



## Kimyasal Denge Konusunun Mikro Boyutta Anlaşılmasına Farklı Öğretim Yöntemlerinin Etkisi<sup>1</sup>

### The Effect of Different Teaching Methods to Understanding of Chemical Equilibrium at Micro Level

Seda Okumuş, Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, [seda.okumus@atauni.edu.tr](mailto:seda.okumus@atauni.edu.tr)

Oylum Çavdar, Muş Alparslan Üniversitesi, [oylumcavdar@hotmail.com](mailto:oylumcavdar@hotmail.com)

Mustafa Alyar, Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, [mustafa.alyar@atauni.edu.tr](mailto:mustafa.alyar@atauni.edu.tr)

Kemal Doymuş, Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, [kdoymus@atauni.edu.tr](mailto:kdoymus@atauni.edu.tr)

**ÖZ.** Bu araştırmanın amacı, kimyasal denge konusunun öğrenci takımları başarı bölümleri (ÖTB) yöntemi ve modeller kullanılarak mikro boyutta anlaşılmasının sağlanmasıdır. Araştırmada yarı-deneysel yöntem kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini, fen bilgisi eğitimi birinci sınıfında öğrenim gören 90 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmada iki deney grubu [ÖTB yönteminin uygulandığı İşbirlikli Öğrenme Grubu (İÖG), (N= 22) ve ÖTB yöntemi ve modellerin birlikte kullanıldığı İşbirlikli Model Grubu (İMG), (N=41)] ve bir kontrol grubu (KG) (N= 27) olmak üzere üç gruba çalışılmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak kimyasal denge ile ilgili çoktan seçmeli sorulardan oluşan maddenin tanecikli yapısı testi (MTYTa) ve açık uçlu sorulardan oluşan maddenin tanecikli yapısı testi (MTYTb) kullanılmıştır. Uygulama aşamasına geçilmeden önce tüm gruplara MTYTa ön test olarak uygulanmıştır. Daha sonra her grup kendi yöntemine göre dersi işlemiştir. Öğrencilerin kavramsal anlamalarını belirlemek için MTYTa daki seçenekler çıkartılarak açık uçlu MTYTb testi oluşturulmuş ve tüm gruplara uygulanmış, öğrencilerin mikro boyutta çizim yapmaları istenmiştir. Ardından MTYTa çoktan seçmeli testi son test olarak tüm gruplara tekrar uygulanmıştır. Tüm gruplarda son test olarak uygulanan MTYTa ve açık uçlu olarak uygulanan MTYTb karşılaştırılmış öğrencilerin kendi çizimleriyle çoktan seçmeli test arasındaki ilişkiye bakılmıştır. MTYTa'nin ön ve son test olarak uygulanmasıyla elde edilen verilere yapılan ANOVA sonucuna göre gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Soru bazında yapılan değerlendirmelerde ise grupların bazı sorularda zorluk çektikleri belirlenmiştir. MTYTb'deki öğrenci çizimlerinden elde edilen bulgulara göre öğrencilerin birçok kavram yanılığına sahip oldukları görülmüştür. Öğrencilerin kimyasal denge konusunda dengeye etki eden faktörlerden, reaksiyon oranı ile kimyasal denge sabiti arasındaki ilişki ve hacim- basınç etkisini mikro boyutta anlamada zorluk çektikleri görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** Maddenin Tanecikli Yapısı, Kimyasal Denge, Modeller, ÖTB

**ABSTRACT.** The aim of this study is to determine students' understandings related to chemical equilibrium at micro level by using different teaching methods. It was used quasi-experimental method with pre-and posttest. The sample was comprised of 90 first class science teacher education program students. It was studied with three groups: cooperative learning group (student teams achievement divisions method, STAD) (CLG, N=22), cooperative- model group (STAD + models) (CMG, N=41) and control group (CG, N=27). In order to compare the groups it was used a multiple choices Particulate Nature of Matter Test (PNMTa) related to chemical equilibrium. The PNMTa consists of six questions. For determining students' conceptual understandings related to the subject, the PNMTa was rearranged as open-ended with removing choices (PNMTb). According to ANOVA results, it was not found significant difference among groups. Also, according to open-ended question, it was determined some misconceptions related to topic.

