Simülasyon programlarında farklı bağımsız değişkenler verilerek bağımlı değişkenlerin miktarları hesaplanmıştır. Deneyleri istedikleri kadar tekrarlayabilmelerine izin verilerek ve tartışmalar yaptırılarak kavramalarını geliştirmeleri sağlanmaya çalışılır. Değişkenleri kullanarak grafik ve tablo oluşturmaları istenir. İncelenmeye başlanan konuya yeni bilgiler elde edildikten sonra geri dönülür ve öğrenciler birlikte edindikleri bilgileri yeni durumlarda uygularlar. Öğretmen, öğrencilerin çalışmalarına ve öğrendikleri kavramları ve becerilerini sunmalarına imkân sağlar. Derinleştirme basamağında kullanılan etkinlik ve olaylara ait örnek ekran görüntüleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 6'nın devamı

Katalizörün dengeye etkisine göre bir analoji

İlk olarak bir beheri 50 ml çizgisine kadar kırmızı suyla doldurun ve ikinci olarak başka bir beheri 100 ml çizgisine kadar mavi renkli suyla doldurun. Daha sonra bir pipete mavi renkli su taşıyan beherden 10 ml mavi renkli su doldurun. Daha sonra başka bir pipete kırmızı renkli su içeren beherden 5 ml kırmızı renkli su doldurun. Daha sonra biranda pipetlerin yerini değiştirip soldan sağ ve sağdan sol beherde suları transfer edin. Her transferden sonra beherlerde kalan su miktarlarını ve pipetlere aldığınız su miktarlarını tabloya kaydediniz. Sol beherde kalan su miktarını reaksiyona girenler bölümünde, sağ beherde kalan su miktarını reaksiyonda oluşanlar bölümünde, pipetlerle transfer edilen renkli suları ileri ve geri reaksiyon hız bölümünde kaydedin. Bu işlemleri her defa yaptığınız sonrasında sağ ve sol beherlerdeki suların hacimlerini belirleyerek tabloya kaydediniz. Her 15 saniyede pipetlerde aldığınız renkli suları transfer ediliriz. Yaptığınız işlemi bir kaç defa tekrarlayın ve verilerinizi tabloya kaydedin. İlk denemelerde beherlerde su hacimleri sabit değil ve pipetlerde su hacimleri eşit değil ancak bir kaç defa işlem yaptıktan sonra beherlerde su hacimleri sabit olacak ve pipetlerde su hacimleri eşit olacaktır. Bu işlemleri tekrar yapınız ve her 10 saniyede pipetlerle renkli suları transfer ediniz ve verilerinizi ikinci tabloya kaydediniz. Son olarak her tabloda denge sabitini hesaplayınız.

Katalizörün dengeye etkisine göre bir analoji**Tablo. Reaksiyona girenler, Reaksiyonda oluşanlar ve Transfer edilenler**

Reaksiyona girenler		Reaksiyonda oluşanlar			
	Sol beher(Kırmızı)	Transfer edilen renkli su	Sağ beher (mavi)	Transfer edilen renkli su	K ya Q
Transfer					
1. Transfer					
Sonuç					
2. Transfer					
Sonuç					
3. Transfer					
Sonuç					
4. Transfer					
Sonuç					

