

GEFAD / GUJGEF 38(1): 1-33 (2018)

**Kimya Öğretmen Adaylarının Denge Konusundaki
Zihinsel Modelleri Ve Bilgiyi Transfer Edebilme
Düzeylerinin Araştırılması**

**Searching for The Mental Models of Chemistry Teacher
Candidates Related to The Chemical Equilibrium Subject
and Their Level of Knowledge Transfer**

Evrım URAL¹, Nilgün SEÇKEN²

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü
evrimural@gmail.com

²Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen ve Matematik Alan Eğitim Bölümü
nsecken@gmail.com

Makalenin Geliş Tarihi: 27.07.2017

Yayına Kabul Tarihi: 06.02.2018

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, kimya öğretmen adaylarının kimyasal denge konusundaki bilgilerini, saf suyun otoprotoliz dengesi ile ilişkilendirip ilişkilendiremediklerini ya da suyun otoprotoliz dengesinde kullanıp kullanamadıklarını belirlemektir. Çalışmanın örneklemini, 14 kimya öğretmen adayı oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak 14 adet yarı yapılandırılmış görüşme sorusu kullanılmıştır. Mülakatlar sonucunda, katılımcıların denge konusu ile ilişkili kavramları kısmen bildikleri ancak bunları yorumlamada, gerçek bir uygulamaya transfer etmede ciddi sıkıntı yaşadıkları görülmüştür. Katılımcıların konu ile ilgili kavramların anlamlarını, bu kavramların birbirleri ile olan ilişkilerini bilmedikleri, kavramlar arasındaki ilişkilerden yola çıkarak çeşitli olguları açıklayamadıkları görülmüştür. Sonuçlar, denge konusunda öğrencilerin kavramlar arasında bir ilişki kuramadıklarını, yorum yapamadıklarını net bir şekilde göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Kimyasal denge, Anlamli öğrenme, Bilginin transferi

ABSTRACT

The aim of this study is to determine whether chemistry teacher candidates can relate the knowledge of chemical equilibrium to the autoprotolysis equilibrium of pure water or whether they can use the knowledge in the autoprotolysis equilibrium of pure water. 14 chemistry teacher candidates were participated in the study. In the study, 14 semi-structured interview questions were used as the data collection tool. The results of the interviews displayed that the participants were partially aware of the concepts related to the equilibrium subject, but they had difficulties while interpreting the concepts and transferring them to a real practice. It was seen that participants did not explain the meanings of the concepts related to the subject, they did not know

their relations with each other, and they could not explain various scientific facts through the relations between the concepts. The results clearly displayed that the participants couldn't make connections between the concepts in the equilibrium subject and make comments related to the relations between them.

Keywords: *Chemical equilibrium, Meaningful learning, Transfer of knowledge*

GİRİŞ

Kimya dersleri öğrencilerin zorlandıkları derslerin başında gelmektedir. Erdemir, Geban ve Uzuntiryaki (2000) ve Nakhleh (1992) bütün eğitim düzeylerinde, öğrencilerin kimya öğrenirken zorluklar yaşadıklarını ve bu zorluklarla baş edemediklerini ifade etmektedirler. Karşılaşılan bu zorlukların temelinde, kimyasal kavramların soyut yapısı ve kimya dili yatmaktadır (Özmen, 2008). Kimya derslerinde görülen önemli problemlerden bir tanesi, öğrencilerin büyük bir kısmının algoritmik işlem ve formül kullanımını gerektiren problemleri çözebilirken, kavramsal problemlere cevap verememeleridir (Akkus, Kadayıfci, Atasoy, & Geban, 2003). Sawrey (1990) ve Niaz (1995), öğrencilere kavramları öğretmenin problem çözmeyi öğretmekle eşdeğer öneme sahip olduğunu belirtmektedirler. Kimya dersinde anlamlı öğrenmenin gerçekleşebilmesi için, öğrencilerin kavramsal anlamalarının geliştirilmesi oldukça önemlidir. Fen derslerinde kavramsal anlamının geliştirilmesi için, öğretim etkinlikleri öğrencilerin nitel mantıksal sorgulama becerilerini destekleyecek şekilde düzenlenmelidir (Solomonidou & Stavridou, 2001). Kimyasal kavramların anlaşılmasında, öğrencilerin makroskobik düzeyden mikroskobik düzeyde düşünmeye geçmeleri gerekmektedir. Bu nedenle, tanecik düzeyinde uygun zihinsel şemaların eksikliği öğrenmeyi güçleştirmektedir (Solomonidou & Stavridou, 2001). Çeşitli çalışmalarda (Ben-Zvi et al., 1987; Nurrenbern & Pickering, 1987; Garnett et al., 1995) araştırmacılar, öğrencilerin çeşitli fiziksel ve kimyasal fenomenlerle ilişkili olarak zihinsel şemalar geliştirmede sorunlar yaşadıklarını ortaya koymuşlardır. Erdemir, Geban ve Uzuntiryaki (2000), öğrencilerin temel kavramları anlayamadıklarını ve bu nedenle de daha üst düzey kavramları anlayamadıklarını ifade etmektedirler. Kimya öğretmenin temel amaçlarından bir tanesi, öğrencilere kimyasal kavramları geliştirmelerine ve bilimsel olayları anlamalarına yardımcı olmaktır (Özmen, 2007). Öğrencilerin kavramları öğrenebilmeleri için, öğretmenin alan bilgisine ve pedagojik formasyona sahip olması gerekmektedir (Abell, 2007). Geleneksel eğitim anlayışına göre, bilgi öğretmenden öğrenciye transfer edilebilmektedir (Fyrenius, Bergdahl, &

Silen, 2005), ancak günümüzde öğrenmenin bu şekilde gerçekleşmediği artık anlaşılmıştır. Öğrenme, öğrenciler yeni bilgiyi önceki deneyimleriyle ilişkilendirdiklerinde ve kendi kişisel anlayışlarını geliştirdiklerinde gerçekleşmektedir (Huang, Chiu, Liu, & Chen, 2011).

Öğrenciler kavramsal anlama gerçekleştirdiklerinde, öğrendikleri kavramı başka bir konuya uyarlayabilmekte ve bu kavramdan yola çıkarak yeni kavramlar geliştirebilmektedir. Kavramsal anlamının gerçekleştiğinin göstergesi, öğrenilen bilgilerin yeni durumlarda kullanılmasıdır. Evans (1999) öğrenmenin transferini öğrenilen bilgi ve fikirlerin farklı durumlarda kullanılması olarak tanımlamakta ve öğrenmenin transferinin 3 şekilde gerçekleştiğini ifade etmektedir: derste öğrenilen bir bilgiyi farklı bir disiplinde kullanmak (örneğin matematiksel bir formülü kimya dersinde kullanmak), öğrenilen bilgiyi günlük yaşamda kullanmak, okul dışında öğrenilen bilgiyi okuldaki öğrenmelere adapte etmek. Benzer şekilde, Similarly, Bossard, Kermarrec, Buche ve Tisseau (2008) eğitimin temel amacının, öğrenilen bilgiyi farklı durum ve içeriklerde uygulamak olduğunu belirtmektedirler. Simons (1999) ve Simon (1990) ön bilgilerin yeni öğrenmelere, yeni öğrenmelerin yeni öğrenme durumlarına, yeni öğrenmelerin günlük yaşam durumlarına transfer edilebileceğini ifade etmektedirler. Fen derslerinin amacı öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini geliştirmek, doğa ile ilgili anlayışlarını arttırmak, bilimsel kavramları anlamlı bir şekilde öğrenmelerine yardımcı olmak ve bilginin gerçek yaşam problemlerine uygulanmasını sağlamaktır (Briscoe & LaMaster, 1991). Ancak gerçekte pek çok öğrenci sınavdan hemen sonra bilgiyi unutmakta, öğrendiği bilgiyi gerçek yaşamda nerede kullanacağını bilmemektedir. Bilginin transfer edilebilmesi için ise anlamlı öğrenmenin gerçekleşmiş olması gerekmektedir. Anlamlı öğrenmenin anlaşılmasında Ausubel'in bilişsel öğrenme teorisi büyük öneme sahiptir (Novak, 2002). Anlamlar oluştururken ve bunları bilişsel yapılarına entegre ederken, öğrenciler mevcut bilgilerine ihtiyaç duyarlar. Yeni bilgi ön bilgilerle ilişkilendirildiğinde anlamlı ve kişiseldir (Efendioğlu & Yanpar Yelken, 2010; Keengwe, Onchwari, & Wachira, 2008). Anlamlı öğrenme teorisinin en önemli kısmı öğrencilerin ön bilgileridir.

Ausubel'e göre iki tip öğrenme vardır: ezber öğrenme ve anlamlı öğrenme (Novak, 1994; Novak, 2002). Ezber öğrenmede, yeni bilgi öğrencinin zihnine rastgele yerleştirilir, öğrenci yeni bilgiyi var olan bilgileri ile ilişkilendirmez, sadece ezberler. Ancak anlamlı öğrenmede, öğrenci ön bilgileri ve deneyimleriyle yeni bilgi arasında bağlantı kurar (Novak, 1994; Novak, 2002). Anlamlı öğrenmede, öğrenciler ezberlemek yerine, kavramların anlamlarına ve kavramlar arasındaki ilişkilere odaklanırlar (Fyrenius, Bergdahl, & Silen, 2005). Anlamlı öğrenme, öğrencilere soyut kavramları günlük yaşamlarıyla ilişkilendirebilecekleri olanaklar sunulduğunda ve deney yapmaları sağlandığında gerçekleşir (Bretz, 2001). Mayer'e (2002) göre, anlamlı öğrenme bilgi problem çözmek üzere yapılandırıldığında gerçekleşir.

Kimyasal denge konusu, yükseköğretimde pek çok dersin müfredatında önemli bir rol oynayan konulardan biridir (Bilgin & Geban, 2006). Bu konunun önemi, kimyanın diğer önemli konularının temelini oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Öğrenciler kimyasal denge konusunu anladıklarında, çözünürlük, redoks reaksiyonları ve asit-baz özellikleri gibi diğer önemli konuları da anlayabilmektedirler (Voska & Heikkinen, 2000; Akkuş, Kadayıfçı, Atasoy, & Geban, 2003; Bilgin & Geban, 2006; Özmen, 2008). Konunun önemine rağmen, sadece öğretmenler değil, öğretmen adayları ve öğretmenler bile konu ile ilgili yetersiz kavramsal anlayışlara sahiptirler (Banerjee, 1991; Quílez-Pardo & Solaz-Portolés, 1995; Quílez, 2004; Ganaras vd., 2008; Özmen, 2008). Konu ile ilgili çalışmalar (Garnett vd., 1995; Quílez-Pardo & Solaz-Portoles, 1995; Solomonidou and Stavridou, 2001) incelendiğinde, kimyasal denge konusunun kimyanın en zor konularından biri olarak değerlendirildiği görülmektedir. Kimyasal denge konusunun soyut yapısı (denge ve dengede olmama durumu arasındaki farklar, Le Chatelier prensibinin zihinsel şeması), günlük yaşamda farklı anlamlarda kullanılan soyut kavramlar konunun anlaşılmasını daha da güçleştirmektedir (Cheung, 2009; Bilgin & Geban, 2008; Raviolo & Garrits, 2008; Akkuş, Kadayıfçı, Atasoy, & Geban, 2003; Chiu, Chou, & Liu, 2002; Kousathana & Tsaparlis, 2002; Erdemir, Geban, & Uzuntiryaki, 2000).