**Keywords:** The Particulate Nature of Matter, Chemical Equilibrium, Model, STAD

#### SUMMARY

**Purpose and Significance:** For providing to understand chemistry as exactly and correctly, chemistry researchers emphasize the using of micro, macro and symbolic level together. Generally macro and symbolic level are noticed but micro level is ignored. For this reason, students have difficulty understanding the chemistry. Because of this, micro, macro and symbolic levels should associate with some activities or methods. The aim of this study is to determine students' understandings related to chemical equilibrium at micro level by using different teaching methods.

<sup>1</sup> Bu çalışma IV. Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

**Method:** In this research, it was used quasi-experimental method with pre-and posttest. According to this, it was studied with three groups which two of them were experimental groups (cooperative learning group-STAD (CLG) (N=22) and cooperative- model group (STAD + models) (CMG) (N= 41) and one of them was control group (CG) (N=27). The sample of research is comprised of 90 students from science teacher education program at first class. In order to compare the groups, it was used multiple choices Particulate Nature of Matter Test (PNMTa) related to chemical equilibrium. The PNMTa consists of six questions. For determining students' conceptual understandings related to the subject the PNMTa was rearranged as open-ended with removing choices (PNMTb). It was applied expert views for validity of the test. For implementation it was used STAD method of cooperative learning in CLG. Models related to chemical equilibrium and STAD used together as method in CMG. In control group, only, teacher taught the subject. In order to compare the groups' variances it was used ANOVA in pre-and posttest.

**Results:** According to the results of ANOVA, it was not found a significant difference among groups at pre-and posttest. When evaluated on the basis of the question it was determined that students have difficulty in some questions. Besides, students have some misconceptions related to chemical equilibrium.

**Discussion and Conclusions:** It was seen that using models did not increase students' understanding in chemical equilibrium enough. To overcome this, it can be use comprehensive models. According to the results, there is no significant difference among the groups. But in terms of conceptual understandings, it was determined that CMG is better than the others. However, students in all groups have difficulty in understanding of factors that effecting equilibrium, the relationships between reaction rate and equilibrium constant and volume- pressure effect in micro level.

---

## GİRİŞ

Kimya, içeriğindeki birçok soyut kavramdan dolayı öğrenciler için öğrenilmesi, öğretmenler için ise öğretmesi zor bir ders olarak görülmektedir. Bu durumun farkında olan kimya eğitimcileri kimya öğretiminde sembolik, mikro ve makro boyut olmak üzere üç temel boyut üzerinde durmuşlardır (Johnstone, 1991). Buna göre sembolik boyut semboller, sayılar, formüller ve eşitlikleri içerirken, mikro boyut gözle görülemeyecek olaylar, makro boyut ise öğrencilerin doğrudan gözlem yapabildikleri olayları kapsamaktadır. Sembolik boyutta öğrenmenin sağlanması için semboller, sayılar, formüller ve eşitlikler kullanılır. Makro boyutun anlaşılması için gözlemler ve somut yaşantılar etkili olurken; mikro boyuttaki olayların öğrenciler tarafından tam ve doğru olarak anlaşılması için moleküllerin, atomların, teorik kavramların modellerle ve farklı somutlaştırıcı materyaller kullanılarak öğretilmesi gerekmektedir (Çalık, Ayas & Ünal, 2006; Ebenezer, 2001; Jaber & Boujaoude, 2012; Johnstone, 1993; Özmen & Ayas, 2003; Philipp, Johnson & Yezierski, 2014; Raviolo, 2001).

