



Kimya Öğretmen Adaylarının Kimyasal Dengeye İlişkin Zihinsel Modelleri

Betül EKİZ KIRAN*, Elif Selcan KUTUCU**, Ayşegül TARKIN ÇELİKKIRAN***,

Mustafa TÜYSÜZ****

Öz:

Bu çalışmanın amacı kimya öğretmen adaylarının kimyasal dengeye etki eden faktörlerden sıcaklık ve derişim değışiminin kimyasal dengeye etkisi ile ilgili zihinsel modellerini açığa çıkarmaktır. Araştırmanın deseni olgubilimdir. Katılımcılar bir devlet üniversitesinin kimya öğretmenliği programının son sınıfında öğrenim gören dört kimya öğretmen adayıdır. Veriler açık uçlu sorular ve yarı yapılandırılmış görüşmeler yardımıyla toplanmış daha sonra betimsel analiz ve içerik analizi kullanılarak analiz edilmiştir. Veri analizi sonucunda öğretmen adaylarının sabit etki-tepki modeli, tek yönlü etki-tepki modeli (etki ile eş yönlü tepki modeli, etki ile zıt yönlü tepki modeli) ve çift yönlü etki- tepki modeli olmak üzere dört farklı zihinsel modele sahip oldukları bulunmuştur. Bunun yanında öğretmen adaylarının çoğunluğu denge reaksiyonuna yapılan etki ile dengenin ne yönde değışeceğini Le Chatelier prensibini doğru bir şekilde kullanarak açıklayabilmiştir. Ancak denge reaksiyonun belirtilen yönde değışme sebebini mikroskobik seviyeyi kullanarak açıklama konusunda yeterli seviyede olmadıkları görülmüştür. Bu durum öğretmen adaylarının zihinsel modellerinin bilimsel olarak kabul görmüş kavramsal modellerle tam uyumlu olmadığını göstermektedir. Bu sebeple öğretmen adaylarına yönelik kimya öğretimi olayların nedenleri mikroskobik seviyede sorgulatarak

* Dr. Öğr. Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı <https://orcid.org/0000-0002-0988-8507> E-mail: betulekiz@gmail.com

** Dr. Öğr. Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü, Sınıf Öğretmenliği Anabilim Dalı <https://orcid.org/0000-0001-6156-1950> E-mail: selcan.kutucu@gmail.com

*** Dr. Öğr. Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı <https://orcid.org/0000-0003-4379-3031> E-mail: aytarkin@gmail.com

**** Dr. Öğr. Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı <https://orcid.org/0000-0003-1277-6669> E-mail: mustafatuyusuz@yyu.edu.tr



yapılmalı ve böylece kavramsal modellere uygun zihinsel modeller geliştirmeleri sağlanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Kimyasal denge, Zihinsel modeller, Öğretmen adayı, Kimya eğitimi

Pre-Service Chemistry Teachers' Mental Models on Chemical Equilibrium

Abstract:

The aim of the current study was to investigate pre-service chemistry teachers' understanding of the effect of temperature and concentration change on chemical equilibrium state by accessing their mental models. Phenomenological research method was used as the research design. Participants of the study were four pre-service chemistry teachers. Open-ended questions and semi-structured interviews were utilized to gather the data. Qualitative content analysis method was used to analyze the data. Findings of the study indicated that considering the effect of change in temperature or concentration on chemical equilibrium state pre-service chemistry teachers had four different mental models which were constant action reaction model, unidirectional action reaction model (reaction in the same direction with the action, reaction in the opposite direction with the action) and bidirectional action reaction model. Moreover, most of the pre-service chemistry teachers used Le Chatelier principle correctly to determine how the change in the concentration or temperature affect the equilibrium reaction. However, they had inadequate knowledge while explaining it at the microscopic level. Therefore, it could be stated that pre-service chemistry teachers' mental models regarding the current topic were not accurately compatible with scientifically correct conceptual models. Thus, chemistry teaching should be implemented focusing on the causes of events at microscopic level for the

development of pre-service teachers' mental models that are compatible with the conceptual models.

Keywords: Mental models, Chemical equilibrium, Pre-service teachers, Chemistry education

Giriş

Fen eğitimcileri, yapılandırıcı yaklaşımın anlamlı öğrenme üzerindeki güçlü etkisini yıllardır vurgulamışlardır (Adak, 2017; Lee ve Fraser, 2000; Matthews, 1993; Qarareh, 2016). Anlamlı öğrenme, bilişsel yapılarında var olan bilgileri yeni bilgiler ile ilişkilendirerek öğrencilerin kavramasını geliştirdiği için, fen öğretiminde önemli bir yere sahiptir. Anlamlı öğrenmeyi gerçekleştirebilmek için, öğrenenler kendi zihinsel şemaları üzerine yeni bilgiyi oluşturmalarıdır (Michael, 2001; Novak, 2002; Taber, 2003). Öğrenciler yeni bilgileri zihinsel şemalarında yapılandırmak ve soyut kavramları anlamlandırabilmek için zihinsel modeller oluşturmaktadırlar. Bu aşamada, bilimsel modeller ve gösterimler öğrencilerin kendi zihinsel modellerini oluşturabilmeleri ve yeni kavramları daha kolay anlayabilmeleri için sıkça kullanılmaktadır (Treagust, Chittleborough ve Mamiala, 2002).

Kimya öğretiminde gösterimler sembolik, makroskobik ve mikroskobik olmak üzere üç seviyede ifade edilir (Johnstone, 1993). Treagust ve diğerleri (2002) kimyasal gösterimlerin öğrencilerin zihinsel modellerinin gelişimine katkı sağladığını belirtmiştir. Makroskobik seviye gözlenebilen olgularla (örneğin; buzun erimesi, mumun yanması ve renk değişimi) ilgilidir. Sembolik seviye ise kimyasal eşitlikleri, grafikleri, reaksiyon mekanizmalarını, sembol ve formülleri kapsar. Mikroskobik seviye ise atomlar, moleküller ve iyonlar gibi doğrudan gözlemlenemeyen taneciklerin dizilişi ve hareketleri ile ilgilidir. Yapılan çalışmalar öğrencilerin kimyasal kavramları açıklarken bu üç seviyeyi doğru bir biçimde kullanamadığını

açığa çıkarmıştır (Hinton ve Nakhleh, 1999; Pozo, 2001). Ayrıca araştırmacılar, bu üç kimyasal gösterim seviyesi (makroskobik, mikroskobik, sembolik) arasındaki bağlantının öğrenciler tarafından kavranmasının, onların kimya konularını daha kalıcı bir şekilde öğrenmesine ve o konuda uygun zihinsel modeller oluşturmalarına yardımcı olduğunu belirtmişlerdir (Chittleborough, Treagust ve Mocerino, 2002; Kozma ve Russell, 1997; Tsai, 1999; Wu, 2003). Bu amaçla mevcut çalışmada kimya öğretmen adaylarının makroskobik, sembolik ve mikroskobik seviyedeki açıklamaları ele alınarak kimyasal dengeye etki eden faktörlere ilişkin sahip oldukları zihinsel modelleri ortaya konulmuştur.

Zihinsel Modeller

Fen eğitimcileri tarafından sıklıkla iki çeşit model kabul görmektedir: kavramsal modeller ve zihinsel modeller (Greca ve Moreira, 2000). Kavramsal modeller “araştırmacılar, öğretmenler, mühendisler... vb. tarafından oluşturulmuş, dünyadaki sistemlerin veya durumların anlaşılmasını ya da öğretilmesini kolaylaştıran harici bir gösterimdir” (Greca ve Moreira, 2000, s. 5). Zihinsel modeller ise “bireylerin bilişsel işlevler sırasında oluşturduğu özel bir zihinsel gösterim şekli, bir analog gösterim” şeklinde tanımlanır (Vosniadou, 1994, s. 48). Aynı zamanda zihinsel modeller, bireylerin algıları, hayal gücü, deneyimleri ve dış dünya ile etkileşimleri sonucunda oluşturdukları “küçük ölçekli modeller” veya görselleştirilemeyen durumların soyut gösterimleri olarak da tanımlanabilir (Coll ve Treagust, 2003; Greca ve Moreira, 2000). Zihinsel modeller hem metinlerle hem de resimlerle ifade edilebilirler (Glenberg, Kruley ve Langston, 1994). Zihinsel modeller öğrenen kişiye özeldir ve yeni bilgi edinildikçe değişebilir. Başka bir deyişle, zihinsel modeller tamamlanmamış, değişken veya hatalı olabilir yani dinamik yapılardır (Coll ve Treagust, 2003; Greca ve Moreira, 2000). Alan yazında var olan çalışmalar, öğrencilerin zihinsel modellerinin, bilimsel olarak doğru olan



kavramsal modeller ile genellikle farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır (Chittleborough, Treagust, Mamiala ve Mocerino, 2005; Greca ve Moreira, 2000; Norman, 1983).