Literatürde, kimyasal dengenin öğrenilmesinde karşılaşılan problemler ve sonuç olarak öğrencilerin ve öğretmenlerin sahip oldukları kavram yanılgıları ile ilgili pek çok çalışma vardır (Wheeler & Kass, 1978; Hackling & Garnett, 1985; Gorodetsky & Gussarsky, 1986; Bergquist & Heikkinen, 1990; Gussarsky & Gorodetsky, 1990; Banerjee, 1991; Hameed vd., 1993; Lingwood, 1993; Quílez-Pardo & Solaz-Portolés, 1995; Niaz, 1998; Voska & Heikkinen, 2000; Van Driel, 2002; Quílez, 2004; Piquette & Heikkinen, 2005; Bilgin & Geban, 2006; Özmen, 2008 ; Kaya, 2013). Bu çalışmalar incelendiğinde, daha çok Le Chatelier prensibi üzerinde durulduğu görülmektedir. Ancak denge konusunda dengeye etki eden faktörlerden yola çıkılarak, denge sabiti ifadesinin yazılması, dengeye etki eden faktörlerin denge sabiti üzerindeki olası etkilerinin tartışılması da söz konusudur. Konu ile ilgili yapılan araştırmalar, dengeye etki eden faktörler ile sınırlıdır. Dengeye etki eden faktörlerin öğrenilmesi, denge sabitinin yazılmasında büyük öneme sahiptir. Bu çalışmayı, literatürde yer alan denge konusunun öğrenilmesiyle ilgili diğer çalışmalardan ayıran nokta denge sabitinin değeri ile denge konusunda öğrenilen diğer kavramların ilişkilendirilip ilişkilendirilemediğinin araştırılmasıdır.

Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, kimya öğretmen adaylarının kimyasal denge konusundaki bilgilerini, saf suyun otoprotoliz dengesi ile ilişkilendirip ilişkilendiremediklerini ya da suyun otoprotoliz dengesinde kullanıp kullanamadıklarını belirlemektir. Denge konusu olarak da saf suyun dengesinin seçilmiş olmasının nedeni herkes tarafından daha kolay yorumlanabilecek bilinen özelliklere sahip olmasıdır. Ayrıca, suyun otoprotoliz dengesi asit, baz ve pH kavramlarının anlaşılmasında ve ilgili hesaplamaların yapılabilmesinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır.

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Araştırma nitel bir çalışma olup, nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması olarak desenlemiştir. Durum çalışması, güncel bir olguyu kendi gerçek yaşam çerçevesi içinde çalışan, olgu ve içinde bulunduğu içerik arasındaki sınırların kesin hatlarıyla belirgin olmadığı ve birden fazla kanıt veya veri kaynağının mevcut olduğu durumlarda kullanılan bir araştırma yöntemidir (Yin, 1994).

Araştırmanın Örnekleme

Çalışmanın örneklemini 2015-2016 eğitim-öğretim yılında bir devlet üniversitesinde öğrenimlerine devam etmekte olan ve genel kimya dersini almış ve başarmış olan 14 kimya öğretmen adayı oluşturmaktadır. Çalışmaya tamamen gönüllü olan katılımcılar dâhil edilmiştir. Araştırmada öğretmen adaylarının gerçek isimleri kullanılmamış, gerçek isimleri yerine öğretmen adaylarından “Katılımcı” olarak bahsedilmiştir.

Veri Toplama Aracı

Bu çalışmada veri toplama aracı olarak 14 adet yarı yapılandırılmış görüşme sorusu kullanılmış ve çalışma kapsamında, sorulara katılımcıların verdikleri cevaplar tartışılmıştır. Tablo 1’de sorulan sorular ve soruların soruluş amaçları verilmektedir.

Tablo 1. Kimyasal Denge Uygulaması Görüşme Soruları Ve Soruluş Amaçları

Soru	Soruluş amacı
1. Kimyasal denge nedir?	Denge ile ilgili bilgi basamağında sorulardır.
2. Kimyasal dengeyi etkileyen faktörler nelerdir?	Öğrencilere bu soruların sorulma nedeni, bilgi düzeyindeki sorulara verdikleri cevaplar ile daha üst düzey sorulara verdikleri cevapların karşılaştırılması ve ilişki kurup kuramadıklarının belirlenmesidir.
3. Suyun otoprotoliz dengesini yazınız.	pH kavramının anlaşılmasında da çok önemli bir yer tutan suyun otoprotoliz dengesinin yazılmasıdır. Bu soru bilgi basamağının biraz üstünde bir soru olmakla birlikte pek çok kimya konusunda çeşitli zamanlarda ihtiyaç duyulan

	eşitliği içermektedir.
4. Suyun otoprotoliz dengesi endotermik mi? Yoksa ekzotermik mi?	Sorular suyun otoprotoliz dengesi ve dengeye sıcaklığın etkisi ile ilişkilidir. Burada, elektriksel iletkenlikle bağlantılı olarak iyon miktarının değişimine dikkat çekilmektedir.
5. Suyun otoprotoliz dengesi endotermik mi? Yoksa ekzotermik mi? (ipucu: Sıcak su mu elektriği daha iyi iletir yoksa soğuk su mu?)	
6. 25°C'de saf sudaki H ⁺ ve OH ⁻ iyonlarının konsantrasyonları kaçtır?	25°C'de saf sudaki iyonların konsantrasyonları ile ilişkili bir bilgi sorusudur. Basit bir soru gibi görünse de öğrencilerin daha sonraki sorularda sorulan sıcaklık değişiminin etkisini görüp göremediklerini belirleyebilmek için sorulmuş bir sorudur.
7. Saf suyun denge sabiti sabit midir?	Soruda denge sabitine etki eden faktörler, saf suyun iyonlaşma dengesi üzerinden sorgulanmaktadır.
8. Sıcaklık değişirse saf suyun denge sabiti değeri değişir mi?	Sorular, sıcaklığın denge sabiti üzerindeki etkisi ile ilişkilidir ve öğrencilerden bu ilişkiyi yorumlamaları istenmektedir.
9. 1x10 ⁻¹⁴ değeri hangi sıcaklıktaki değerdir?	
10. 100°C ve 25°C'deki denge sabiti değerlerini karşılaştırınız.	
11. 100°C'deki OH ⁻ ve H ⁺ derişimi değerleri değişir mi?	Sorular 6. soruda sorulan suyun denge sabitinin farklı sıcaklıklardaki değeri ve bu sıcaklıklarda iyon konsantrasyonlarının yorumlanması ile ilişkilidir.
12. 100°C'deki [H ⁺] ve [OH ⁻] değerleri 1x10 ⁻⁷ den büyük mü küçük mü olur?	
13. pH ne olur?	Sorular ise sıcaklık değişmesinin ekzotermik ve endotermik tepkimelerde denge derişimi, pH ve asitlik bazlık kavramlarını nasıl değiştirdiğinin ilişkilendirilmesi ve açıklanmasına yöneliktir.
14. Sıcaklık değiştiğinde suyun asitlik ya da bazlıklarının ne olduğunu düşünürsün?	

Verilerin Analizi

Çalışmada, her bir katılımcının her bir soruya verdikleri cevaplar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Katılımcıların her bir soruya verdikleri cevaplar derinlemesine incelenmiş ve yorumlanmıştır.

BULGULAR VE SONUÇLAR

Katılımcıların her bir soruya verdikleri cevaplar ayrı ayrı değerlendirilmiş ve tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 2. 1. Soru “Denge Nedir?” Verilen Cevaplar

-
1. Katılımcı 1. katılımcı dengenin tanımını yapmamış ancak sadece asetik asidin denge ifadesini yazmıştır.
2. Katılımcı C: Kimyasal bir tepkimenin gerçekleştiği koşullardan uzaklaştırılması durumunda reaksiyon gerçekleşmesi beklenmez. Reaksiyon bu gerçekleşmesini engelleyecek sıcaklık basınç değişimi vb. durumları ortadan kaldırmak için ürünler ya da girenler yönünde kayma gösterir.
- Y: Burada 1. katılımcı dengenin tanımını yapmaktan ziyade dengede bulunan bir sistemin etkisiyle denge durumundan uzaklaşmadan yola çıkarak zihindeki dengeyi yansıtmaya çalışmaktadır ki bu onun zihninde denge ile ilgili bir kavramının olduğunu ancak dengenin ne şekilde olduğu ile ilgili bir fikrinin olmadığını gösterir.
3. Katılımcı C: Sistemin girenler ve ürünler yönünden birbirine oranı olarak ifade edilir. K_d ile gösterilir.
- Y: 3. katılımcı dengenin ne olduğu ve nasıl oluştuğu ile ilgili bir fikre sahip değil, ayrıca da dengenin sadece matematiksel olarak ifade edilen bir formül ya da büyüklük olduğu yönünde bir zihinsel yapıya sahip.
4. Katılımcı C: Bir reaksiyonda tepkimeye giren maddeler belli bir sıcaklık veya basınçta giren maddeler ile ürünlerin miktarlarının eşitlendiği durum denge durumudur.
- Y: 4. katılımcı dengeyi reaksiyona giren ve reaksiyondan çıkanların miktarları ile ilişkilendirmekte madde miktarı eşit olduğunda dengede meydana gelir gibi çok büyük bir kavram yanılgısına sahip olduğu görülmektedir.
5. Katılımcı C: Tepkimede yük ve kütle denkleğinin eşitliğinin sağlanmasına denge denir.
- Y: 5. katılımcı da 4. katılımcıda olduğu gibi madde miktarının eşitlenmesi ile denge kurulduğu yönünde bir kavram yanılgısı vardır.
6. Katılımcı C: Bir tepkimenin reaksiyonunun yeterliğe ulaşmasına denge denir. Reaksiyon yeterliğini, elde etmek istediğimiz ürünlerin oluşup oluşmadığına bakarak anlayabiliriz. $A+B \rightarrow C$ Yandaki tepkime için dengededir diyebiliriz.
- Y: 6. katılımcı yeterliğe ulaşması diye yeni bir kavramla dengeyi ifade etmeye çalışmıştır. Yeterliğe ulaşmayı yine eşit miktarda giren ve ürünlerin oluşması olarak ifade ederek yanılgısı olduğunu göstermektedir. Oysaki her kimyasal reaksiyonda kütle korunumu söz konusudur. Ayrıca bu katılımcının denge tepkimelerinin çift yönlü okla gösterildiğine dair de bir fikri bulunmamaktadır.
-

7. Katılımcı C: Kimyasal tepkimelerde girenlerin, ürünlerle mol, katsayı vb. olarak denge halinde olması durumudur. $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

Denge halinde olan tepkimelerin belirli denge sabitleri vardır. Bu denge sabitini bulabilmek için ürünlerin derişimleri çarpımı, girenlerin derişimleri çarpımına bölünür. Kuvvetli asitlerde ve bazlarda denge yoktur. İstisna durumlar hariç zayıflarda gerçekleşir.