Sembolik boyut ve makro boyuttaki olayların veya durumların anlaşılması mikro boyuttaki olayların anlaşılmasından daha kolaydır. Aslında kimyanın öğrenciler tarafından öğrenilmesi zor bir ders olarak görülmesinin temelinde, öğrencilerin mikro boyutu tam olarak anlayamamaları ve olayları zihinlerinde canlandıramamaları etkilidir (Adadan, 2012; Adadan, Trundle & Irving, 2010; Çalık & Ayas, 2002; Franco & Taber, 2009; Karaçöp & Doymuş, 2012; Smith & Villarreal, 2015; Talanquer, 2011). Kimya kavramlarının ve kimyasal olayların öğrenciler tarafından tam ve doğru olarak öğrenilmesi için sembolik, makro ve mikro boyutların birlikte ele alınmalı (Pekdağ & Le Maréchal, 2010; Raviolo, 2001; Talanquer, 2011) ve mikro boyutu diğer boyutlarla ilişkilendirecek somut yaşantılarla birlikte mikro boyuttaki olayları anlamayı kolaylaştırıcı materyaller ve modeller kullanılmalıdır.

Öğrencilerin kimyada en çok zorlandıkları konulardan biri de kimyasal denge konusudur. Sembolik, makro ve mikro boyutların öğrenciler tarafından yeterince ilişkilendirilemediği için anlaşılması zor bir konu olan kimyasal denge ile ilgili, öğrencilerin mol ve derişimi birbirine karıştırdıkları, denge sabitini tam olarak anlayamadıkları, maddelerin derişiminin değişip

değişmediğini anlayamadıkları ve Le Chatelier İlkesini anlayamadıkları belirlenmiştir (Bergquist ve Heikkinen, 1990). Kimyasal denge konusunun öğrenciler tarafından anlaşılmasının kolaylaştırılması için birçok araştırma yapılmıştır (Atasoy, Akkuş & Kadayıfçı, 2009; Bilgin & Geban, 2006; Chiu, Chou & Liu, 2002; Harrison & Jong, 2005; Kaya, 2013; Lucanus, 2011; Niebert, Marsch & Treagust, 2012; Tsaparlis, Kousathana & Niaz, 1998; Voska & Heikkinen, 2000; Yıldırım, Kurt & Ayas, 2011). Bu araştırmalarda kavramsal değişim yaklaşımları, grup tartışmaları, yapılandırıcı yaklaşıma uygun yöntem ve teknikler, analogiler gibi farklı alanlarda kimyasal denge konusunun öğrenciler tarafından daha iyi anlaşılması için çalışılmıştır. Örneğin Bilgin ve Geban (2006) çalışmalarında işbirlikli öğrenmenin 10.sınıf öğrencilerinin kimyasal denge konusunda kavramsal anlamalarına ve problem çözme başarılarına etkisini araştırmışlardır. İşbirlikli öğrenmenin kavramsal anlamaya etkisini belirlemek amacıyla kavram testi, problem çözüme başarısına etkisini araştırmak için ise başarı testi kullanmışlardır. Ayrıca öğrencilerin kavram yanılgılarını daha derinden incelemek için yarı yapılandırılmış mülakatlar kullanmışlardır. İşbirlikli öğrenmedeki grup çalışmalarının kavramsal anlamaya ve problem çözüme başarısına olumlu yönde etki ettiğini belirlemişlerdir. Grup tartışmalarının öğrencilerin konuya farklı bakış açılarından bakmalarını sağladığı ve bu sayede kendilerini daha iyi ifade ettiklerini belirlemişlerdir. Niebert, Marsch ve Treagust, (2012) araştırmalarında bazı metaforlar ve analogilerin kavramsal anlamayı kolaylaştırdığı halde bazılarının neden etkili olmadığı üzerinde çalışmışlardır. Bu amaçla kimyasal denge, hücre bölünmesi ve genetik konularında 17 bilimsel makaledeki metafor ve analogileri incelemişlerdir. Günlük hayatla ilişkilendirerek oluşturulan analogi ve metaforların kimyasal denge konusunda kavramsal anlamayı kolaylaştırdığı ve soyut düşünmeyi geliştirdiği gibi sonuçlarına ulaşmışlardır. Yıldırım, Kurt ve Ayas (2011) çalışmalarında çalışma yapraklarının kullanılmasının 11.sınıf öğrencilerinin kimyasal denge konusunda akademik başarısına etkisini araştırmışlardır. Veri toplamak amacıyla kavram testi, yarı yapılandırılmış mülakatlar ve gözlemleri kullanmışlardır. Araştırma sonucunda çalışma yapraklarının öğrencilerin kavramsal anlamalarını arttırdığı ve öğrencilerin öğrenme sürecine aktif olarak katıldığı sonucuna varmışlardır.