Özellikle kimya alanında bir çok kavram soyut bir doğaya sahiptir ve öğrencilerin zihinlerinde taneciklerin hareketlerini görselleştirmek, bilimsel olguları anlamak ve yorumlamak için uygun zihinsel modeller oluşturmaları gerekir (Chittleborough ve diğ., 2002; Chittleborough ve diğ., 2005; Jansoon, Coll ve Somsook, 2009; Ünal, Çalık, Ayas ve Coll, 2006). Kimya eğitimi alanında çalışan araştırmacılar, farklı eğitim seviyelerindeki öğrencilerin çeşitli kimya konularındaki zihinsel modellerini araştırmışlardır. Çalışmalardan bazıları lise öğrencilerinin atom ve moleküller (Harrison ve Treagust, 1996), kimyasal denge (Chiu, Chou, ve Liu, 2002), asitler ve bazlar (Lin ve Chiu, 2007) konusundaki zihinsel modellerine odaklanmıştır. Bazı çalışmalarda ise üniversite öğrencilerinin zihinsel modelleri araştırılmış ve şu konulara odaklanılmıştır: bileşikler (Chittleborough ve diğ., 2002), asitler ve asit kuvvetliliği (McClary ve Talanquer, 2011), asitler ve bazlar (Çelikler ve Harman, 2015), metalik bağ (Taber, 2003), molekül polaritesi (Wang, 2007) ve seyreltme işlemi ve seyreltik çözeltiler (Jansoon ve diğ., 2009). Öte yandan Bhattacharyya (2006) kimya alanında doktora yapan öğrencilerinin organik asitlerdeki zihinsel modellerini incelemiştir. Ayrıca, bazı çalışmalarda ortaöğretim, lisans ve lisansüstü eğitim seviyelerindeki öğrencilerin kimyasal bağlar (Coll ve Taylor, 2002; Coll ve Treagust, 2001) ve iyonik bağ (Coll ve Treagust, 2003) konularındaki zihinsel modelleri incelenmiştir.

Son olarak, öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmalara bakıldığında öğretmen adaylarının atom kavramı (Kiray, 2016); kimyasal reaksiyonlar (Yüce, 2013); kimyasal bağlar (Ulutaş, 2010) ve çözünme ve çökme reaksiyonları (McBroom, 2011) konusundaki zihinsel modellerini araştıran çalışmalar olduğu ancak bu çalışmaların sayısının oldukça az olduğu görülmüştür.

Kiray (2016) fen bilgisi öğretmen adaylarının atom konusunda zorlandıkları noktaları ve sahip oldukları zihinsel modelleri açığa çıkarmak için atom çizim testi ve görüşmeler ile elde ettiği verileri analiz etmiştir. Çalışmanın sonucunda öğretmen adaylarının atom, elektron bulutu ve orbital kavramlarını anlamakta zorluk çektiği ortaya konmuştur. Yüce (2013)'nin çalışmasında kimya öğretmen adaylarının kimyasal reaksiyonlar konusundaki zihinsel modelleri yapılandırılmış görüşmelerle araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda katılımcıların kimyasal reaksiyonlar konusunda bilimsel açıdan uygun modellerin yanında karmaşık ve bilimsel olmayan modellere de sahip oldukları bulunmuştur. Ulutaş (2010) ise çalışmasında kimya öğretmen adaylarının kimyasal bağlar konusundaki zihinsel modellerini ve bilimsel haritalarını görüşme formlarını kullanarak ortaya koymayı amaçlamıştır. McBroom (2011) fen bilgisi öğretmen adayları ile yaptığı çalışmada çözünme ve çökme reaksiyonları ile ilgili öğretmen adaylarının sahip olduğu zihinsel modelleri araştırmak için bu konudaki çizim, denklem gibi yazılı açıklamalar ve görüşmelerden elde ettiği verileri analiz etmiştir. Öğretmen adaylarının çoğunluğunun çözünme süreci ve çökelmenin oluşması hakkında tamamlanmamış/eksik modellere sahip oldukları bulunmuştur. Bu bağlamda alan yazında var olan çalışmalar incelendiğinde, öğretmen adaylarının zihinsel modellerini araştıran çalışmalara halen ihtiyaç duyulduğu söylenebilir.

Kimyasal Denge

Kimyasal denge konusu, termodinamik, maddenin doğası ve kimyasal kinetik gibi pek çok temel kimya kavramıyla ilişkili olduğu için, kimya eğitiminde bu konuyu öğrenmek önemlidir (Ganaras, Dumon ve Larcher, 2008; Harrison ve De Jong, 2005; Maia ve Justi, 2009; Quilez, 2009). Fakat yapılan çalışmalar incelendiğinde kimyasal denge öğrenilmesi ve öğretilmesi zor bir konu olarak kabul edilmektedir (Doymuş, 2008; Quilez, 2004; Quilez-Pardo

ve Solaz-Portolés, 1995). Alan yazındaki bazı çalışmalarda farklı seviyelerdeki öğrencilerin kimyasal denge, kimyasal dengenin dinamik doğası, dengeye etki eden faktörler ve Le Chatelier prensibinin uygulanması gibi temel konularda öğrenme zorluğu yaşadıkları tespit edilmiştir (Bilgin ve Geban, 2006; Tyson, Treagust ve Bucat, 1999; Voska ve Heikkinen, 2000). Ayrıca öğretmen adaylarının kimyasal denge ile ilgili kavramaları araştırılmış ve onların da bu konuda kavram yanılgılarına ve öğrenme zorluklarına sahip oldukları bulunmuştur (Ganaras ve diğ., 2008; Özmen, 2008). Chiu ve diğerleri (2002) kimyasal denge kavramı ile ilgili öğrencilerin yaşadığı zorluğun sadece konu alan bilgisi ile ilgili olmadığını, aynı zamanda öğrencilerin mikroskobik gösterim seviyesini kullanarak kimyasal denge kavramına dair zihinsel modellerini nasıl oluşturdukları ile de ilgili olduğunu vurgulamıştır. Öğrencilerin mikroskobik gösterim seviyesini kullanarak kimyasal denge konusundaki zihinsel modellerini nasıl yapılandırdıklarını araştıran az sayıda çalışma bulunmaktadır ve bu konuda sadece ortaöğretim öğrencileri ile çalışma yapılmıştır (Chiu ve diğ., 2002; Harrison ve De Jong, 2005). Bu bakımdan öğrencilerin kimyasal gösterim seviyelerini kullanarak zihinsel modellerinin gelişimine gelecekte doğrudan etki edecek öğretmen adaylarının kimyasal denge konusundaki zihinsel modellerini araştıran çalışmalara gerek duyulmaktadır. Öğretmen adayları konu ile ilgili uygun olmayan, eksik veya hatalı zihinsel modellere ve öğrenme zorluklarına sahip olurlarsa, öğrencilerinin bu kavramı doğru yapılandırmasına destek olamayacakları söylenebilir (Cheung, Ma ve Yang, 2009). Hem kimyasal denge konusunun kimyadaki yeri hem de öğretmen adaylarının zihinsel modellerinin öğretimdeki rolü nedeniyle bu çalışma, kimya öğretmen adaylarının kimyasal dengeye etki eden faktörlerden sıcaklık ve derişim değişiminin kimyasal dengeye etkisi ile ilgili kavramalarını, kimyasal gösterimlerden yararlanarak zihinsel

modellerine ulaşip açığa çıkarmayı hedeflemektedir. Bu amaçla çalışmanın araştırma soruları aşağıdaki gibidir:

1. Kimya öğretmen adaylarının sıcaklık ve derişim değişiminin kimyasal dengeye etkisi konusundaki makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyedeki bilgi düzeyleri nasıldır?
2. Kimya öğretmen adaylarının sıcaklık ve derişim değişiminin kimyasal dengeye etkisi ile ilgili zihinsel modelleri nelerdir?

Yöntem

Araştırmanın Deseni: Bu çalışmada, bir olguyu derinlemesine anlamlandırmak ve irdelemek için nitel araştırma yöntemine ait olgubilim araştırmanın deseni olarak belirlenmiştir. Olgubilim deseni, “bireylerin bir olguya ilişkin yaşantılarını, algılarını ve bunlara yüklediği anlamları ortaya çıkarma” olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2008, s. 79). Bu çalışmada incelenen olgu öğretmen adaylarının kimyasal dengeye etki eden faktörlere dair zihinsel modelleridir.