Y: 7. katılımcı da dengeyi kimyasal tepkimelerde girenlerin, ürünlerle mol, katsayı vb. olarak denge halinde olması durumu ile açıklamaya çalışmaktadır. Kuvvetli asitlerin dengelerinin olmadığını, zayıf asitlerin ise bazı istisnaları olmasına rağmen denge reaksiyonu verdiklerini ifade etmektedir. Böyle bir istisnayı bilmemesine rağmen acaba olabilir mi diye bir düşünceye sahip olduğundan böyle bir ifade kullandığı düşünülmektedir. Ayrıca yazmış olduğu denklem de bir denge söz konusu değildir.

8. Katılımcı C: Çift yönlü tepkimelerde ürünler ile girenlerin miktarlarının eşit olduğu durumudur. Dengeye etki eden faktörler vardır. Buna Le Chatelier İlkesi denir.

Y: 8. katılımcı da dengeyi kimyasal tepkimelerde girenlerle ürünlerin miktarlarının eşit olma durumuyla ilişkilendirmektedir ki bu katılımcıda da benzer bir sorun olduğu tespit edilmiştir.

9. Katılımcı C: Tepkimenin sağa veya sola ilerleyebileceği durumlara denge denir.

$\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$ Tepkimesinde A ve B maddelerinin fazla olması durumunda tepkime sağa doğru ilerler, azalması durumunda sola doğru ilerler. Bu maddeler birbirleri ile denge halindedirler. Dış etkenler tepkimenin yönünü değiştirebilmektedir.

Y: 9. katılımcı dengeyi sağa ve sola doğru ilerleyen reaksiyonlardır diye tanımlamış. Ama dengenin tanımını yapmamıştır. Sadece makroskopik boyutta gördüğü eşitliklerle dengeyi ilişkilendirmiş, mikroskopik boyutta hangi olayların dengeyi oluşturduğu ile ilgili bir fikri bulunmamaktadır.

10. Katılımcı C: Denge ile reaksiyon sisteminde ürünlerin girenlere eşit olmasına denir. Eğer dışarıdan bir etkide bulunacak olunursa sistem dengeyi korumak için bunun aksi yönde hareket edecektir. Denge reaksiyonları \rightleftharpoons ile gösterilir. Bu kurala da Le Chatelier denir. Örnek verilecek olursa $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ Bu sistemde NH_3 derişimi artırıldığında reaksiyon ürünler yönünde NH_4^+ derişimi artarsa girenler yönünde hareket edecektir.

Y: 10. katılımcı dengeyi “reaksiyon sisteminde ürünlerin girenlere eşit olması” olarak tanımlamakta tıpkı yukarıdaki öğren katılımcılarda olduğu gibi bu katılımcı da kütleli eşitliğin kurulmasının denge oluşturduğu gibi yanlış bir inanca sahiptir. Ancak bu katılımcı denge örneğini doğru olarak vermiştir ve dengenin çift yönlü ok ile gösterildiğini de doğru olarak ifade etmiştir.

11. Katılımcı C: Bir tepkimeye giren maddelerin miktarlarının eşit olmasıdır. Bir miktar mol, iyon cinsinden olabilir. Giren madde miktarı oluşan ürün madde miktarına eşit olmalıdır ki tepkimeye denge olsun.

Y: 11. katılımcı dengeyi tepkimeye giren maddelerin miktarlarının mol veya iyon

cinsinden eşit olması olarak tanımlamakta ve giren madde miktarı ile oluşan madde miktarlarının eşit olması ile de dengeyi açıklamaktadır.

12. Katılımcı C: Bir reaksiyonda ileri tepkime hızının geri tepkime hızına eşit olması durumu kimyasal dengenin tanımıdır.

Y: 12. katılımcı kimyasal reaksiyonlarda hız ve denge arasında ilişki kurarak dengeyi tanımlamayı başarmıştır. TEK DOĞRU CEVAP.

13. Katılımcı C: Tersinir bir reaksiyonda giren ve çıkan madde miktarlarının birbirine eşit olduğu ana denge denir. Bunun için girenlerin ve çıkan maddelerin katsayıları stokiometrik olmalıdır.

Y: 13. katılımcı tepkimeye giren madde miktarı ile oluşan madde miktarlarının eşit olması ile de dengeyi açıklamaktadır. Stokiometrik katsayılarının da eşit olması gerektiğine vurgu yapmaktadır.

14. Katılımcı C: Le Chatelier ilkesine göre kimyasal tepkimede bir tarafta fazlalık varsa sistem dengesi azaltacak yönde gerçekleşir. Ekzotermik bir reaksiyonda enerji açığa çıkacağı için denge sola doğru, endotermik bir reaksiyonda denge sağa doğrudur. Denge de katıların ve sıvıların derişimi önemli değildir. Gazların derişimi dengeyi etkiler. Denge anında tepkime artık tersinir olarak çalışmaya başlar yani çöken madde miktarı çözünen madde miktarına eşittir.

Y: 14. katılımcı dengeye yeni açıdan bakarak “çöken madde miktarı çözünen madde miktarına eşit” olması olarak tanımlamaktadır. Ayrıca Le Chatelier İlkesinden de bahsetmektedir.

*Y: Araştırmacının cevapla ilgili yorumu; **C: Öğretmen adayının cevabı

Genel olarak 1. soruda görülen problem katılımcılar dengeyi tepkimeye giren ve çıkanları herhangi bir şekilde (madde miktarı, mol, kütle vb.) eşit olmasının denge olduğunu ifade etmeleridir. Sadece bir katılımcı ileri yöndeki hızın geri yöndeki hıza eşit olması halinin denge olduğunu ifade etmiş diğer katılımcılar denge kavramı ile kütle arasında ilişki kurarak kütlelerin eşit olmasının dengeye ulaşmak için gerekli ve yeterli koşul olduğunu vurgulamışlardır.

“Denge nedir?” sorusuna katılımcıların büyük bir çoğunluğunun doğru yanıt vereceği düşünülürken, verilen cevaplar düşündürücüdür. Katılımcıların hız ve denge arasında bağıntı kuramadıkları görülmektedir. Burada beklenen, bilgi düzeyindeki bu soruya, hız kavramından yola çıkılarak cevap verilmesidir.

Tablo 3. 2. Soru “Dengeyi Etkileyen Faktörler Nelerdir?” Verilen Yanıtlar

1. Katılımcı	C: Sıcaklık
2. Katılımcı	C: Sıcaklık; basınç; pH etkisi; çözücü cinsi; çözünen cinsi
3. Katılımcı	C: Yabancı iyon etkisi; sıcaklık; madde derişimini arttırmak-azaltmak; çözünen madde cinsi
4. Katılımcı	Sıcaklık; basınç; çözünürlük; madde cinsi
5. Katılımcı	C: Sıcaklık; derişim; pH
6. Katılımcı	C: Sıcaklık; ortama eklenen madde; basınç
7. Katılımcı	C: Sıcaklık; katalizör; basınç
8. Katılımcı	C: Sıcaklık; basınç; madde miktarı; ortak iyon etkisi
9. Katılımcı	C: Girenler veya çıkanlara ürün ilavesi; sıcaklık; pH; ortamdaki maddeler. Y: Burada katılımcının bahsetmek istediği aslında ortak iyon olması gerektiği düşünülmektedir. Ancak burada ürün ilavesi ifadesini kullanmış ve sadece ürün ilave ederek dengenin değiştirilebileceğini düşünmüştür.
10. Katılımcı	C: Sıcaklık; ürünlerin ya da girenlerin derişimi; iyon cinsi;
11. Katılımcı	C: Çözünürlük; ortak iyon etkisi; sıcaklık; basınç
12. Katılımcı	C: Sıcaklık; katalizör; madde miktarı (derişim)
13. Katılımcı	C: Sıcaklık; katalizör; çözücünün cinsi; çözünen madde miktarı
14. Katılımcı	C: Sıcaklık; basınç; derişim; madde miktarı

*Y: Araştırmacının cevapla ilgili yorumu; **C: Öğretmen adayının cevabı

Bu soruya verilen cevaplar incelendiğinde, bazı eksikler olsa da genel olarak doğruya yakın cevaplar verdikleri görülmektedir. Ancak dördüncü katılımcı çözünürlüğün dengeyi etkilediğini ifade etmektedir. Kendisi ile yapılan görüşmede çözünürlükten ne kastettiği sorulduğunda az çözünen tuzların çözünürlük dengelerini ifade etmek istediği yanıtını vermiştir. Az çözünen tuzlar zaten denge tepkimesi verirler ve çözünürlükleri de azdır. Bu sebepten dolayı herhangi bir etkisinin olduğunu söylemek doğru değildir. 9. katılımcı ise “çıkanlara ürün ilavesi” ifadesini kullanmış yapılan görüşmelerden bununla ortak iyonu kastettiği anlaşılmıştır. Yine 9. katılımcı ile yapılan görüşmelerden ortamdaki maddeler olarak da yabancı iyonları kastettiği sonucuna varılmıştır.

Katılımcılar, 2. soruya genel olarak doğru cevaplar vermişlerdir. Ancak verilen cevaplar dengeyi etkileyen faktörlerin etkilerini gerçekten bilip bilmediklerini göstermemektedir. Formda yer alan diğer sorulara verilen cevaplar, bu duruma ışık tutacaktır.