Yukarıdaki örnek çalışmalarda da görüldüğü gibi, literatürde genellikle bir yöntem veya tekniğin kimyasal denge konusunda öğrencilerin akademik başarıları üzerinde durulmuş ve genellikle lise seviyesindeki öğrencilerle çalışılmıştır. Bununla birlikte birden çok yöntem veya tekniğin birlikte uygulanmasının öğrencilerin kavramsal anlamalarını kolaylaştıracağı düşünülmektedir. Buna göre hem aktif öğrenme yöntemlerinden olması hem de öğrencilerin süreç içerisinde bireysel ve sosyal becerilerini birlikte arttırması bakımından bu çalışmada uygulama yöntemi olarak işbirlikli öğrenme seçilmiştir. Ayrıca bu araştırmada işbirlikli öğrenmenin yanı sıra öğrencilerin mikro boyutu anlamalarını kolaylaştırıcı modeller kullanılmıştır. Modellerin mikro boyuttaki anlamaları kolaylaştırdığı ve model kullanmanın öğrencilerin hayal güçlerini arttırdığı düşünüldüğünde kimyasal denge konusunun öğretiminde modellerin kullanılmasının kavramsal anlamayı kolaylaştıracağı düşünülmektedir. Ayrıca kimyayı öğrencilere öğretecek olanın öğretmenler olduğu düşünüldüğünde, öncelikle öğretmenlerin kimya konusunda yeterli bilgi seviyesine sahip olmaları gerekmektedir. Geleceğin öğretmenleri olacak olan üniversite öğrencilerinin de kimyayla ilgili temel konuları öğrendikleri birinci sınıf seviyesinde, anlamlı öğrenmeyi gerçekleştirmeleri ilerleyen yıllarda işlerini kolaylaştıracaktır. Bu bakımdan bu çalışmada fen eğitimi birinci sınıf öğrencileri ile çalışılmıştır.

Bu araştırmanın amacı, fen bilgisi eğitiminde öğrenim gören öğrencilerin kimyasal denge konusunda dengeye etki eden faktörleri işbirlikli öğrenme modeli ve modeller kullanılarak mikro boyutta anlamalarını tespit etmektir. Araştırmanın amacına göre cevap aranacak problemler aşağıdaki gibidir:

1. Uygulamadan önce araştırma gruplarındaki öğrencilerin ön bilgi seviyeleri denk midir?
2. İşbirlikli öğrenme ve modellerin birlikte uygulanması grupların akademik başarılarında bir farklılaşma ortaya çıkarmış mıdır?
3. İşbirlikli öğrenmenin uygulanması öğrencilerin akademik başarılarında bir farklılaşma ortaya çıkarmış mıdır?
4. Uygulamadan sonra öğrenciler kimyasal dengeyle ilgili hangi yanılgılara sahiptirler?