Çalışma grubu: Araştırmanın çalışma grubu amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilmiştir. Amaçlı örnekleme yöntemi kullanmanın sonuçların genellenebilirliği açısından sınırlılıkları bulunsa da, zengin bilgiye sahip olduğu düşünölen katılımcılar ile derinlemesine çalışılmasına olanak vermesi açısından bu çalışmada tercih edilmiştir (Patton, 2002; Yıldırım ve Şimşek, 2008). Katılımcılar bir devlet üniversitesinde kimya öğretmenliği programının son sınıfında öğrenim gören 4 kimya öğretmen adayından (2 kız, 2 erkek) oluşmaktadır. Bu çalışma öncesinde katılımcılar genel kimya, organik kimya, analitik kimya gibi tüm alan derslerini tamamlamışlardır. Katılımcıların yaş ortalaması 22-24 arasında değişmektedir. Ayrıca,

katılımcılara araştırma hakkında bilgi verilerek, tamamı gönüllü olarak çalışmaya katılmışlardır.

Veri toplama araçları: Bu çalışmada katılımcıların sahip oldukları düşünceleri ve zihinsel modelleri ortaya çıkarmak için veri toplama aracı olarak yazılı açık uçlu sorular ve yarı yapılandırılmış görüşmeler kullanılmıştır. Katılımcılara yöneltilen açık uçlu sorular aşağıda verilmiştir.

Sabit sıcaklıkta kapalı bir reaksiyon kabında dengeye ulaşmış bir sistemin,

- a) sıcaklığı artırıldığında,
- b) giren maddelerinden herhangi birinin derişimi azaltıldığında,

Sistemde herhangi bir değişiklik meydana gelir mi? Cevabınızı nedenleriyle açıklayınız.

Yarı yapılandırılmış görüşmeler esnasında öğrencilerin açık uçlu sorulara verdikleri cevapları derinlemesine incelemek ve böylece onların zihinsel modellerini belirlemek amaçlanmıştır. Yapılan görüşmeler etik kurallar gözetilerek katılımcıların izni dahilinde ses kaydına alınmıştır ve her bir katılımcı için ortalama 25-30 dakika sürmüştür.

Veri analizi: Çalışmadan sağlanan veriler, betimsel analiz ve içerik analizi yöntemleri ile analiz edilmiştir. Bu amaçla ilk olarak, katılımcıların açık uçlu sorulara verdiği yazılı yanıtlar incelenmiş ve yarı yapılandırılmış görüşmelerin ses kayıtları yazıya dökülmüştür. Yazılı cevaplar ve görüşmelerden elde edilen veriler, daha önceden belirlenen temalara göre verilerin yorumlandığı betimsel analiz yöntemi (Yıldırım ve Şimsek, 2008) kullanılarak analiz edilmiştir. Bu amaçla veriler makroskobik, mikroskobik, sembolik seviyeler altında kategorileştirilerek katılımcıların sorulara verdikleri cevaplar derişim ve sıcaklık kategorileri altında doğru, kısmen doğru ve yanlış olarak kodlanmıştır. Daha sonra, görüşme sırasında katılımcıların sorulara verdikleri cevaplara ait nedenleri açıklarken kullandıkları ifadeler nitel

veri analiz yöntemlerinden biri olan içerik analizi kullanılarak derinlemesine analiz edilmiş ve hâlihazırda belirgin olmayan temalar açığa çıkarılmıştır. Böylece katılımcıların sahip oldukları zihinsel modeller detaylı olarak ortaya konulmuştur. İçerik analizi, “birbirine benzeyen verileri belirli kavramlar ve temalar çerçevesinde bir araya getirmek ve bunları okuyucunun anlayabileceği bir biçimde düzenleyerek yorumlamaktır” (Yıldırım ve Şimşek, 2008, s. 227). Veriler iki farklı araştırmacı tarafından ayrı ayrı incelendikten ve kodlandıktan sonra tüm araştırmacılar bir araya gelmiştir. Kodlama sürecinde ortaya çıkan anlaşmazlıkları çözmek amacıyla tartışmalar yapılmış ve tartışma sonucunda ortak bir karara varılarak kodlar oluşturulmuştur. Zihinsel modellere ilişkin bilgiler Tablo 1 de sunulmuştur.

Tablo 1
Zihinsel modeller ve açıklamaları

Zihinsel modeller		Açıklama	Örnek
Sabit etki-tepki modeli		Sisteme yapılan bir etkiye sürekli hep aynı tanecikler (girenler ya da ürünler) tepki verir.	Öğrencilerin endotermik ve ekzotermik tepkimelerde sıcaklık değişiminden sadece girenlerin etkilendiğini düşünmesi
Tek yönlü etki-tepki modeli	Etki ile eş yönlü tepki modeli	Sisteme hangi taraf üzerinden (girenler ve ürünler) etki yapılırsa o taraftaki tanecikler etkilenir.	Öğrencilerin endotermik tepkimelerde sıcaklık değişiminden sadece girenlerin etkilendiğini düşünmesi
	Etki ile zıt yönlü tepki modeli	Sisteme hangi taraf üzerinden (girenler ve ürünler) etki yapılırsa aksi taraftaki tanecikler etkilenir.	Öğrencilerin endotermik tepkimelerde sıcaklık değişiminden sadece ürünlerin etkilendiğini düşünmesi
Çift yönlü etki-tepki modeli		Sisteme hangi taraf üzerinden (girenler ve ürünler) etki yapılırsa yapılırsın her iki taraftaki (hem girenler hem ürünler) tüm tanecikler etkilenir.	Öğrencilerin endotermik ve ekzotermik tepkimelerde sıcaklık değişiminden hem ürünlerin hem de

girenlerin etkilendiğini düşünmesi.

Etik kurallar gereği veriler toplanırken ve analiz edilirken görüşmeye katılan dört öğrencinin isimlerinin gizlenmesi için kadın öğrenciler Pelin ve Gamze, erkek öğrenciler ise İrfan ve Murat şeklinde isimlendirilmiştir.

Bulgular

Bu bölümde kimyasal dengeye etki eden faktörlerle ilgili kimya öğretmen adaylarının görüşleri makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyelerde incelenerek önce sıcaklığın daha sonra derişimin kimyasal dengeye etkisi ile ilgili zihinsel modelleri ortaya konulmuştur (bknz. Tablo 2). Bulgular verilirken katılımcıların ifadeleri alıntılar halinde sunulmuştur.

Tablo 2

Sıcaklık ve derişim değişiminin kimyasal dengeye etkisi ile ilgili katılımcıların zihinsel modelleri

Katılımcı	Sıcaklık etkisi ile ilgili zihinsel model	Derişim etkisi ile ilgili zihinsel model
Pelin	Tek yönlü etki-tepki modeli Etki ile eş yönlü tepki modeli	Açıklama yok
Murat	Çift yönlü etki-tepki modeli	Tek yönlü etki-tepki modeli
İrfan	Çift yönlü etki-tepki modeli	Tek yönlü etki-tepki modeli
Gamze	Sabit etki-tepki modeli	Tek yönlü etki-tepki modeli Etki ile zıt yönlü tepki modeli

Sıcaklığın kimyasal dengeye etkisi

Öğretmen adaylarının sıcaklığın kimyasal dengeye etkisine dair açıklamaları makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyeler dikkate alınarak kategorilendirilmiştir. Her

kategoriye dair açıklamalar doğru, kısmen doğru ve yanlış olarak kodlanarak Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3

Öğretmen adaylarının sıcaklığın kimyasal dengeye etkisi ile ilgili açıklamalarının kimyanın gösterimlerine yönelik düzeyleri

	Makroskobik	Mikroskobik	Sembolik
Doğru	Pelin Murat İrfan	-	Pelin Murat İrfan Gamze
Kısmen Doğru	-	Pelin Murat İrfan	-
Yanlış	Gamze	Gamze	-

Öğretmen adaylarının hepsi sıcaklığın dengeye etkisini açıklarken sembolik seviyeden faydalanmışlardır. Makroskobik seviyede ise, katılımcıların üçü (Pelin, Murat ve İrfan) dengedeki bir kimyasal reaksiyonun sıcaklığı artırıldığında dengenin etkileneceğini ve bu etkinin reaksiyonun endotermik veya ekzotermik olmasına göre değişeceğini belirtmişlerdir. Bu değişimi ise Le Chatelier prensibini temel alarak reaksiyon ekzotermik ise dengenin girenler yönüne, endotermik ise ürünler yönüne ilerleyeceğini belirterek uygun bir biçimde açıklamışlardır. Öğretmen adaylarından Gamze ise makroskobik seviyede yanlış açıklama yaparak hem endotermik hem de ekzotermik reaksiyonlarda sıcaklık artırıldığında dengenin hep girenler yönünde ilerleyeceğini belirtmiştir. Sıcaklık artışının denge tepkimesine etkisine dair öğretmen adaylarının açıklamalarının nedenleri sorgulandığında, üç öğretmen adayı mikroskobik seviyede kısmen doğru açıklamalar yaparken, diğer bir kişi bu seviyede doğru açıklama yapamamıştır.