Tablo 4. 3. Soru: “Suyun Otoprotoliz Dengesini Yazınız.” Verilen Yanıtlar

1. Katılımcı	$K_d = [\text{OH}^-][\text{H}^+]/[\text{H}_2\text{O}]$
2. Katılımcı	$[\text{OH}^-][\text{H}^+] = 1 \times 10^{-14}$
3. Katılımcı	$K_d = [\text{OH}^-][\text{H}^+]/[\text{H}_2\text{O}]; [\text{H}_2\text{O}] = 1; [\text{OH}^-][\text{H}^+] = 1 \times 10^{-14}$
4. ve 5. Katılımcı	$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \quad [\text{OH}^-][\text{H}^+] = 1 \times 10^{-14}$
6. Katılımcı	$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$
7. ve 8. Katılımcı	$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \quad K_w = [\text{OH}^-][\text{H}^+] = 1 \times 10^{-14}$
9. Katılımcı	$\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} \quad \text{H}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} \quad 1 \times 10^{-14}$
10. Katılımcı	$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \quad K_w = [\text{OH}^-][\text{H}^+]/[\text{H}_2\text{O}] = 1 \times 10^{-14}$
11. Katılımcı	$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{H}_2 + \text{O}_2 \quad K_w = [\text{OH}^-][\text{H}^+] = 1 \times 10^{-14}$
12. Katılımcı	$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \quad K_d = [\text{OH}^-][\text{H}^+] = 1 \times 10^{-14}$
13. Katılımcı	$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \quad K_{\text{çç}} = [\text{OH}^-][\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-14}$
14. Katılımcı	$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- \quad K_d = [\text{OH}^-][\text{H}^+]$

Suyun otoprotoliz dengesi genel olarak tüm katılımcılar tarafından doğru olarak yazılmış. Ancak 1. katılımcı paydada suyu da yazmış ve hata yapmıştır. Bir katılımcı suyun neden yazılmaması gerektiğine açıklama getirmiş (3 ve 10. katılımcılar). 13. katılımcı da K_{su} yazacağına $K_{\text{çç}}$ yazmıştır.

Suyun otoprotoliz dengesine ilişkin katılımcıların zihinlerinde yer alan şemalar formda yer alan diğer sorulara verilen cevaplarla ortaya çıkacaktır. 4. soru, 3. soru ile sorgulanan bilgilerin detaylandırılmasına ilişkin ilk sorudur.

4. soru “Bu denge endotermik mi? Yoksa ekzotermik mi?” sorusunda beklenti suyun iyonlaşma dengesinin endotermik ($\Delta H = +57,3 \text{ kJ}$) olduğunu söyleyebilmeleridir. Ancak katılımcılar bu soruya cevap verememişlerdir. Bunun üzerine araştırmacı tarafından yönlendirme yapılarak cevap vermeleri sağlanmaya çalışılmıştır. Önce katılımcıların her birine suyun iyonlaşma dengesinin endotermik mi yoksa ekzotermik

mi olduğu sorulmuş katılımcılardan bir cevap alınamayınca, “sıcak suyun mu yoksa soğuk suyun mu elektrik akımını daha iyi ilettiği” şeklinde bir soru sorularak yönlendirme yapılmıştır. Burada beklenti katılımcıların iletkenlik konusunda öğrendikleri ile suyun otoprotoliz dengesi arasındaki bilgi transferini sağlamak olmuştur. Bu yönlendirmeye katılımcılardan beklenen sıcak suyun elektrik akımını daha çok iletceğini ve bundan dolayı da suyun iyonlaşma dengesinin endotermik olacağı yorumunu yapmalarındır.

Bu amaçla katılımcılara 5. Soru “Sıcak su mu elektriği daha iyi iletir yoksa soğuk su mu? Bu denge endotermik mi? Yoksa ekzotermik mi?” şeklinde bir soru yöneltilmiş ve alınan cevaplar Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 5. 4. Soru “Sıcak Su Mu Elektriği Daha İyi İletir Yoksa Soğuk Su Mu? Bu Denge Endotermik Mi? Yoksa Ekzotermik Mi?” Verilen Yanıtlar

1. Katılımcı	Soğuk su.	Endotermik
2. Katılımcı	Sıcak su elektriği daha iyi iletir. Çünkü sıcaklık arttıkça moleküllerin iyonlaşması fazlalaşır.	Endotermik
3. Katılımcı	Sıcak su.	Ekzotermik
4. Katılımcı	Sıcak su çünkü daha iyi iyonlarına ayrışır ve daha iletken olur.	Endotermik
5. Katılımcı	Sıcak su. İyonlar daha düzensiz hale geldiği için iyi iletir.	Endotermik
6. Katılımcı	Sıcak su. İyonlaşma etkisi sıcak suda daha fazla olduğundan.	Endotermik
7. Katılımcı	Soğuk su elektriği daha iyi iletir.	Ekzotermik
8. Katılımcı	Soğuk su iyi iletir.	Endotermik
9. Katılımcı	Soğuk su. Çözünen maddenin az olması elektrik iletimini artırır.	Endotermik
10. Katılımcı	Cevap Yok.	Endotermik
11. Katılımcı	Soğuk su.	Ekzotermik
12. Katılımcı	Sıcak su.	Ekzotermik
13. Katılımcı	İkisi de aynı.	Endotermik
14. Katılımcı	Sıcaklık artacağı için sıcak su molekülleri daha	Endotermik

hızlı hareket eder ve elektriği daha iyi iletir.

Bu soruda 5 katılımcı (2, 4, 5, 6 ve 14) soruyu her iki açıdan da doğru cevaplamıştır. İki katılımcı (3 ve 12) sıcak suyun iletkenliği artırdığını söylemesine rağmen suyun iyonlaşmasının ekzotermik olduğunu ifade etmişlerdir. Üç katılımcı (1, 8 ve 9) soğuk suyun elektrik akımını daha iyi iletmediğini ifade etmiş ama olayın endotermik olduğunu söylemiş. İki katılımcı (7 ve 11) soğuk suyun elektrik akımını daha iyi iletmediğini söylerken olayın da ekzotermik olduğunu ifade etmişlerdir. Bir katılımcı da (11) sıcak ya da soğuk suyun etkisi hakkında bir fikre sahip değilken olayın endotermik olduğunu ifade etmiştir.

Burada farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır.

- Endotermik bir olayda sıcaklığın artırılmasının dengeyi ürünler yönüne kaydıracağını bilen katılımcılar: Bu katılımcılar hem suyun iyonlaşma dengesinin endotermik olduğunu hem de sıcaklığın dengeyi nasıl etkilediğini bilen katılımcılardır (%35,72).
- İkinci sonuçta da; bir grup katılımcı sıcaklığın suyun elektriksel iletkenliğini artırdığını söyleyip gerçekleşen olaya ekzotermiktir yanıtını vermiş ya da soğuk suyun elektriksel iletkenliğinin yüksek olacağını söyleyip gerçekleşen olayın endotermik olduğunu söylemiştir. Bunların endotermik ve ekzotermik tepkimelerde sıcaklık değişiminin dengeyi nasıl etkileyeceği hakkında bir fikri olmayan katılımcılar olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır (%57,14).
- Bir kişi de sıcaklık etkisini yazmayıp endotermik olduğunu ifade etmiştir (%7,14).

Olayın endotermik olduğunu, bu nedenle sıcaklık artışının dengeyi sağa kaydıracağını, sonuç olarak iyonlaşmanın ve elektriksel iletkenliğin artacağını ifade edenlerin oranı sadece % 35,72'dir. Diğer katılımcıların ise tepkimenin endotermik veya ekzotermik oluşu ile denge reaksiyonu arasındaki ilişkiyi kuramadıkları, sıcaklığın dengeyi etkileyen bir faktör olduğunu 2. soruda çoğunlukla ifade etmelerine rağmen, sıcaklık-denge ilişkisini açıklayamadıkları görülmektedir. Bu durum, katılımcıların kavramların gerçek anlamlarını ve kavramlar arası ilişkileri anlayamadıklarını göstermektedir. Bu sorudan elde edilen bir diğer sonuçta reaksiyonun endotermik ya da ekzotermik olmasına bağlı olarak aslında iletkenlik hakkında da yorum yapamadıklarıdır.

Tablo 6. “25⁰c’de Saf Sudaki H⁺ Ve OH⁻ İyonlarının Konsantrasyonları Kaçtır?” Sorusuna Verilen Yanıtlar

1. , 2.,3.,4.,7.,8.,9.,10.,11.,12.,13.,14. Katılımcı	[H ⁺]=[OH ⁻]= 1x10 ⁻⁷
5. Katılımcı	[H ⁺]=1x10 ⁻⁸ [OH ⁻]= 1x10 ⁻⁶
6. Katılımcı	Cevap yok

5 ve 6. katılımcılar hariç tüm katılımcılar bu soruyu doğru olarak cevaplamışlardır. Bilgi düzeyinde yer alan diğer sorularda olduğu gibi bu sorunun da cevaplanma oranı oldukça yüksektir. Ancak, diğer sorulara verilen cevaplar, katılımcıların konu ile ilgili kavrama düzeylerini ortaya koyacaktır.

Tablo 7. 7, 8 Ve 9. Sorulara Verilen Yanıtlar

	7. Soru,8.Soru,9.Soru	Üç soru ile ilgili açıklama
1.Katılımcı	C: Sabittir. Evet 100 ⁰ C	Y: 7 ve 8. sorulara verdikleri cevaplar arasında tutarsızlık vardır. Denge sabitinin sabit bir değer ve 1x10 ⁻¹⁴ değerinin 100 ⁰ C’deki değer olduğunu ifade etmektedir. Aslında sabitse bunun için bir sıcaklık değeri belirtmemesi gerekir çünkü sıcaklık söyleyerek aslında farkında olmadan sıcaklığa bağlı olarak değiştiğini de ifade etmektedir.
2. Katılımcı	C: Sabittir. Çünkü dengedeki değeri değişirse nötral özellik değil asidik ya da bazik özellik taşır. Evet 25 ⁰ C	Y: Cevaplar arasında tutarsızlık var. Üstelikte denge değeri değişirse nötral özelliğinin de değişeceğini ifade etmekle nötrallik kavramını da doğru algılamamış olduğu görülmektedir. Ancak 1x10 ⁻¹⁴ değerinin 25 ⁰ C değeri olduğunu doğru olarak ifade etmiştir.
3. Katılımcı	C: Sabittir Evet 25 ⁰ C	Y: Cevaplar arasında tutarsızlık var. Ancak 1x10 ⁻¹⁴ değerinin 25 ⁰ C değeri olduğunu doğru olarak ifade etmiştir.
4. Katılımcı	C: Sabittir Evet 25 ⁰ C	Y: Cevaplar arasında tutarsızlık var. Ancak 1x10 ⁻¹⁴ değerinin 25 ⁰ C değeri olduğunu doğru olarak ifade etmiştir.
5. Katılımcı	C: Sabittir Evet 25 ⁰ C	Y: Cevaplar arasında tutarsızlık var. Ancak 1x10 ⁻¹⁴ değerinin 25 ⁰ C değeri olduğunu doğru olarak ifade etmiştir.