## YÖNTEM

### Araştırmanın Modeli ve Çalışma Grubu

Araştırmada ön test-son test uygulamalı yarı-deneysel yöntem kullanılmıştır. Buna göre iki deney grubu [İşbirlikli öğrenme modelinin ÖTBB yönteminin uygulandığı İşbirlikli Öğrenme Grubu (İÖG), (N= 22) ve İşbirlikli öğrenme modelinin ÖTBB yönteminin ve modellerin birlikte uygulandığı İşbirlikli Model Grubu (İMG), (N=41)] ve öğretmen merkezli anlatımın uygulandığı bir kontrol grubu (KG) (N= 27) olmak üzere üç gruba çalışılmıştır. Araştırmanın yapıldığı her üç grubun dersine de aynı araştırmacılar girmiştir. Araştırmanın örneklemini, fen bilgisi eğitimi anabilim dalı birinci sınıfında öğrenim gören 90 öğrenci oluşturmaktadır. Örneklem seçiminde, araştırmacıların derslerine girdikleri öğrenciler seçildiği için uygun örneklem seçimi yapılmıştır.

### Veri Toplama Aracı

Araştırmada veri toplama aracı olarak çoktan seçmeli Maddenin Tanecikli Yapısı Testi (MTYTa) ve açık uçlu MTYTb kullanılmıştır. MTYTa ve MTYTb dengeye etki eden faktörlerle ilgili 6 sorudan oluşacak şekilde hazırlanmıştır. MTYTa 60 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Testin hazırlanması aşamasında, dengeye etki eden faktörler dikkate alınarak kimyasal dengenin tanecikli boyutta anlaşılmasını sağlayan açık uçlu sorular oluşturulmuş ve bu sorulara uygun seçenekler eklenmiştir. Testin uygulanması aşamasında ise öğrencilerin kimyasal dengeyle ilgili kavramsal anlamalarını belirlemek amacıyla MTYTa'daki soruların seçenekleri çıkartılarak MTYTb testi açık uçlu olacak şekilde tekrar düzenlenmiştir. Soruların geçerliği için uzman görüşüne başvurulmuş ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır. MTYT hem çoktan seçmeli hem de açık uçlu olacak şekilde yapılandırıldığı için testteki soru sayısı 6 olarak belirlenmiştir. MTYT'deki soru sayısı az olduğu için güvenilirlik analizi, araştırmacılar arası tutarlılık sağlanarak yapılmıştır. Buna göre araştırmacıların cevapları birlikte değerlendirmeleri sonucu güvenilirlik sağlanmıştır.

### Uygulama

Uygulama aşamasına geçilmeden önce tüm gruplara çoktan seçmeli MTYTa ön test olarak uygulanmıştır. Daha sonra her grup kendi yöntemine göre dersi işlemiştir.

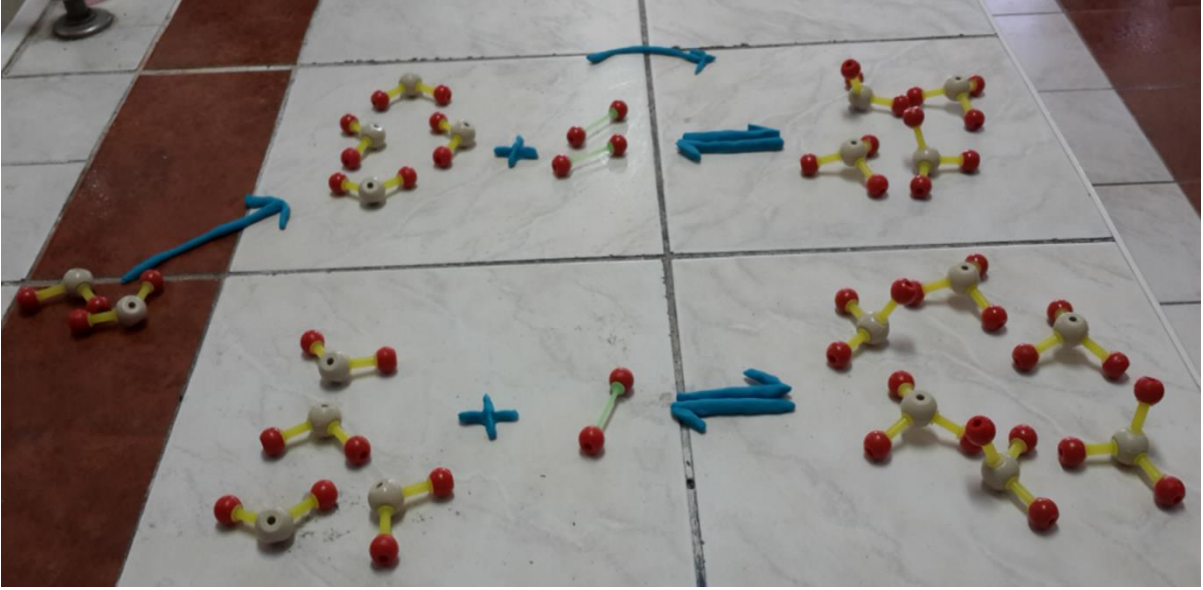
İÖG'de önce öğrenciler işbirlikli gruplara ayrılmış, sonra işbirlikli öğrenmenin ÖTBB yöntemine göre öğretmen, kimyasal denge konusunda dengeye etki eden faktörleri özet olarak anlatmıştır. Daha sonra öğrenciler kendi gruplarında grup arkadaşlarıyla konuyu birlikte tartışarak öğrenmişlerdir. Bu süreçte öğretmen öğrencilere anlamadıkları noktalarda yardımcı olmuştur. Uygulama sonrasında, önce açık uçlu MTYTb uygulanmış ve öğrencilerin mikro boyutta çizim yapmaları istenmiştir. Ardından MTYTa son test olarak tekrar uygulanmıştır.