Örneğin Pelin sıcaklığın arttırılması sonucu endotermik ve ekzotermik reaksiyonlarda girenleri ve ürünleri oluşturan taneciklerin ortalama kinetik enerji ve çarpışma sayılarının artacağını bilmekte, buna rağmen sıcaklığın artması ile birlikte denge reaksiyonunun neden girenler ya da ürünler tarafına ilerlediğini tam anlamıyla açıklayamamıştır. Aşağıda Pelin ile yapılan görüşmeden bir alıntı verilmiştir:

Araştırmacı: Endotermik bir reaksiyona ısı verdiğimiz zaman nasıl bir değişiklik oluyor sistemde?

Pelin: Denge sağa kayar. Bunu çarpışma teorisine göre açıklarsak taneciklerin hızı enerji aldıklarından dolayı daha da artacak birbirleriyle çarpışma ihtimalleri daha fazla artacak bundan dolayı girenlerin miktarı arttığından dolayı çarpışmadan dolayı denge bunu (ürünler tarafındaki çarpışmayı) arttırmak için azalan tarafa doğru kayacak.

A: Bir tane endotermik tepkime yazabilir misin?

P: $Isı + A + B \rightleftharpoons C + D$

A: Tamam sistemi ısıttık. Neyin hızı artıyor hangi maddeler çarpışıyor?

P: Girenler, A ve B maddeleri

A: Bunlar çarpışıyor, sonra?

P: Denge C ve D'nin olduğu tarafa yani ürünler tarafına kayıyor.

A: Ekzotermik için bir tepkime yazar mısın?

P: $E + F \rightleftharpoons P + Y + ısı$

A: Bunu ısıttığımız zaman nasıl bir değişiklik oluyor sistemde?

P: Bu defa dışarı ısı verdiği için ürünler tarafına yazıyoruz ekzotermik tepkimede ısıyı. Dolayısıyla burada P ve Y'ninki arttığından dolayı azalan tarafa E ve F yani girenler tarafına denge kayıyor.

A: Artan ne?

P: Çarpışma. P ve Y daha çok çarpışıyorlar

A: Sıcaklığı yazdığımız taraftaki tanecikler mi sıcaklıktan etkileniyor?

P: [sessizlik]

A: Endotermik için dedin ki A ve B çarpışıyor, ekzotermik için de P ve Y çarpışıyor dedin.

P: Evet öyle düşündüm.

Pelin'in açıklamalarından kimyasal dengeye sıcaklığın etkisine ilişkin tek yönlü etki-tepki modelinden etki ile eş yönlü tepki modeline sahip olduğu görülmektedir. Dengedeki bir kimyasal reaksiyonun sıcaklığı artırılırsa, tepkimenin ekzotermik ya da endotermik tepkime olmasına göre ya sadece girenler ya da sadece ürünlerin sıcaklık artışından etkileneceğini düşünmektedir. Başka bir deyişle, tepkime endotermik ise sadece girenler, tepkime ekzotermik

ise sadece ürünler sıcaklık artışından etkilenir ve onlar arasındaki çarpışmaların artacağı görüşüne sahiptir.

Murat ve İrfan ise, Pelin'in açıklamalarından farklı olarak sıcaklık artışı ile hem ürünleri ve hem de girenleri oluşturan taneciklerin ortalama kinetik enerjileri ve reaksiyon verecek muhtemel çarpışmaların artacağını fakat ileri ve geri tepkime hızlarının aynı şekilde etkilenmeyeceğini belirtmişlerdir. Örneğin, bu iki öğretmen adayı endotermik reaksiyonlar için sıcaklık artışı ile hem ileri hem geri reaksiyon hızının arttığını ancak ileri reaksiyon hızının geri reaksiyon hızına göre daha fazla arttığını belirtmişlerdir fakat bunun sebebi ile ilgili bir açıklama yapamamışlardır. İki öğretmen adayı da sıcaklığın dengeye etkisini açıklarken taneciklerin kinetik enerjisinden bahsetmiş fakat potansiyel enerjilerinin etkisinden bahsetmemiştir. Örneğin, Murat mülakat sırasında endotermik reaksiyonlarda sıcaklık artışı ile birlikte dengenin ürünler yönüne neden kaydığını şöyle açıklamıştır:

Araştırmacı: Endotermik reaksiyonda sıcaklığı artırdığımızda dengede nasıl bir değişim olur?

Murat: Reaksiyon endotermik olduğu için, girenlerin kinetik enerjisi ürünlerden daha fazladır. Ayrıca, endotermik reaksiyonda sıcaklık girenler tarafında yazıldığı için sıcaklık artırıldığında denge ürünler tarafında kayar.

A: Tanecikler sıcaklık artışından nasıl etkilenir?

M: Hızları artar, kinetik enerjileri artar.

A: Hangi taneciklerin?

M: Hem girenlerin hem de ürünlerin.

A: Aynı oranda mı etkilenir?

M: Hayır. Bu endotermik bir reaksiyon olduğu için, girenlerin zaten belli bir kinetik enerjisi vardır.

.....

M: Sıcaklık artışı taneciklerin enerjisini artırarak aktivasyon enerjisine ulaşmalarını sağlar.

A: Bu fikirlerin hem ileri hem de geri yönlü reaksiyon için geçerli mi?

M: Evet geçerli.

A: Bu durumda hem ileri hem geri reaksiyon hızının arttığını söylüyorsun.

M: Evet ama neden ileri reaksiyon hızının geri reaksiyon hızından daha fazla arttığını bilmiyorum.

A: Nedenini bilmiyorsun peki dengenin ürünler yönüne kaydığını nerden biliyorsun?

M: Sebebini bilmiyorum ama bu şekilde olduğunu biliyorum.

Murat ve İrfan'ın açıklamalarından kimyasal dengeye sıcaklığın etkisine ilişkin çift yönlü etki-tepki modeline sahip olduğu görülmektedir. Bu öğretmen adayları sıcaklık artırıldığında hem ürünlerin hem girenlerin sıcaklık etkisiyle ortalama kinetik enerjilerinin artacağını ve taneciklerin çarpışmasının artacağını, ileri ve geri reaksiyon hızlarının artacağını düşünmektedirler. Ancak ileri ve geri reaksiyon hızlarındaki artış miktarlarının farklı olacağını belirtmelerine rağmen bunun nedeni açıklayamamaktadırlar.

Sıcaklık artışının denge tepkimesine etkisine dair öğretmen adaylarından Gamze'ye açıklamalarının nedeni sorulduğunda ise mikroskobik seviyede doğru açıklama yapamamıştır. Gamze yapılan görüşmede görüşlerini şu şekilde açıklamıştır:

Araştırmacı: Sabit sıcaklıkta kapalı bir reaksiyon kabında dengeye ulaşmış bir sistemin sıcaklığı artırıldığında sistemde herhangi bir değişiklik meydana gelir mi?

Gamze: Gelir.

A: Nasıl bir değişiklik?

G: Daha hızlı reaksiyon gerçekleşir çünkü kinetik kuramdan bildiğimiz gibi moleküllerin çarpışmaları daha hızlı olacak

A: Reaksiyonun daha hızlı olması dengeye etki eder mi peki?

G: Eder aslında ısının nerde olacağına bağlı. Isı eğer girenlerdeyse...

A: Mesela bir reaksiyon yazarak gösterebilir misin?

G: Tamam şöyle yapayım o zaman. $ISI + A + B \rightleftharpoons C$ Diyelim ki şöyle bir sistemim var. Sıcaklık arttırıyorum ısıyı şuradan (girenlerden) veriyorum o zaman denge bu tarafa (girenlere) doğru kayacak. Çünkü bu tekrar dengeye gelmeye uğraşacak bu yüzden de ısının tersi yönünde olacak.

A: Isı burada olduğu zaman bu nasıl bir reaksiyon?