6. Katılımcı	C: Sabittir Evet 25 ⁰ C	Y: Cevaplar arasında tutarsızlık var. Ancak 1×10^{-14} değerinin 25 ⁰ C değeri olduğunu doğru olarak ifade etmiştir.
7. Katılımcı	C: Sabittir Evet 25 ⁰ C	Y: Cevaplar arasında tutarsızlık var. Ancak 1×10^{-14} değerinin 25 ⁰ C değeri olduğunu doğru olarak ifade etmiştir.
8. Katılımcı	C: Sabittir Evet 0 ⁰ C	Y: Cevaplar arasında tutarsızlık var. 1×10^{-14} değerinin 0 ⁰ C'deki değer olduğunu ifade etmektedir.
9. Katılımcı	C: Sabittir Evet 25 ⁰ C	Y: Cevaplar arasında tutarsızlık var. Ancak 1×10^{-14} değerinin 25 ⁰ C değeri olduğunu doğru olarak ifade etmiştir.
10. Katılımcı	C: Sabittir Evet 25 ⁰ C	Y: Cevaplar arasında tutarsızlık var. Ancak 1×10^{-14} değerinin 25 ⁰ C değeri olduğunu doğru olarak ifade etmiştir.
11. Katılımcı	C: Sabittir Evet 25 ⁰ C	Y: Cevaplar arasında tutarsızlık var. Ancak 1×10^{-14} değerinin 25 ⁰ C değeri olduğunu doğru olarak ifade etmiştir.
12. Katılımcı	C: Sabittir Evet 25 ⁰ C	Y: Cevaplar arasında tutarsızlık var. Ancak 1×10^{-14} değerinin 25 ⁰ C değeri olduğunu doğru olarak ifade etmiştir.
13. Katılımcı	C: Sabittir Evet 25 ⁰ C	Y: Cevaplar arasında tutarsızlık var. Ancak 1×10^{-14} değerinin 25 ⁰ C değeri olduğunu doğru olarak ifade etmiştir.
14. Katılımcı	C: Sabittir Evet 0 ⁰ C	Y: Cevaplar arasında tutarsızlık var. 1×10^{-14} değerinin 0 ⁰ C'deki değer olduğunu ifade etmektedir.

7. Soru: Saf suyun denge sabiti sabit midir? 8. Soru: Sıcaklık değişirse saf suyun denge sabiti değeri değişir mi? 9. Soru: 1×10^{-14} değeri hangi sıcaklıktaki değerdir?

*Y: Araştırmacının cevapla ilgili yorumu; **C: Öğretmen adayının cevabı

7. soruda saf suyun “denge sabiti” sabit midir? Bu soruya katılımcıların tamamı yanlış cevap vermişlerdir. Çünkü saf suyun denge sabiti sabit sıcaklıkta sabittir. Dolayısıyla soru kökünde sıcaklık ifadesi olmadığı için öğrencilerin bu soruyu “sabit sıcaklıkta sabittir” şeklinde ya da sıcaklık değişirse değişir şeklinde cevaplaması beklenirdi. Kaldı ki 5. soruda öğrenciler doğru ya da yanlış suyun otoprotolizinin sıcaklığa bağlı olduğunu yani endotermik ya da ekzotermik bir denge olduğunu ifade etmişlerdi.

Yukarıdan beri bakılacak olursa katılımcılardan denge kavramının tanımını yapmaları istendi, ardından katılımcılardan suyun otoprotoliz dengesini yazmaları istendi ki katılımcıların neredeyse tamamı bunu doğru yanıtladılar, ardından dengeye etki eden faktörlerin neler olduğu soruldu ve istisnasız tüm katılımcılar sıcaklık ifadesini kullandılar. Denge olduğunu bilen ve dengeyi etki eden faktörlerden birinin de sıcaklık olduğunu ifade eden katılımcıların sıcaklıkla dengedeki iyon konsantrasyonlarının değişeceğini ve buna bağlı olarak da denge sabitinin değerinin değişeceğini bilemeleri ya da en azından 7. soruda denge sabiti değerinin sabit sıcaklıkta sabit olduğuna dair bir cevap vermeleri beklenmektedir. Ancak katılımcıların tamamı sabittir diyerek yanılmış ve denge ve dengeye etki eden faktörlerde sahip oldukları doğru bilgileri ve tepkimenin ısı alış-verişi ile yürüdüğüne dair bilgileri buraya transfer edemedikleri görülmektedir.

Ancak 8. soruya gelindiğinde tümü denge sabiti değerinin sıcaklık değiştikçe değişeceğini ifade ederek nasıl bir çelişkili durum içinde olduklarını gözler önüne sermişlerdir. 9. soruda bu çelişkili durumu destekler niteliktedir. İki katılımcı hariç tümü 1×10^{-14} değerinin 25°C 'daki değeri olduğunu ifade etmiş olmalarına rağmen 7. soruda suyun denge sabiti değerinin sabit olduğunu ifade etmişlerdir.

7, 8 ve 9. sorulara verilen cevaplar, katılımcıların denge sabiti ve bu sabite etki eden sıcaklık değişkeni arasında ilişki kuramadıklarını göstermektedir. Katılımcılar birbiri ile ilişkili bu 3 soruya çelişkili cevaplar vererek, kavramlar arasındaki ilişkileri kavrayamadıklarını ortaya koymuşlardır.

10, 11 ve 12. sorular birbiri ile ilişkilidir ve sıcaklık-denge-denge sabiti ilişkisini sorgulamaktadırlar.

Tablo 8. 10. Soruya “ 100°C Ve 25°C 'deki Denge Sabiti Değerlerini Karşılaştırınız.” Verilen Yanıtlar

1. Katılımcı C: 100°C 'deki denge sabiti 25°C dekinden daha büyüktür. Çünkü denge sabiti sıcaklıkla değişir.

Y: Bu ifade tamamen dayanağı olmayan bir ifadedir. Evet denge sabiti değişir ama neden 100°C de daha büyük buna ait bir açıklama görülmemektedir. Ayrıca bu katılımcı; Katılımcı 100°C 'deki denge sabiti 25°C dekinden daha büyük olacağını ifade etmiştir. Evet, sıcaklık arttıkça denge sabiti büyür ama öğrencinin 5. soruya

vermiş olduğu cevapla çelişki teşkil etmektedir. Çünkü 5. soruda soğuk suyun elektrik akımını daha iyi ilettiğini ifade etmişti.

Bunun anlamı sıcaklık düşükçe ortamdaki $[H^+]$ ve $[OH^-]$ iyonlarının ortamda daha fazla olacağıdır. Bu verdiği cevapla çelişki oluşturmaktadır.

Ayrıca aynı katılımcı 7. soruda denge sabitinin değerinin sabit olduğunu da ifade etmişti.

2. Katılımcı C: $100^{\circ}C$ 'deki denge sabiti $< 25^{\circ}C$ deki denge sabiti. Sıcaklık arttırılınca tepkime girenler yönünde kayar. Denge değeri bu duruma bağılı olarak küçülür. (kendimle çeliştim☺) değışir.

Y: Bu katılımcı; 5. soruda doğru cevap vermiş. Yani sıcaklık artınca ortamdaki iyonlar artar çünkü olay endotermiktir. Fakat bu katılımcı 7. soruda denge sabitinin sabit olduğunu, 8. soruda da sıcaklık değıştikçe denge sabitinin değışeceğini ifade etmişti. Doğru ile başlayıp yanlış kaymaktadır. Ancak bu soruda $100^{\circ}C$ 'deki denge sabiti, $25^{\circ}C$ deki denge sabitinden küçüktür ifadesini kullanmış ve sıcaklık arttırılınca tepkime girenler yönünde kayar yorumunu yaparak doğru mantık yürütememiştir. Kendisinin de belirttiğı gibi ciddi bir sıkıntı yaşamaktadır.

3. Katılımcı C: $25^{\circ}C$ deki denge sabiti $100^{\circ}C$ ye göre daha küçüktür. Çünkü sıcaklık arttikça denge artar.

Y: Katılımcının yorumu doğrudur. $25^{\circ}C$ deki denge sabiti $100^{\circ}C$ ye göre daha küçüktür. Ancak buna herhangi bir açıklama getirmemiştir, üstelikte "SICAKLIK ARTTIKÇA DENGE ARTAR" şeklinde de afakî bir yorum yapmıştır. Bu da katılımcının reaksiyonun endotermik ya da ekzotermik olması halinde dengenin farklı yönlerde kayabileceğı yönünde sağlam bir bilgiye sahip olmadığını göstermektedir. Kaldı ki bu katılımcı 5. soruda sıcak suyun elektrik akımını daha iyi ilettiğini (bunun anlamı sıcaklık arttikça ortamdaki iyon sayısı artacaktır) ama buna rağmen olayın ekzotermik olduğunu söyleyerek kavram kargaşasına sahip olduğunu göstermektedir.

4. Katılımcı C: Daha büyüktür. Daha iyi iyonlaşır sıcaklık artınca denge büyür.

Y: Bu katılımcı 5. soruda reaksiyonun endotermik olduğunu ve sıcak suyun elektrik akımını daha iyi ileteceğini söylemiştir. Dolayısıyla sıcaklık arttikça dengenin sağa kayacağı ve ortamdaki iyon derişiminin artacağına yönelik bir yorumunun olması gerekmektedir. Buna bağılı olarak da denge sabitinin büyüyeceğinin yorumunu zaten doğru yapmıştır.

5. Katılımcı C: $K_d100^{\circ}C < K_d25^{\circ}C$. Sıcaklık arttikça iyonlaşma artar. Denge sabiti düşer.

Y: Bu katılımcı 5. soruda bu olayın endotermik olduğunu ifade etmiş buna bağılı olarak iyonlaşmanın artacağını da söylemiş ancak " $K_d100^{\circ}C < K_d25^{\circ}C$ " şeklinde ifade kullanarak denge sabitinin düşük sıcaklıklarda daha yüksek olacağını belirterek zihinsel bir karmaşası olduğunu ortaya koymuştur. Bu, olayları zihninde doğru yorumlayamayıp yapılandıramadığını göstermektedir".

6. Katılımcı C: Sıcaklık arttikça denge sabiti değışkenlik göstereceğinden, denge

25⁰C’de daha büyüktür. 100⁰C’de küçülür.