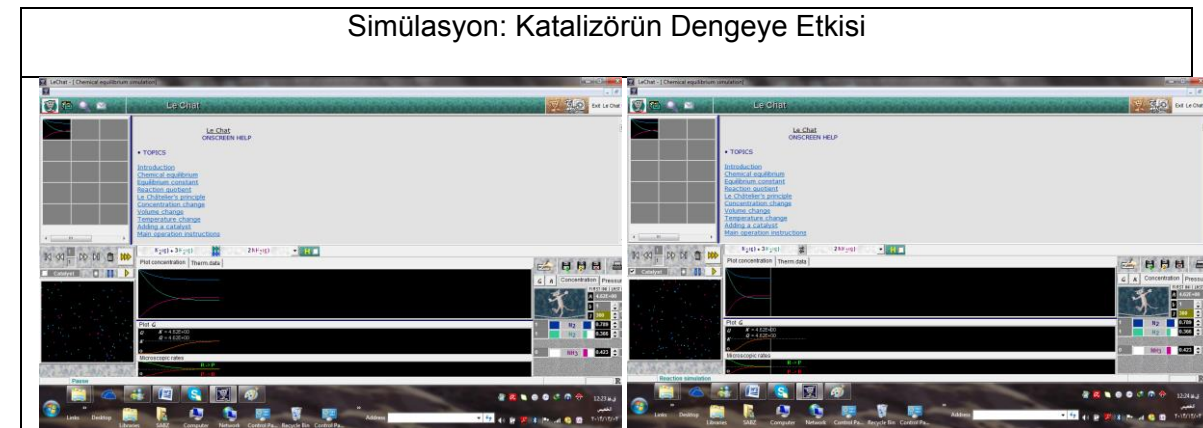
Tablo 6'nın devamı

Tablo. Katalizöre göre analogi örneği

Analoji: Beherler ve pipetler	Hedef kavram: Katalizörün dengeye etkisine göre bir analogi
Paylaşılan özellikler	
Soldaki beherde kırmızı su	Reaksiyona giren madde (A)
Sağdaki beherde mavi su	Reaksiyonda oluşan ürünler (B)
Soldaki beherden sağ behere kırmızı su aktarmak	İleri reaksiyon $A(aq) \rightarrow B(aq)$
Sağdaki beherden sol behere mavi su aktarmak	Geri reaksiyon $B(aq) \rightarrow A(aq)$
Sol beherdeki kırmızı su seviyesi	Reaksiyona giren maddelerin derişimleri (A)
Sağ beherdeki mavi su seviyesi	Reaksiyonda oluşan maddelerin derişimleri (B)
Sağ ve sol beherlerdeki su seviyelerinin belli bir denemeden sonra değişmemesi	Girenlerin ve ürünlerin denge anında derişimleri ve derişimlerinin sabit kaldığı
Paylaşılmayan özellikler	
Birinci beherden ikinci behere, ikinci beherden de birinci behere mavi su transfer etmek	İleri ve geri reaksiyona
Sürekli olarak pipetlerle 15 veya 10 saniyede suları sol beherden sağa ve sağ beherden sol behere transfer etmek	İleri ve geri tepkimenin eşik enerjisinin azaltması
Sürekli olarak birinci beherden ikinci behere su aktarıırken ikinci beherden de birinci behere su transfer edilir	Denge anında etkinleşmiş karmaşık çıplak gözle göremeyiz
Pipetlerde mavi ve kırmızı suların seviyelerinin belli bir denemeden sonra eşit olması	Denge anında ileri eşik enerjisinin geri yöndeki reaksiyonun eşik enerjisini çıplak gözle göremeyiz
Belirli denemeden sonra 10 ve 5 ml pipetle mavi ve kırmızı su hacimlerinin sabit kalması ve eşit olması	Denge anında ileri reaksiyon hızıyla geri yöndeki reaksiyon hızının eşit olduğu

Derinleşme basamağında iki yönlü ve tek yönlü reaksiyonlarda simülasyon örnekleri aşağıda tabloda verilmiştir.

Simülasyon: Katalizörün Dengeye Etkisi

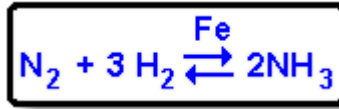


Tablo 6'nın devamı

Değerlendirme Basamağı

Değerlendirme basamağında öğretmen yazılı olarak ve ya performans değerlendirmesiyle öğrencilerin anlamalarını değerlendirebilir. Öğrencilere biri sınıf içi ve diğeri sınıf dışı olmak üzere iki değerlendirme etkinliği sunulur. Sınıf içi etkinlik olarak öğrencilere hedeflenen kavramları içeren birkaç tane doğru-yanlış sorusu dağıtılır ve 10 dakika süre verilir. Cevaplanan sorular öğretmen tarafından toplanır ve öğrencilerin yardımıyla tabloda doğru ve yanlış olanları açıklanır. Öğrencilere reaksiyonların hangilerinin çift yönlü olduğu ve eğer tek yönlü gerçekleşseydiler neler olabileceği sorulur. Ayrıca sınıf dışı etkinlik olarak öğrencilere bölüm sonlarında tek ve çift yönlü reaksiyonlara göre transfer soru tiplerini içeren değerlendirme etkinlikleri dağıtılır. Soruları uygun şekilde cevaplamaları ve bir sonraki hafta derste teslim etmeleri istenir.

1) Tabloda görüldüğü gibi denge durumu reaksiyon için seçilen sıcaklık ve basınca bağlı olmaktadır. Karışımdaki amonyağın yüzdesi, basıncın artmasıyla ve sıcaklığın düşmesiyle artar. Amonyaga maksimum dönüşme yüksek basınç ve düşük sıcaklıkta elde edilir.

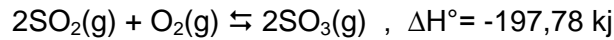


Reaksiyonundaki denge karışımındaki amonyağın hacim yüzdeleri
(Amonyagın üretilmesinde basınç ve sıcaklığın etkisi)

Sıcaklık 0°C	NH ₃ (g) dengesindeki yüzdeleri		
	Basınç		
	10 atm	100 atm	1000 atm
209	51	82	98
467	4	25	80
758	0.5	5	13

Şimdi katalizör hakkında, tartışmalarınızı ortaya çıkardınız.

Sülfürik asit üretiminde bir basamak, vanadyum (V) oksit katalizörü yanında, SO₂ ile O₂'nin (1) reaksiyonu sonucu kükürt trioksit oluşumudur. Sıcaklık artırıldığında, kükürt trioksit sentezi için denge bileşiminin nasıl değişeceğini bulunuz.



9. ÖZ GEÇMİŞ VE İLETİŞİM BİLGİLERİ

07.01.1969 tarihinde İran'ın Marand şehrinde doğdu. Liseyi 1989 yılında Şahid Seydzade lisesinde tamamladı. Aynı yıl Tebriz Devlet Üniversitesi'nde Kimya Fakültesi kimya lisans programına girdi. 1994 yılında bu programdan mezun oldu ve aynı yıl Maşhed Devlet Üniversitesi Kimya Fakültesi Organik Kimya Anabilim Dalı'nda tezli yüksek lisans programına başladı. 1997 yılında bu programdan mezun oldu. 2000 yılında Marand Azad Üniversitesi Kimya Bölümü'nde öğretim elemanı olarak göreve başladı. 2009 yılında K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü Kimya Eğitimi Anabilim Dalında doktora başladı. Evli ve iki çocuk babasıdır. Farsça, Türkçe ve İngilizce bilmektedir.

İLETİŞİM BİLGİLERİ

Adres : Marand İslamik Azad Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü, Marand, İran

E-Posta : naseriazar@gmail.com

Tel : (0539) 851 52 08