G: Endotermik

A: Endotermik reaksiyonda sıcaklığı arttırdığımızda denge ne olur?

G: Daha fazla C oluşacak bunu azaltmak için yine A ve B yönüne gidecek.

A: Neden daha fazla C oluşacak sıcaklığı arttırdığımızda?

G: Çünkü daha fazla çarpışma olacak A ve B arasında

A: Hımm

G: Daha fazla çarpışma olacağı için C daha fazla oluşacak ama bu dengeyi oturtmak için de bu tarafa doğru kayacak.

A: Isı girenler tarafında olduğu için mi A ve B daha fazla çarpışacak?

G: Hayır ekzotermikte olsa bu şekilde oluyor

A: Tamam bir tane ekzotermik tepkime yazar mısın?

G: $A + B \rightleftharpoons C + D + ISI$

A: Burada ısı nerede?

G: Buradan (girenlerden) ısıyı verdim ama buradan (ürünlerden) da ısı çıkacak yine. Buradan ısıyı verdiğim için hızlı reaksiyon olacak aslında yine C ve D yönüne gidecek. Burada daha fazla ısı olacak hem bunların çarpışmasından dolayı bir ısı çıkıyor ortaya hem benim verdiğimden dolayı. A ve B daha fazla C ve D oluşturacağı için reaksiyon yine bu tarafa (girenlere) doğru kayacak

A: Diyorsun ki A ve B daha çok çarpışacak?

G: Evet C ve D oluşacak daha çok.

A: Ama reaksiyon bu tarafa (girenlere) kayacak diyorsun

G: Ama burada hem ısı var hem C ve D var ya burada bir dengesizlik var. O yüzden bu tarafa (girenlere)

A: Nasıl bir dengesizlik?

G: C ve D molekülleri dengeden daha fazla. Burada ekzotermik olduğu için hem C ve D'nin oluşmasından ısı çıkıyor hem de buradaki reaksiyon daha hızlı olduğu için C ve D daha fazla o yüzden bu tarafa gidiyor.

Gamze'nin açıklamalarından kimyasal dengeye sıcaklığın etkisine ilişkin sabit etki-tepki modeline sahip olduğu görülmektedir. Gamze reaksiyonun endotermik veya ekzotermik olmasına dikkat etmeden sıcaklık artışı ile hep girenlerin etkilendiğini yani girenlerin çarpışma sayısının artacağını ve bu etki ile ürünlerin daha çok oluşacağını ve oluşan fazla ürün (dengesizlik) sebebi ile reaksiyonun girenlere kayacağını düşünmektedir.

Derişimin kimyasal dengeye etkisi

Öğretmen adaylarının derişimin kimyasal dengeye etkisine dair açıklamaları makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyeler dikkate alınarak kategorilendirilmiştir. Her kategoriye dair açıklamalar doğru, kısmen doğru ve yanlış olarak kodlanarak Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4

Öğretmen adaylarının derişimin kimyasal dengeye etkisi ile ilgili açıklamalarının kimyanın gösterimlerine yönelik düzeyleri

	Makroskobik	Mikroskobik	Sembolik
Doğru	Pelin		Pelin
	Murat		Murat
	İrfan	-	İrfan
	Gamze		Gamze

Kısmen Doğru	-	Murat İrfan	-
Yanlış	-	Gamze	-
Açıklama yok	-	Pelin	-

Derişimin kimyasal ~~dengeye~~ etkisi ile ilgili bütün öğretmen adayları sabit sıcaklıkta kapalı bir kapta dengede bulunan bir tepkimenin girenlerinden birinin derişiminin azaltılması ile sistemde bir değişiklik olacağını ifade ederek bu değişikliği sembolik gösterimi kullanarak örnek bir tepkime denklemi ile açıklamışlardır. Katılımcıların açıklamaları dikkate alındığında hepsinin Le Chatelier prensibi yardımıyla dengenin sola doğru ilerleyeceğini makroskobik boyutta doğru bir şekilde açıkladıkları görölmektedir. Örneğin İrfan'ın yazılı ifadesi şu şekildedir: "Giren maddelerinden herhangi birinin derişimi azaltıldığında, sistem tekrar kendisini dengeye ulaştırmak için tepkimede azalan maddenin artmasına yönelik bir kayma gösterecektir. Örn: $A+B \rightleftharpoons C$ tepkimesinde A azaltıldığında sistem dengeye ulaşmak için girenler yönüne doğru ilerler."

Öğretmen adaylarına tepkimenin neden sola kaydığı sorulduğunda nedenini mikroskobik seviyede tam olarak doğru açıklayan öğretmen adayının olmadığı fakat Murat ve İrfan'ın mikroskobik seviyede kısmen doğru açıklamalar yapabildiği belirlenmiştir. Gamze mikroskobik seviyede yanlış açıklamalar yaparken, Pelin'in bu seviyede herhangi bir açıklama yapamadığı görölmüştür.

Öğretmen adaylarından Murat ve İrfan giren maddelerden birinin derişiminin azaltılması sonucunda, giren taneciklerinin birbiri ile çarpışmalarının ve böylece ileri tepkime hızının azalacağını belirterek mikroskobik seviyede kısmen doğru bir açıklama yapmışlardır. Ancak Murat ve İrfan'ın ürün taneciklerinin birbiri ile çarpışmalarını düşünmedikleri ve geri yönde ilerleyecek tepkime hızını göz önüne almadıkları belirlenmiştir. Başka bir deyişle, bu

katılımcıların yalnızca girenler tarafındaki olaylara odaklanarak ürünler tarafındaki olayları düşünmedikleri görülmüştür. Yapılan görüşmede İrfan kimyasal dengeye derişimin etkisine dair görüşlerini şu şekilde ifade etmiştir:

İrfan: Giren maddelerden herhangi birinin derişimini azaltırsak; ileri yöndeki reaksiyonun hızı azalmış oluyor. O zaman sistem ileri yöndeki reaksiyonun hızını artırmak isteyecektir bu yüzden denge girenler yönüne kayarak ileri yöndeki reaksiyonun hızını artırmış olur.

Araştırmacı: Sistem buna nasıl karar verir?

İ: Le Chatelier prensibine göre doğanın kanunu bu.

A: Sistem dediğimiz şey ne? Nasıl hissediyor bunun azaldığını?

İ: Hissetmek değil de nasıl söylesem..... [sessizlik] girenlerden birinin miktarını azalttığımız zaman..... [sessizlik] bilmiyorum hissediyor mu hissetmiyor mu hissetmek değil tabi ki de

A: Giren maddelerden birini azalttığında, dengenin girenler yönüne doğru kayacağını söyledin. Peki, ne şekilde olur bu? Denge neden ürünler yönüne değil de girenler yönüne kayıyor?

İ: Çünkü reaksiyon hız dediğimiz olay birim zamanda harcanan madde miktarı, girenlerden birinin derişimini azalttığımız zaman birim zamanda harcanan madde miktarı azalacak. Tanecikler birbirleri ile çarpışma olasılıkları azalacak. Bu yüzden ileri yöndeki hız da azalacak.

A: İleri yöndeki hızın azalması neyi ifade eder?

İ: Denge bozulacak.

A: Denge bozulunca ne olur?

İ: Ama Le Chatelier demiş ki denge kapalı bir sistem, denge bozulursa denge bunu tekrar bir denge haline gelmek için

A: Le Chatelier dediği için mi oluyor böyle?

İ: O bulmuş demiş biz de buna inanıyoruz.

Murat ve İrfan'ın açıklamalarından kimyasal dengeye derişimin etkisine ilişkin tek yönlü etki modelinden etki ile eş yönlü tepki modeline sahip oldukları görülmektedir. Bu öğretmen adayları girenler maddelerden birinin derişimi azaltıldığında sadece girenler tarafındaki taneciklerin bu etkiye maruz kalacağını düşünmektedirler. Başka bir deyişle, sadece giren maddelerin derişimine etki yapıyorsa giren maddelerin tanecik sayısında ve çarpışma sayılarında değişme olacağını düşünerek ürün maddelerinin taneciklerinin etkileneceğini düşünmemektedirler.

Gamze mikroskobik seviyede yanlış açıklamalar yapmış ve yapılan görüşmede kimyasal dengedeki bir tepkimede girenlerden birinin azaltılmasına dair görüşlerini aşağıdaki şekilde ifade etmiştir:

Araştırmacı: Sabit sıcaklıkta kapalı bir reaksiyon kabında dengeye ulaşmış bir sistemin, giren maddelerinden herhangi birinin derişimin azaltıldığında sistemde herhangi bir değişiklik meydana gelir mi?