Y:Bu katılımcıda 5. soruda bu olayın endotermik olduğunu ifade etmiş olmasına rağmen sıcaklığın artmasının iyonlaşmayı artıracağını dengenin sağa kayacağını buna bağlı olarak ortamdaki iyon derişiminin artarak denge sabitinin büyüyeceğinin yorumunu ve ilişkisini kuramamış ve 25⁰C’de denge sabitinin 100⁰C’dekine göre daha büyük olacağını ifade etmiştir.

7. Katılımcı C: 25⁰C’deki denge sabiti daha büyüktür. Çünkü endotermiktir.

Y:Bu katılımcıda da aynı sorun var. 5. soruda tepkimenin ekzotermik olduğunu ve soğuk suyun elektrik akımını daha iyi iletceğini söylemesi, 25⁰C’de de denge sabiti daha büyük olacağı sonucunu çıkarması doğru bir mantıktır. Ancak sonuç itibari ile beklenen yorum bu değildir.

8. Katılımcı C: 100⁰C’de daha büyüktür. Çünkü sıcaklık arttıkça denge sabiti değeri artar.

Y:Bu katılımcı 5. soruda olayın endotermik olduğunu ifade etmiş olmasına rağmen soğuk suyun elektrik akımını daha iyi iletceğini söylemiştir. Bu çelişki Le Chatelier ilkesini zihninde doğru yapılandıramadığını göstermektedir. Tüm bu çelişkili duruma rağmen de 100⁰C’de denge sabitinin daha büyük olacağını ifade etmiş ama bunun yanı sıra “sıcaklık arttıkça denge sabiti değeri artar” şeklinde bir genelleme yapıyor. Aşırı bir genellemeler kavram yanlışlarının oluşumunda çok etkilidir. Bu katılımcının böyle bir genelleme yapmış olması aslında olayların endotermik ya da ekzotermik olup olmadığına bakmadığını ve Le Chatelier ilkesini dikkate almadığının göstergesidir.

9. Katılımcı C: 100⁰C’deki denge sabiti daha küçüktür. Çözünürlük artar.

Y: Bu katılımcı 5. soruda endotermik olduğunu ifade etmiş ancak endotermik bir olayda iyonların ortamda daha fazla bulunabileceğini ve denge sabitinin değerinin artacağını yorumlayamamıştır. Üstelikte Çözünen maddenin az olmasının elektrik akımının daha çok iletilmesine neden olacağına dair de bilimsel dayanağı olmayan bir yorum yapmıştır. Bunun dışında ÇÖZÜNÜRLÜK kavramını kullanarak iyonlaşma ile çözünürlük kavramlarının karıştığı ve birbiri yerine kullanıldığı görülmüştür. Zaten bu sorunun cevabı da yanlıştır. Tepkimeye endotermik demiş, buna rağmen soğuk su daha iyi iletir demiş ve 100⁰C denge sabiti 25⁰C’dekien göre daha küçüktür demiş ve ciddi kafası karışık bir öğrencidir.

10.Katılımcı C: Endotermik bir reaksiyon olduğundan (otoprotoliz) sıcaklığın artması ürünler yönüne kaydırır. Denge sabitine saf su yazılmadığından değer küçülür.

Y: Endotermik bir reaksiyonda sıcaklığın artması ürünler yönüne kaydıracağını doğru olarak yorumlamış ancak denge sabiti değerinin küçüleceğini ifade etmiştir. Bunu da denge sabitine saf suyun değerinin yazılmadığı ile ilişkilendirmiştir.

11.Katılımcı C: 100⁰C’deki denge sabiti 25⁰C’dekinden büyüktür. Sıcaklık arttıkça denge sabiti arttığı için.

Y: Bu katılımcıda 5. soruda bu olayın ekzotermik olduğunu ifade etmiş ve buna

rağmen 100°C’de denge sabitinin daha büyük olacağını ifade etmiştir. Ancak bu katılımcıda yaşanan sıkıntı cevaptaki ifadesinde de görüldüğü gibi “sıcaklık arttıkça denge sabiti değeri artar” şeklinde bir ifade kullanıyor. Oysaki bu tepkime endotermik bir tepkime olduğu için sıcaklık arttıkça denge sabiti artar. Burada da yine aşırı bir genelleme yapılmaktadır. Bu katılımcıdaki problem tepkime ekzotermiktir diyor, buna rağmen sıcaklık arttıkça denge sabiti artar ifadesi kullanıyor ve tepkime ekzotermik ya da endotermik olmasının denge sabiti üzerine bir etkisi yok gibi bir düşünceye sahip çünkü “Sıcaklık arttıkça denge sabiti artar” gibi bir genelleme yapıyor. Le Chatelier ilkesini dikkate almadığının göstergesidir.

12.Katılımcı C: $K_{100^{\circ}\text{C}} > K_{25^{\circ}\text{C}}$ sıcaklık arttıkça tepkime hızı artar. (Endotermik olduğu için).

Y:Doğru cevaplamıştır. Ancak bu katılımcının 5. soruya vermiş olduğu cevap incelendiğinde sıcak suyun elektrik akımını daha iyi ilettiğini ancak suyun iyonlaşmasının ekzotermik olduğunu ifade ettiği görülmektedir. Buna rağmen 100°C’deki K_d değerinin daha büyük olacağını ifade etmiştir. Ciddi zihinsel olarak kargaşa yaşadığı ve olayları ilişkilendirmekte problem olduğu görülmektedir.

13.Katılımcı C: Denge ürünler yönüne kayar. Bu yüzden denge sabiti daha büyük bir değer alır.

Y:Doğru cevaplamıştır. 5. soruda verdiği cevapla da uyum içindedir. Ancak bir problemi sıcak ya da soğuk suyun ikisinin de elektriksel iletkenliğe etkisinin aynı olduğunu söylemesidir.

14.Katılımcı C: $100^{\circ}\text{C } K_d < 25^{\circ}\text{C}$

Y: Bu katılımcı hem yanlış cevaplamış hem de hiçbir yorumda bulunmamıştır. Oysaki bu katılımcı 5. Soruda sıcak suda elektriksel iletkenliğin daha yüksek olacağı ve olayın da endotermik olduğuna dair bir yorumu bulunmaktadır.

*Y: Araştırmacının cevapla ilgili yorumu; **C: Öğretmen adayının cevabı

Tablo 9. 11. SORU “100°C’deki OH^- Ve H^+ Derişimi Değerleri Değişir mi?” Verilen Yanıtlar

1. Katılımcı	C: 100°C’deki değişir ve artar. ✓
2. Katılımcı: C:	Değişir. Çünkü sıcaklığa bağlı olarak tepkime girenler yönüne kayar. Bu durumda ürün derişimi azalırken $[\text{H}^+]$ ve $[\text{OH}^-]$ derişimi artar (kafam çok karıştı kendimle çeliştim).
Y:	Katılımcının kendisinin de ifade ettiği gibi kafası ciddi anlamda karışık. Sıcaklık arttıkça tepkime girenler yönüne kayar diyor. Oysaki 5. soruda endotermik olduğunu söylemiş. Ancak buna rağmen soğuk suyun elektriği daha iyi ilettiği yönünde bir beyanı bulunduğundan girenler yönüne kayacağını söylemiş olabilir. Ama girenler yönüne kayar demesine rağmen de $[\text{H}^+]$ ve $[\text{OH}^-]$ derişiminin artacağını ifade

etmiştir.

3. Katılımcı: C: 100⁰C’de daha çok iyonlaşır. O yüzden iyon derişimi artar.

Y: 5. soruda ekzotermik olduğunu söylemesine rağmen sıcak suyun elektrik akımını daha iyi ilettiğini ifade etmiş muhtemelen de bu soruya doğru yanıt vermesi bundan dolayıdır. 10. soruda da 100⁰C’de K_d ’nin daha büyük olacağını ifade etmişti.

4. Katılımcı: C: Değişir. Artar.

Y: 5. ve 10. sorularda verdiği cevaplarla da uyum halinde.

5. Katılımcı: C: Değişmez.

Y: Bu katılımcı 5. soruda sıcak suyun elektriği daha iyi iletteği ve iyonlaşmanın da endotermik olduğunu söylemiş olmasına rağmen bu soruya değişmez olarak cevap vermiştir ki bu da bilgiler arasında transfer yapıp doğruyu bulmada sıkıntı yaşadığını göstermektedir. 10. soruda da $K_d 100^0C < K_d 25^0C$ cevabını vermesi bilginin transferinde sorun yaşadığını ortaya koymuştur.

6. Katılımcı: C: Değişir.

Y: Bu katılımcı 5. soruda sıcak suyun elektriği daha iyi iletteği ve iyonlaşmanın da endotermik olduğunu söylemiş ancak değişmenin ne yönde olacağı ile ilgili bir yorum yapamamıştır.

7. Katılımcı: C: Değişir.

Y: Bu katılımcı 5. soruda soğuk suyun elektriği daha iyi iletteği ve iyonlaşmanın da endotermik olduğunu söylemiş. Soğuk suyun elektriği daha iyi iletteği yönündeki yorumu yanlıştır. Ayrıca da 8. Soruda sıcaklık değişirse denge sabiti değişir mi sorusuna evet demesine rağmen bu soruya değişmez cevabını vermiştir. Ciddi çelişkili durumları söz konusudur.

8. Katılımcı: C: Değişmez.

Y: Bu katılımcı 5. soruda soğuk suyun elektriği daha iyi iletteği ve iyonlaşmanın da endotermik olduğunu söylemiş. Soğuk suyun elektriği daha iyi iletteği yönündeki yorumu yanlıştır. Ayrıca da 8. Soruda sıcaklık değişirse denge sabiti değişir mi sorusuna evet demesine rağmen bu soruya değişmez cevabını vermiştir. 10. soruda da 100⁰C’de K_d ’nin daha büyük olacağını ifade etmiştir. Katılımcının bu cevapları K_d ’nin iyon derişiminden bağımsız bir büyüklük olduğunu düşündüğü sonucu ortaya çıkıyor. Ciddi çelişkili durumları söz konusudur.

9. Katılımcı: C: Konsantrasyon artar. ✓

Y: Bu katılımcının verdiği yanıt çok anlamlı verilmiş bir cevap değil. Çünkü soğuk su daha iyi iletir demiş ve 100⁰C denge sabiti 25⁰C’dekine göre daha küçüktür demiş

soğuksu daha iyi iletir ama tepkime endotermiktir ifadesini kullanmış. Bilgi geçişlerinde ciddi sıkıntılar yaşamaktadırlar.

10.Katılımcı: C: Değişir.

Y:5. soruda endotermik olduğunu bu soruda da değişeceğini söylemiş ancak ne yönde değişeceğini hususunda bir yorum yapamamıştır.

11.Katılımcı: C: Değişir.