Gamze: Gelir.

A: Burada (yazılı cevabında) bir reaksiyon yazmışsın ($A + B \rightleftharpoons C$). Bu nasıl bir reaksiyon?

G: Aslında şu şekilde diye biliyorum. Diyelim burda A var B var ikisinden de C meydana geliyor. Fark etmez A veya B' nin miktarını azalttığım zaman burada zaten şey bozukluğu olacağı için denge bozukluğu sistem azalttığım yöne doğru gidecek.

A: Sistem bunu nasıl anlıyor? Bu kütle azalması mı? Hani bu taraf azaldı ben bu tarafa ilerleyeyim demek ne oluyor?

G: Herhalde öyle düşünüyor. Çünkü sonuçta hep diyoruz bir tarafı azalttığımız zaman o azalan yöne doğru gidecek. Çünkü diğer taraf daha fazla olacak o yüzden bunu tekrar dengeye nasıl ulaşıyorsa o hale gelmeye çalışacak. Şimdi ben A'yı azaltırsam eğer ne olacak C de kendini azaltmaya başlayacak ki A'yı arttırabilsin. Bu sefer de C azalmış olacak.

A: Tekrar sistem olayına dönmek istiyorum. Hani A azalacak diyorsun bunu arttıracak yönde sistem A'yı oluşturacak diyorsun. Sistem buna nasıl karar veriyor? A'nın azaldığını nasıl hissediyor da A'yı oluşturmaya başlıyor. Buna dair fikrin var mı?

G: Yok.

A: Hani sen dedin ya sistem orda A'yı azaltacak dolayısıyla girenler yönüne kayacak o sırada neler oluyor? A ve B'yi nasıl oluşturuyor?

G: Evet aslında bir şeyin olması lazım yine de bir etki. Ne bileyim mesela buradaki C moleküllerinin biraz daha hızlı bölünmesi lazım A ve B'ye. Nasıl onu yapıyor bilemiyorum.

A: A ve B'nin oluşması için C'nin bölünmesi lazım?

G: Evet bölünmesi lazım sonuçta dengeye ulaşması için kimyasal reaksiyonun daha hızlı olması lazım. Ama nasıl bir etki yapılıyor da C bir anda parçalanmaya başlıyor bilemiyorum. Sıcaklık diyeceğim ama sonuçta nasıl bir reaksiyon olduğunu bilmiyoruz zaten burada sıcaklıkla ilgili bir bilgi yok.

A: Sıcaklık sabit. Sadece A'nın ya da B'nin derişimini azaltıyoruz.

G: Bilemiyorum aslında hiçbir fikrim de yok.

Gamze'nin açıklamalarından kimyasal dengeye derişimin etkisine ilişkin tek yönlü etki-tepki modelinden etki ile zıt yönlü tepki modeline sahip olduğu görülmektedir. Gamze bir kimyasal denge reaksiyonunda giren maddelerden birinin derişimi azaltıldığında bu etkiden

sadece ürünlerin etkilendiğini yani bu etkiyi azaltmak için ürünlerin parçalanarak girenleri oluşturacağını düşünmektedir. Başka bir deyişle, etkinin giren maddeler tarafına yapılmış olmasına rağmen bu etkinin nasıl azaltılacağından bahsederken sadece ürünlerden bahsedip girenlerden hiç bahsetmemiştir.

Tartışma

Dengedeki bir kimyasal tepkimeye sıcaklığı veya derişimi değiştirilerek etki edilmesi sonucunda oluşacak duruma ilişkin kimya öğretmen adaylarının zihinsel modellerini ortaya koymak için yapılan bu çalışma sonucunda öğretmen adaylarının dört farklı zihinsel modele sahip olduğu tespit edilmiştir. Bunlar sabit etki-tepki modeli, tek yönlü etki-tepki modeli (etki ile eş yönlü tepki modeli, etki ile zıt yönlü tepki modeli) ve çift yönlü etki-tepki modelidir. Çalışma sonuçlarına göre öğretmen adaylarının sıcaklığın dengeye etkisini Le Chatelier prensibini kullanarak makroskobik seviyede doğru açıkladıkları görülmüştür. Buna rağmen mikroskobik seviyedeki açıklamasında bir öğretmen adayı, denge tepkimesinin denkleminde sadece sıcaklığın yer aldığı taraftaki taneciklerin kinetik enerjilerinin artacağından ve dolayısıyla onların daha çok çarpışacağından bahsetmiştir. Bu ifadeden yola çıkarak, bu öğretmen adayının denge reaksiyonunda yer alan maddelerden sadece bazılarının sıcaklıktan etkilendiğini, giren ve ürün maddelerinin ayrı kaplarda yer aldığını ya da ileri ve geri yöndeki tepkimelerin ayrı kaplarda gerçekleştiğini düşündüğü çıkarımları yapılabilir (Garnett, Garnett ve Hackling, 1995; Quilez, 2009). Bu durumun önüne geçmek adına denge reaksiyonun gerçekleştiği karışımın tek bir öğeden oluştuğu ve kapalı bir sistemde gerçekleştiği vurgulanmalıdır (Chiu ve diğ., 2002). Öğretmen adayının bu yanlış kavramaya sahip olmasının bir başka nedeni ise verilen eğitimler sırasında sembolik seviyenin doğru ve etkili bir şekilde kullanılmaması ve diğer seviyelerle bütünleştirilerek ele alınmamış olması olabilir (Taber,

2013). Sembolik seviyede endotermik tepkimelerde ısıнын girenler tarafında, ekzotermik tepkimelerde ise ısıнын ürünler tarafına yazılması öğretmen adayının ısıнын bulunduğu taraftaki taneciklerin ısı değışiminden etkileneceğini düşünmesine neden olmuş olabilir. Bu düşüncenin önüne geçmek adına ısı sembolünü (Q) tepkime reaksiyonu içinde girenler ya da ürünlerle birlikte yazmak yerine, net ısı değışimini “-” ve “+” gibi değerlerle tepkime sonunda ifade etmek ($Q_{\text{net}} = +X \text{ kcal}$; $Q_{\text{net}} = -X \text{ kcal}$) ısıнын sadece giren ya da sadece ürünleri etkilemediğini, tüm tepkimeye ait bir değer olduğunu anlamak açısından fayda sağlayabilir. Diğer iki öğretmen adayı da sıcaklığın dengeye etkisini açıklarken hem girenlerin hem ürünlerin taneciklerin kinetik enerjisinden bahsetmiş olmasına rağmen potansiyel enerjilerini dikkate almadığından mikroskobik seviyede tam olarak doğru açıklama yapamamışlardır. Elde edilen bulgular, kimyasal dengeye etki eden faktörlerin öğretimi sırasında sembolik seviye ve Le Chatelier prensibi üzerinden makroskobik açıklamalar yapılmasının yanı sıra bu açıklamaların mikroskobik seviyeye vurgu yapan açıklamalarla desteklenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Sadece Le Chatelier prensibi baz alınarak yapılan makroskobik düzeydeki açıklamalarla öğrencilerin kalıcı öğrenme sağlanması çok zor bir süreç olacaktır (Cheung ve diğ., 2009). Ayrıca, mikroskobik seviyedeki açıklamaların sadece taneciklerin çarpışmaları üzerinden değil, kinetik enerji ve potansiyel enerji kavramları ile de ilişkilendirilip vurgu yapılarak öğretilmesi gerekmektedir, çünkü soyut bir kavram olan enerji ve enerji dönüşümleri özellikle dikkat çekilip vurgulanmadığı sürece öğrenciler tarafından zihinde canlandırılması zor kavramlardır (Taber, 2009).