Y:5. soruda ekzotermik olduğunu ve soğuk suyun elektrik akımını daha iyi ilettiğini ifade etmiş ancak bu soruda ne yönde değişeceğini hususunda bir yorum yapamamıştır. Fakat yorum yapacak olsa bile ekzotermik olduğunu söylediğine göre ters yönde bir yorum yapması beklenmektedir.10 soruda da 100°C 'deki denge sabiti 25°C 'dekinden büyük olacağını ifade etmiş ancak sıcaklık arttıkça denge sabiti artacağı yönünde de aşırı bir genellemeye gitmiştir. Verdiği cevaplar arasında ciddi bir çelişki söz konusudur.

12.Katılımcı: C: Hayır değişmez.

Y:Bu katılımcı 5. soruda sıcak suyun elektrik akımını daha iyi ilettiğini ancak suyun otoprotolizinin ekzotermik olduğunu söyleyerek zaten bir çelişkili durum yaşamakta bir de bu soruda denge sabiti değerinin değişmeyeceğini söylemesi ciddi bir kavram kargaşası yaşadığını göstermektedir. 10. soruda da $K_{100^{\circ}\text{C}} > K_{25^{\circ}\text{C}}$ sıcaklık arttıkça tepkime hızı artar ifadesini kullanmaktadır.

13.Katılımcı: C: Değişir.

Y:Bu katılımcı 5. soruda sıcak ya da soğuk suyun elektrik akımını aynı ölçüde iletteceğini (değişmeyeceğini) söylemiş, ardından suyun otoprotolizinin endotermik olduğunu ifade ederek zihinsel yapısındaki kargaşayı ortaya koymuştur. Bu soruda da farklı sıcaklıklardaki denge sabitlerinin değişeceğini ifade etmiştir. 10. soruda da denge sabitinin büyüyeceğini çünkü iyonlaşmanın artacağını ifade etmişti. Bu katılımcıdaki tek sıkıntı soğuk suyun elektrik akımını daha iyi iletteceğini söylemiş olmasıdır.

14.Katılımcı: C: Artar.

Y:Burada artar ifadesi kullanması her iki sıcaklıkta da denge sabitinin değişeceği yönünde bir yorumunun olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Ancak 5. soruda vermiş olduğu cevap doğrudur. Dolayısıyla burada artar derken hangisinin artacağını açık olarak ifade etmesi beklenmektedir.

*Y: Araştırmacının cevaplara ilgili yorumu; **C: Öğretmen adayının cevabı

Tablo 10. 12.Soru “100⁰c’deki [H⁺] Ve [OH⁻] Değerleri 1x10⁻⁷ Den Büyük Mü Küçük Mü Olur?” Sorusuna Verilen Yanıtlar

1. Katılımcı	$K_w=1 \times 10^{-5}$ büyür. ✓
2.,6.,11. Katılımcı	10^{-7} 'den büyük olur. ✓
3. Katılımcı	10^{-7} den büyük olur. Yani 10^{-6} gibi ✓
4. Katılımcı	$K_w = [OH^-][H^+] = 10^{-7}$ 'den büyük olur ✓
5. ve 7. Katılımcı	$K_w = [OH^-][H^+] = 10^{-14}$
8. Katılımcı	↑ $K_w = [OH^-][H^+]$ ↑ ✓ 10^{-7} 'den büyük değer
9. Katılımcı	100 ⁰ C’de [H ⁺] 10^{-7} 'den büyük olur. $K_w = [H^+][OH^-]$ yaklaşık 10^{-5} ✓
10. Katılımcı	10^{-7} 'den büyük olur. Daha fazla iyon var. ✓
12. Katılımcı	$10^{-7} < [H^+]$
13. Katılımcı	$K_w = [OH^-][H^+] \checkmark [H^+] > 10^{-7}$
14. Katılımcı	$10^{-7} < 100^0C$ 'daki K_{su}

Bu soruda 10 katılımcı 100⁰C’deki [H⁺] ve [OH⁻] değerleri 1×10^{-7} den büyük olacağını ifade etmişlerdir. Durum böyle olunca da katılımcıların soruları çok da bilinçli olarak cevaplayamadıkları görülmektedir. Çünkü 11. Soruda 100⁰C’deki K_d değeri sorulduğunda 4 kişi artacağını söylemişti dolayısıyla katılımcılarda bilgi geçişlerinde sıkıntılar bulunmaktadır.

10, 11 ve 12. sorulara verilen yanıtlar incelendiğinde, katılımcıların zihinsel organizasyonlarında karışıklık olduğu görülmektedir. Hatta katılımcılar kendi çelişkilerini fark ederek bunu ifade etmişlerdir. Sıcaklıkla denge sabiti değerinin artacağını söyleyenler bile, yanlış açıklamalar yapmışlardır. 12. soruya verilen cevaplar incelendiğinde, katılımcıların çoğunun doğru cevaplar verdikleri görülmüştür. Ancak cevaplardaki çelişkiler, katılımcıların anlamlı öğrenme gerçekleştiremediklerini göstermektedir. Katılımcılar, konu ile ilişkili kavramları yüzeysel olarak bilmekte, ancak bu kavramların gerçek anlamlarını ve birbirleri ile olan ilişkilerini anlayamamaktadırlar.

13 ve 14. sorular, suyun otoprotoliz dengesinden yola çıkarak, pH değerinin yorumlanması ile ilgilidir.

Tablo 11. 13. Soruya “Ph Ne Olur?” Verilen Yanıtlar

1. Katılımcı	pH= 6 ✓
2.,3., 6.,7.,8.,11.,13.,14. Katılımcı	pH küçülür.✓
4. Katılımcı	Asitliğe doğru kayar. Yani 7 den küçük olur.✓
5. Katılımcı	pH küçülür asitlik artar✓
9. Katılımcı	Nötr kalır. 10^{-7} 'den küçüktür.
10. Katılımcı	Küçülür derişim artıyor.✓
12. Katılımcı	$[H^+]$ derişimi artarsa pH küçülür.✓

13. soruda da tüm öğrenciler pH'nın küçüleceğini ifade etmişlerdir.

Tablo 12. 14. Soruya “Sıcaklık Değiştiğinde Suyun Asitlik Ya Da Bazlıklarının Ne Olduğunu Düşünürsün?” Verilen Yanıtlar

1. Katılımcı	Asidiktir çünkü $100^{\circ}C$ 'de pH= 6 olur.
2. Katılımcı	pH 7 den küçük değer aldığı için asidiktir.
3.,5.,7.,8.,11.,12.,13.,14. Katılımcı	Asidik olur.
4. Katılımcı	Asidiğe doğru kayar.
6. Katılımcı	Bazik olur.
9. Katılımcı	Nötral
10. Katılımcı	pH düşer ama nötraldir.

Bu soruda 9. katılımcı hariç tüm katılımcılar saf suyun asidik ya da bazik özellik göstereceklerini ifade etmişlerdir. Oysaki sıcaklık değiştiğinde denge sabiti değeri değişir. Buna bağlı olarak $[H^+]$ ve $[OH^-]$ değerleri değişir. Ancak nötrallik $[H^+]=[OH^-]$ olduğu değerdir. Bu değer 7'nin altına inmesi ya da üstüne çıkmış olmasının nötrallik kavramını değiştirmediğini katılımcılar yorumlayamamaktadırlar.

Katılımcıların cevapları, K_a , iyon derişimleri ve pH kavramları arasında ilişki kuramadıklarını, denge kavramlarını kullanarak pH değerini yorumlayamadıklarını ortaya koymaktadır.

Katılımcılarla yapılan mülakatlar sonucunda, katılımcıların denge konusu ile ilişkili (dengeyi etkileyen faktörler, denge sabiti vb.) kavramları kısmen bildikleri ancak bunları yorumlamada, gerçek bir uygulamaya transfer etmede ciddi sıkıntı yaşadıkları bilgi ve kavrama düzeyindeki sorulara verdikleri yanıtlarla anlaşılmıştır. Katılımcıların konu ile ilgili kavramların anlamlarını, bu kavramların birbirleri ile olan ilişkilerini bilmedikleri, kavramlar arasındaki ilişkilerden yola çıkarak çeşitli olguları açıklayamadıkları görülmüştür. Ayrıca, denge konusunun asitler bazlar konusu gibi pek çok konunun anlaşılmasında bir temel oluşturduğu düşünülecek olursa, katılımcıların bilgilerinin bir sonraki basamağa aktaramadıkları görülmektedir. Bu olayı bir katılımcının vermiş olduğu cevapları sistematik olarak inceleyerek açıklayacak olursak daha da çarpıcı olarak sergilemiş oluruz. 12. katılımcı dengeyi doğru olarak tanımlayan tek katılımcıydı o nedenle bu katılımcının vermiş olduğu cevaplar detaylı olarak incelendiğinde, katılımcıların bilgileri başka bir yerde kullanamadıkları görülmüştür. 12. katılımcı, 1. soruya (Denge nedir?) “Bir reaksiyonda ileri tepkime hızının geri tepkime hızına eşit olması durumudur” ifadesi ile tek doğru cevabı vermiştir. 2. soruya (Dengeyi etkileyen faktörler nelerdir?) “Sıcaklık, katalizör, madde miktarı (derişim)” ifadesi ile eksik olsa da bu soruya en doğru cevabı vermiştir. 3. soruya da (Suyun otoprotoliz dengesini yazınız?) “ $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ $K_d = [OH^-][H^+] = 1 \times 10^{-14}$ ” ifadesi doğru cevaptır. 4. soruya (Sıcak su mu elektriği daha iyi iletir yoksa soğuk su mu? Bu denge endotermik mi? Yoksa ekzotermik mi?) ekzotermik cevabını vermiştir. 2. Soruda sıcaklığın dengeyi etkileyen bir faktör olduğunu belirtmesine rağmen, sıcaklığın nasıl etkilediğini bilmediği görülmektedir, doğru cevap endotermiktir. 5 ve 6. sorularda sıcak suyun elektriği daha iyi iletildiğini ifade edip, sudaki iyon konsantrasyonlarını yazabilirken, 4. soruda verdiği cevap bilgiyi anlamlı yapılandırmadığını ortaya koymaktadır. Benzer durum, saf suyun denge sabiti ile ilgili sorulan 7. soruya verdiği “suyun denge sabiti her koşulda sabittir” ifadesinde de kendini göstermektedir. Sıcaklığın dengeyi etkileyen bir faktör olduğunu bilmesine, denge reaksiyonunu

yazmasına ve sıcak suyun elektriği daha iyi iletildiğini bilmesine rağmen, kavramları ilişkilendirmede sorunlar yaşamaktadır. 8. soruda ise sıcaklık değişirse denge sabiti değerinin değişeceğini ifade ederek, bir önceki soruda verdiği cevapla ters düşmektedir. 10. soruda verdiği " $K_{100^{\circ}\text{C}} > K_{25^{\circ}\text{C}}$ " cevap doğrudur. 4. soruda ekzotermik cevabını vermesine rağmen soruyu doğru cevaplamıştır. Bunun cevabı muhtemelen takip eden soruda, sıcak su mu yoksa soğuk su elektriği daha iyi iletir şeklinde ipucu verir nitelikte bir sorunun sorulmuş olmasından kaynaklanmaktadır

Yukarıda bir örneği verilmiş olan ve denge ile ilgili olarak zihinsel yapısının açıklanmaya çalışıldığı katılımcıda bilginin transferi yorumlanması gibi konularda ciddi sıkıntılar görülmektedir. Bu çalışmaya dâhil edilmiş tüm öğrenciler için geçerlidir.