Çalışmadan elde edilen bulgular tüm öğretmen adaylarının derişimin dengeye nasıl etki ettiğini sembolik seviyeyi ve Le Chatelier prensibini kullanarak makroskobik seviyede doğru bir şekilde açıklayabildiklerini göstermektedir. Fakat derişim değışiminin etkisiyle dengenin

neden belirttikleri yönde değiştiğine dair açıklamaları onların mikroskobik seviyedeki anlamalarının yetersiz olduğunu (Garnett ve diğ., 1995) ve dolayısıyla zihinlerindeki modellerinin eksik olduğunu ortaya koymaktadır. Katılımcılar giren maddelerden birinin derişimin azalmasından sadece giren maddelerin taneciklerinin çarpışmalarının ve dolayısıyla ileri yöndeki reaksiyon hızının etkilendiğini düşünürken, ürünler arasındaki çarpışmaları ve geri yöndeki reaksiyon hızını dikkate almamaktadırlar (Maia ve Justi, 2009). Bu durum katılımcıların dengeye yapılan etkileri tek taraflı ele aldıklarını göstermektedir (Quilez, 2004; 2009). Bunun altında yatan neden giren ve ürün maddelerinin sembolik seviyede bir ok yardımıyla ayrılarak gösteriliyor olmasından kaynaklanıyor olabilir. Giren ve ürün maddelerin sembolik seviyede kimyasal eşitliğinin farklı taraflarında (girenlerin sol tarafta, ürünlerin sağ tarafta) gösteriliyor olması öğrencilerin giren ve ürünleri ayrı kaplardaymış gibi düşünmesine ya da ileri ve geri yöndeki tepkimelerin iki ayrı kapta birbirinden bağımsız gerçekleşiyormuş gibi düşünmesine neden olabilir (Chiu ve diğ., 2002; Garnett ve diğ., 1995).

Kısacası, elde edilen bulgular öğretmen adaylarının makroskobik ve sembolik seviye arasında ilişki kurmalarına rağmen bunları mikroskobik seviye ile ilişkilendirmekte yetersiz olduklarını (Maia ve Justi, 2009) ve dolayısıyla zihinsel modellerinin eksik olduğunu göstermektedir. Alanyazında da kimyasal dengenin hemen her seviyedeki öğrenciler tarafından mikroskobik seviyede anlaşılmasının zor olduğunu ve öğrencilerin kimyasal dengeyi zihinlerinde canlandırma açısından yetersiz olduklarını gösteren bir çok çalışma vardır (Aydeniz ve Doğan, 2016; Chiu ve diğ., 2002; Garnett ve diğ., 1995; Maia ve Justi, 2009).

Öneriler

Katılımcıların gelecekte öğretmen olacaklarını düşündüğümüzde onların zihinsel modellerindeki yanılgıları öğrencilerine de aktarmaları söz konusu olabileceğinden kimyasal

denge konusunun maddenin tanecikli yapısı ve tepkime hızı gibi kimyasal dengeden önce anlatılan konularla ilişkilendirilerek anlamlı bir şekilde öğretilmesi gerekmektedir. Ayrıca mikroskobik seviyedeki anlamalarının yetersiz olması durumunda, öğretmen olduklarında kimya kavramlarını öğrencilerine açıklamada zorluk çekeceklerdir (Cheung ve diğ., 2009). Dolayısıyla bu durum öğrencilerin zihinsel modellerini doğru bir şekilde oluşturmamalarına sebep olabilir. Chittleborough ve arkadaşları (2002) öğrencilerin zihinsel modellerinin gelişmesinde makroskobik, mikroskobik ve sembolik gösterimlerin etkili olduğunu belirtmiştir. Makroskobik boyutta öğrencilerin kimyasal denge durumunu ve dengeye etki eden faktörlerin etkilerini gözlemleyebilecekleri deneyler kullanılabilir. Sembolik seviyede ise deneyler içerisinde yer alan tepkime denkleminin verilmesinin yanı sıra potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiklerinden yararlanılması da gerekir. Bu şekilde öğretim yapılması öğrencilerin taneciklerin sahip olduğu potansiyel ve kinetik enerjilerin farklı olduğunu görmelerine yardımcı olarak denge olayını ve yapılan etkileri tanecik boyutta zihinlerinde canlandırmalarında yardımcı olabilir. Bunun yanında mikroskobik seviyede ise, bu deneylere yönelik animasyon ve simülasyonlardan faydalanılarak kavramların anlamlı bir şekilde öğrenilmesine katkı sağlanmalıdır. Bu nedenle, kimya öğretimi yapılırken öğretmen adaylarının kavramsal modellere uygun zihinsel modeller geliştirmelerine katkı sağlamak açısından olayların neden ve niçinleri sorgulanmalı ve mikroskobik seviye kullanılarak açıklamalar ve gösterimler desteklenmelidir.

Makalenin Bilimdeki Konumu (Yeri)

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü /Kimya Eğitimi Anabilim Dalı

Makalenin Bilimdeki Özgünlüğü



Kimyasal denge gibi soyut ve tüm seviyelerdeki öğrenciler tarafından anlaşılmakta güçlük yaşanan bir konunun öğretmen adaylarının zihinsel modelleri üzerinden araştırılması hem hizmet öncesi hem de hizmet içi öğretmenlere konunun zorlukları, anlaşılması güç yanları ve nasıl öğretilmesine dair yararlı bilgiler sunacaktır.



Kaynaklar

- Adak, S. (2017). Effectiveness of constructivist approach on academic achievement in science at secondary level. *Educational Research and Reviews*. 12(22), 1074-1079. doi: 10.5897/ERR2017.3298.
- Aydeniz, M., & Dogan, A. (2016). Exploring the impact of argumentation on pre-service science teachers' conceptual understanding of chemical equilibrium. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(1), 111-119.
- Bhattacharyya, G. (2006). Practitioner development in organic chemistry: how graduate students conceptualize organic acids. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(4), 240–247.
- Bilgin, I. & Geban, Ö. (2006). The effect of cooperative learning approach based on conceptual change condition on students' understanding of chemical equilibrium. *Journal of Science Education and Technology*, 15, 31-46.
- Cheung, D., Ma, H. J. & 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.
- Chittleborough, G. D., Treagust, D. F., Mamiala, T. L. & 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.
- Chittleborough, G. D., Treagust, D. F. & 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.



- Chiu, M. H., Chou, C. C. & Liu, C. J. (2002). Dynamic processes of conceptual change: Analysis of constructing mental models of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(8), 688–712.
- Coll, R. K. & Taylor, N. (2002). Mental models in chemistry: senior chemistry students' mental models of chemical bonding. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3(2), 175-184.
- Coll, R. K. & Treagust, D. F. (2001). Learners' mental models of chemical bonding. *Research in Science Education*, 31(3), 357-382.
- Coll, R. K. & Treagust, D. F. (2003). Investigation of secondary school, undergraduate, and graduate learners' mental models of ionic bonding. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 464–486.
- Çelikler, D. & Harman, G. (2015). Fen bilgisi öğrencilerinin asit ve bazlarla ilgili zihinsel modellerinin analizi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(32), 433-449.
- Doymuş, K. (2008). Teaching chemical equilibrium with the jigsaw technique. *Research in Science Education*, 38(2), 249-269.
- Ganaras, K., Dumon, A. & Larcher, C (2008). Conceptual integration of chemical equilibrium by prospective physical sciences teachers. *Chemistry Education: Research and Practice*, 9, 240–249.
- Garnett, P.J., Garnett, P.J., & Hackling, M. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, 69–95.



- Glenberg, A. M., Kruley, P., & Langston, W. E. (1994). Analogical processes in comprehension: Simulation of a mental model. In M. A. Gernsbacher (Ed.), *Handbook of psycholinguistics*. Orlando, FL: Academic Press.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modeling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1–11.
- Harrison, A. G. & De 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. & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509–534.
- Hinton, M. E. & Nakhleh, M. B. (1999). Students' microscopic, macroscopic, and symbolic representations of chemical reactions. *The Chemical Educator*, 4, 158–167.
- Jansoon, N., Coll, R. K. & Somsook, E. (2009). Understanding mental models of dilution in Thai students. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(2), 147-168.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70, 701-704.
- Kiray, S. A. (2016). The pre-service science teachers' mental models for concept of atoms and learning difficulties. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(2), 147-162. DOI:10.18404/ijemst.85479
- Kozma, R. B. & 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.



- Lee, S. S. & Fraser, B. J. (2000). *The Constructivist learning environment of science classrooms in Korea*. Paper presented at the annual meeting of the Australasian Science Education Research Association, Western Australia.
- Lin, J. W. & Chiu, M. H. (2007). Exploring the characteristics and diverse sources of students' mental models of acids and bases. *International Journal of Science Education*, 29(6), 771–803.
- Maia, P. F. & Justi, R. (2009). Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education*, 31(5), 603-630.
- Matthews, M. R. (1993). Constructivism and science education: Some epistemological problems. *Journal of Science Education and Technology*, (2)1, 359-370.
- McBroom, R. A. (2011). Pre-Service Science Teachers' Mental Models Regarding Dissolution and Precipitation Reactions. Unpublished doctoral dissertation, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- McClary, L. & Talanquer, V. (2011). College chemistry students' mental models of acids and acid strength. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(4), 396-413.
- Michael, J. A. (2001). In pursuit of meaningful learning. *Advances in Physiology Education*, 25, 145-158.
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In D. A. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 7-14). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Novak, J. D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education*, 86(4), 548-571.