Sonuçlar, denge konusunda katılımcıların kavramlar arasında bir ilişki kuramadıklarını, yorum yapamadıklarını net bir şekilde göstermektedir. Bu sonuçlar, anlamlı öğrenmenin gerçekleşmediğini göstermektedir. Anlamlı öğrenme gerçekleştiğinde, öğrenci yeni bilgiyi yorumlayabilmekte ve geçmiş deneyimleriyle ilişkilendirebilmekte ve böylelikle yeni bilgiyi kullanarak problemleri çözebilmektedir (Gonzalez, Palencia, Umana, Galindo, & Villafrade, 2008). Denge konusunda yer alan kavramların pek çok kimyasal kavram gibi soyut olması, öğrencinin denge anını mikroskobik düzeyde görememesi kavramı zorlaştırmaktadır. Ancak, öğrenmenin nasıl gerçekleştiği üzerinde bilgilerin artması, kimya eğitiminde geleneksel yöntemlerden uzaklaşarak anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesine odaklanan yöntemlerin kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, örneğin argümantasyon yönteminin kullanılması öğrencilerin olaylar hakkında tahminler yapmalarını, iddialarını kanıtlamalarını gerektirecek ve kavramlar ve kavramlar arasındaki ilişkileri anlamalarını kolaylaştıracaktır. Bunun yanı sıra, geleneksel doğrulama deneylerinden uzaklaşarak, açık uçlu ve keşfetmeye dayalı deney uygulamalarının yapılması, öğrencilerin kavramları zihinlerinde yapılandırmalarına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abell, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (1105–1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Akkus, H., Kadayifci, H., Atasoy, B., & Geban, Ö. (2003). Effectiveness of Instruction Based on the Constructivist Approach on Understanding Chemical Equilibrium Concepts. *Research in Science & Technological Education*, 21(2), 209-227.
- Banerjee, A. C. (1991). Misconceptions of Students and Teachers in Chemical Equilibrium. *International Journal of Science Education*, 13(4), 487–494.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. & Silberstein, J. (1987) Students' Visualisation of a Chemical Reaction. *Education in Chemistry*, 24, 117-120.
- Bergquist, W. & Heikkinen, H. (1990). Student Ideas Regarding Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 67, 1000–1003.
- Bilgin, İ. & 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(1),31-46.
- Bretz, S. L. (2001). Novak's Theory of Education: Human Constructivism and Meaningful Learning. *Journal of Chemical Education*, 78, 1107-1117.
- 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., & 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, 1111-1133.
- Chiu, M., Chou, C., & Liu, C. (2002). Dynamic Processes of Conceptual Change: Analysis of Constructing Mental Models of Chemical Equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(8), 688-712.
- Efendioğlu, A. & Yanpar Yelken, T. (2010). Programmed Instruction versus Meaningful Learning Theory in Teaching Basic Structured Query Language (SQL) in Computer Lesson. *Computers & Education*, 55(3), 1287-1299.

- Erdemir, A. Ö., Geban, Ö., & Uzuntiryaki, E. (2000). Freshman Students' Misconceptions in Chemical Equilibrium. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18, 79 – 84.
- Fyrenius, A., Bergdahl, B., & Silén, C. (2005). Lectures in Problem Based Learning— Why, When and How? An Example of Interactive Lecturing that Stimulates Meaningful Learning. *Medical Teacher*, 27(1), 61-65.
- 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. W., (1995), Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Research and Implications for Teaching and Learning, *Stud. Sci. Educ.*, 25, 69-95.
- Gonzalez, H. L., Palencia, A. P., Umana, L. A., Galindo, L., & Villafrade, L. A. (2008). Mediated Learning Experience and Concept Maps: A Pedagogical Tool for Achieving Meaningful Learning in Medical Physiology Students. *Adv Physiol Educ*, 32, 312–316.
- Gorodetsky, M., and Gussarsky, E. (1986). Misconceptions of The Chemical Equilibrium Concept as Revealed by Different Evaluation Methods. *European Journal of Science Education*, 8, 427–441.
- Gussarsky, E., & Gorodetsky, M. (1990). On The Concept 'Chemical Equilibrium': The Associative Framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 197–204.
- Gülpinar, M. A. & Yeğen, B. Ç. (2005) Interactive Lecturing for Meaningful Learning in Large Groups. *Medical Teacher*, 27(7), 590-594.
- Hackling, W. M., & Garnett, J. P. (1985). Misconception of Chemical Equilibrium. *European Journal of Science Education* 7, 205–214.
- Hameed, H., Hackling, M. W., & Garnett, P. J. (1993). Facilitating Conceptual Change in Chemical Equilibrium Using A CAI Strategy. *International Journal of Science Education* 15, 221–230.
- Huang, Y. M., Chiu, P. S., Liu, T. C., & Chen, T. S. (2011). The Design and Implementation of A Meaningful Learning-based Evaluation Method for Ubiquitous Learning. *Computers & Education*, 57, 2291–2302.

- Kaya, E. (2013) Argumentation Practices in Classroom: Pre-service Teachers' Conceptual Understanding of Chemical Equilibrium. *International Journal of Science Education*, 35(7). 1139-1158.
- Kousathana M. & Tsapalis G., (2002), Students' Errors in Solving Numerical Chemical-Equilibrium Problems. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 3, 5-17.
- Lingwood, M. H. (1993). Directed Line Segments, Reaction Rates and Chemical Equilibrium. *Spectrum*, 31(2), 9-11.
- Louise Tyson, L. & Treagust, D. F. (1999). The Complexity of Teaching and Learning Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 554-558.
- Mayer, R. E. (2002). Rote Versus Meaningful Learning. *Theory Into Practice*, 41(4), 226-232.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). An Expanded Sourcebook: Qualitative Data Analysis, Sage Publications Ltd. London: United Kingdom.
- Nakhleh M. B., (1992). Why Some Students Don't Learn Chemistry? Chemical Misconceptions. *Journal of Chemistry Education*, 69, 191-196.
- Niaz, M. (1995) Relationship Between student Performance on Conceptual and Computational Problems of Chemical Equilibrium. *International Journal of Science Education*, 17, 343-355.
- Niaz, M. (1998). A Lakatosian Conceptual Change Teaching Strategy Based on Students Ability to Build Models with Varying Degrees of Conceptual Understanding of Chemical Equilibrium. *Science and Education*, 7, 107-127.
- 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.
- Özmen, H. (2007). The Effectiveness of Conceptual Change Texts in Remediating High School Students' Alternative Conceptions Concerning Chemical Equilibrium. *Asia Pasific Education Review*, 8(3), 413-425.
- Piquette, J. S., & 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.

- 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., & 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.
- Raviolo, A. & Garritz, A. (2008). Analogies in The Teaching of Chemical Equilibrium: A Synthesis/analysis of The Literature. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 5-13.
- Sawrey, B. A. (1990). Concept Learning Versus Problem Solving: Revisited. *Journal of Chemical Education*, 67, 253-334.
- Solomonidou, C. & 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.
- Van Driel, J. H. (2002). Students' Corpuscular Conceptions in The Context of Chemical Equilibrium and Chemical Kinetics. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3(2), 201–213.
- 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*, 32, 160–176.
- Wheeler, A. E., & Kass, H. (1978). Student Misconception in Chemical Equilibrium. *Science Education*, 62, 223–232.
- Yin, R. (1994). *Case Study research: Design and Methods* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publishing.

SUMMARY

Many researchers search for the problems while learning chemical equilibrium and the misconceptions which students and even teachers have and it is clear that they mainly focused on Le Chatelier Principe. But the subject of chemical equilibrium is not just only learning this Principe. While learning chemical equilibrium, writing equilibrium constant through factors affecting the equilibrium and discussing the effect of each of the factors on the equilibrium constant should be considered. The researches related to the subject are limited to factors affecting the equilibrium. Learning of the factors affecting the equilibrium is very important while writing the equilibrium constant. This study investigates whether chemistry teacher candidates can make connections between the values of the equilibrium constant and the other concepts of the subject, this point distinguishes this study from other studies related to the learning of the equilibrium topic in the literature. The aim of this study is to determine whether chemistry teacher candidates can relate the knowledge of chemical equilibrium to the autoprotolysis equilibrium of pure water or whether they can use the knowledge in the autoprotolysis equilibrium of pure water. Since the equilibrium of the pure water is known and its' characteristics can be interpreted easily by everyone, the equilibrium of the pure water is chosen for the focus point. In addition, the autoprotolysis equilibrium of pure water has a very important role while understanding acid, base and pH concepts and conducting related calculations. The research is a qualitative study and was designed as a case study. 14 chemistry teacher candidates were participated in the study and 14 semi-structured interview questions were used as the data collection tool. The responses of the participants to each question were thoroughly examined and interpreted. Their responses displayed that participants know the concepts related to the subject superficially, but they cannot understand the real meaning of these concepts and their relations with each other. Participants were partially informed about the concepts related to the equilibrium (factors affecting the equilibrium, equilibrium constant, etc.), but they had problems while interpreting these concepts and transferring their knowledge to a real-life situation. Also, if it is thought that the subject of chemical

equilibrium is a focus point while understanding many subjects, such as the acid bases, it appears that the participants couldn't transfer their knowledge to the next step. The results clearly demonstrate that participants cannot interpret the connections of the concepts and meaningful learning was not occurred. When meaningful learning occurs, the students can interpret the new knowledge and relate it to their previous experiences so that they can solve problems using new knowledge. Since many of the concepts involved in equilibrium are as abstract as many chemical concepts and students cannot see the equilibrium moment at macroscopic level, students have difficulties while learning the subject. However, the increase of knowledge of how learning occurs promotes focusing on methods which help to develop meaningful learning in chemistry education. In this context, for example, the use of argumentation method will make it easier for learners to make predictions about events, to prove their claims, and to understand relationships between concepts and concepts. Instead of conducting traditional verification experiments, open-ended and discovery-based experimentation practices will help students to construct concepts in their own understandings.