- Özmen, H. (2008). 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
- Pekdağ, B. (2010). Kimya öğreniminde alternatif yollar: Animasyon, simülasyon, video ve multimedya ile öğrenme. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 7(2), 79-110.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research & Evaluation Methods*. (3rd ed.), Sage, Thousand Oaks, CA.
- Pozo, R. M. D. (2001) Prospective teachers' ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. *International Journal of Science Education*, 23(4), 353-371.
- Qarareh, A. (2016). The effect of using the constructivist learning model in teaching science on the achievement and scientific thinking of 8th grade students. *International Education Studies*, 9(7), 178-196. doi:10.5539/ies.v9n7p178.
- Quilez, 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.
- Quilez, J. (2009). From chemical forces to chemical rates: A historical/philosophical foundation for the teaching of chemical equilibrium. *Science & Education*, 18(9), 1203-1251.
- Quílez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J. J. (1995). Students' and teachers' misapplication of Le Châtelier's principle: Implications for the teaching of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(9), 939-957.
- Taber, K. S. (2003). Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning. *Science Education*, 87, 732-758.



- Taber, K. S. (2009). Learning at the symbolic level. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (pp. 75-108). Dordrecht: Springer
- Taber, K. (2013). Revisiting the chemistry Triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education research and Practice*. 14(2), 156-168, doi: 10.1039/C3RP00012E.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 357–368.
- Tsai, C. C. (1999). Overcoming junior high school students' misconceptions about microscopic views of phase change: A study of an analogy activity. *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 83-91.
- Tyson, L., Treagust, D. F. & Bucat, R. B. (1999). The complexity teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 554-558.
- Ulutaş. B. (2010). Kimya eğitimi öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki zihinsel modelleri ve bilişsel haritaları. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Ünal, S., Çalık, M., Ayas, A. & Coll, R. K. (2006). A review of chemical bonding studies: Needs, aims, methods of exploring students' conceptions, general knowledge claims and students' alternative conceptions. *Research in Science and Technological Education*, 24(2), 141-172.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45–69.



- Voska, K. W. & 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.
- Wang, C. (2007). The role of mental modeling ability, content knowledge, and mental models in general chemistry students' understanding about molecular polarity. Unpublished doctoral dissertation, University of Missouri, Columbia.
- Wu, H. K., (2003). Linking the microscopic view of chemistry to real-life experiences: Intertextuality in a high-school science classroom. *Science Education*, 87, 868-891.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. (7. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yüce, G. (2013). Kimya öğretmen adaylarının kimyasal reaksiyonlar konusunda zihinsel modellerinin belirlenmesi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.



Summary

Problem Statement: Models are widely used to help students construct their own mental models especially in abstract concepts (Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2002). Mental models are unique to the learner and they may change as the learner acquires new information. Models and modeling are crucial especially in chemistry because chemical phenomena can be represented by concrete, visual, mathematical, and/or verbal modes of representation (Chittleborough et al., 2002). A variety of researchers in chemistry education have explored mental models of learners about various chemistry concepts at different education levels. In the light of the literature, we concluded that studies investigating mental models of pre-service chemistry teachers (PCTs) are still needed. Moreover, Chittleborough et al. (2002) stated that comprehending the connections among symbolic, macroscopic, and microscopic levels lead students to learn chemistry topics meaningfully and construct appropriate mental models. Chemical equilibrium is considered to be a difficult topic to teach and learn in chemistry education (Quilez, 2004). Learning chemical equilibrium concept is important in chemistry education (Maia & Justi, 2009) because this concept is related to several fundamental chemistry concepts such as thermodynamics, the structure of matter, and chemical kinetics (Ganaras, Dumon & Larcher, 2008). Researchers investigated pre-service teachers' conceptions about chemical equilibrium and found that they had misconceptions and learning difficulties in understanding of chemical equilibrium (Ganaras, et al., 2008; Özmen, 2008). For this reason in this study pre-service chemistry teachers' mental model was investigated to learn how they construct their mental models in chemical equilibrium.



Purpose of the study: The aim of the study was to examine PCTs' understanding of the effect of temperature and concentration change on chemical equilibrium state by accessing their mental models. Research questions of this study are as follows:

1. What do pre-service chemistry teachers know about the effect of temperature and concentration change on chemical equilibrium at macroscopic, microscopic and symbolic levels?
2. What are pre-service chemistry teachers' mental models regarding the effect of temperature and concentration change on chemical equilibrium?

Method: The phenomenological research method was conducted this study. Four PCTs enrolled in practice teaching course in a state university in Turkey participated in the study. Their age ranged from 22 to 24. Written open-ended questions and semi-structured interviews were used to obtain data. Interview was conducted to reveal participants' mental models and to obtain more detailed information about their mental models. Descriptive analysis and qualitative content analysis method (Yıldırım & Şimşek, 2008) was used to analyze data. Firstly, responses of participants were analyzed independently by two researchers. For descriptive analysis participants' responses to the open-ended questions and interview questions were categorized under macroscopic, microscopic, symbolic levels as correct, partially correct and incorrect categories. Then, for content analysis, participants' responses to interview questions were analyzed in depth using content analysis, and the themes that are not already apparent were revealed as the mental models of the participants. Last, all researchers came together and discussed on the results of the analysis to reach a consensus on the data.

Findings and Discussion: Findings of the study indicated that PCTs had four different mental models considering the effect of change in temperature or concentration which were constant



action reaction model, unidirectional action reaction model (reaction in the same direction with the action, reaction in the opposite direction with the action) and bidirectional action reaction model. All participants in the study indicated that increasing the temperature of a closed vessel where equilibrium reaction occurred, would affect the equilibrium state. This effect would vary depending on whether the reaction is endothermic or exothermic. All of the PCTs benefited from the symbolic level while explaining the effect of heat on the equilibrium. Looking at the PCTs explanations, one of them (Gamze) misinterpreted that “the temperature would not disturb the equilibrium in endothermic and exothermic reactions and only increase the forward and backward reaction rates.” Three of them have correctly explained by using the Le Chatelier principle for the effect of temperature change on chemical equilibrium considering the exothermic and endothermic reaction. For example, regarding endothermic reaction Murat wrote that when the temperature was increased “both the rate of forward and reverse reaction increase but rate of forward reaction increases more than that of reverse reaction and thus, equilibrium shifts to the product side.” For exothermic reaction, he wrote “equilibrium shifts to the reactant side.” When PCTs were asked the reason of the direction in the shift, one could not explain at the microscopic level while others could partially responded correctly. For example, Murat knew what Le Chatelier principle was, concepts of reaction rate, collision theory, kinetic energy, and dynamic nature of chemical equilibrium. However, he failed to explain why rate of forward/reverse reaction increases more than that of reverse/forward reaction when the temperature was enhanced in microscopic level. Another finding was that all participants correctly responded to the effect of concentration on the equilibrium by using the Le Chatelier principle. When PCTs were asked why the response was to the left direction, one of them could not comment on microscopic level and it appeared that there were deficiencies and mistakes in



the explanation of the others. For instance, although İrfan correctly predicted that the direction of the equilibrium shifted to the reactant side, he could not account for the effect of concentration on chemical equilibrium in microscopic level, adequately. He knew that the rate of forward reaction decreases due to reducing the probability of collisions among reactants when the concentration of one of the reactants was reduced. However, he did not consider the collisions between the product particles and the rate of reverse reaction. Hence, he could not explain the effect of concentration on chemical equilibrium at microscopic level sufficiently.

Conclusion and Recommendations: Findings from this study showed that most of the PCTs knew how to apply Le Chatelier's principle on a chemical equilibrium reaction when temperature or concentration changed. However, they have inadequate knowledge while explaining at the microscopic level. Hence, it could be interpreted that their mental models regarding the current topic were insufficient. In order for the chemical equilibrium to be understood in a meaningful way, it has to be taught by relating it to previous topics such as the particle nature of matter and the reaction rate. Chittleborough et al. (2002) reported that macroscopic, microscopic, and symbolic representations contributed to the development of mental models of students. In addition, studies indicated that while teaching chemical equilibrium, using animations or simulations with emphasis on microscopic level could make it possible to learn it in a meaningful way (Pekdag, 2010). Therefore, chemistry teaching should be considered by interrogating the causes of events, supporting them with explanations, and demonstrations at the microscopic level for the development of mental models that are compatible with the conceptual models of PCTs.

Keywords: Mental models, Chemical equilibrium, Pre-service teachers, Chemistry education