İMG'de önce öğrenciler işbirlikli gruplara ayrılmış, sonra öğretmen işbirlikli öğrenmenin ÖTBB yöntemine göre kimyasal denge konusunda dengeye etki eden faktörleri özet olarak anlatmıştır. Daha sonra öğrenciler kendi gruplarında grup arkadaşlarıyla konuyu birlikte tartışarak öğrenmişlerdir. Bu süreçte öğretmen öğrencilere anlamadıkları noktalarda yardımcı olmuştur. Ardından öğrencilere kimyasal denge konusuyla ilgili bir tersinir denge tepkimesi verilerek bunu kendi işbirlikli öğrenme gruplarında oyun hamurları ve molekül modellerini kullanarak üç boyutlu olarak hazırlamaları istenmiştir. Öğrencilere SO<sub>2</sub> gazının O<sub>2</sub> gazıyla tepkimesi sonucu oluşan SO<sub>3</sub> gazının denge tepkimesi verilmiştir.



Buna göre önce ilk durumda sistem dengedeysen denge tepkimesini tanecikli boyutta göstermeleri ardından dışarıdan SO<sub>2</sub> gazı ilavesi sonucu oluşan, son durumdaki yeni denge tepkimesini tanecikli boyutta göstermeleri istenmiştir.

Aşağıda Şekil 1'de İMG öğrencilerinin hazırlamış olduğu modellerden bir örnek verilmiştir.



**Şekil 1.** İMG öğrencilerinin hazırlamış oldukları modellerden bir örnek

Uygulama sonrasında, önce açık uçlu MTYTb uygulanmış ve öğrencilerin mikro boyutta çizim yapmaları istenmiştir. Ardından MTYTa son test olarak tekrar uygulanmıştır.

KG'de ise öğretmen kimyasal denge konusunda dengeye etki eden faktörleri öğrencilere özet şeklinde anlatmıştır. Anlatım sonrasında önce açık uçlu MTYTb uygulanmış ve öğrencilerin mikro boyutta çizim yapmaları istenmiştir. Ardından MTYTa son test olarak tekrar uygulanmıştır.

Tüm gruplarda son test olarak uygulanan MTYTa ve açık uçlu olarak uygulanan MTYTb karşılaştırılmış öğrencilerin kendi çizimleriyle çoktan seçmeli test arasındaki ilişkiye bakılmıştır. Buna göre gruplar arasında anlamlı farklılık olup olmadığına bakılmış ve ardından açık uçlu sorulara öğrencilerin verdikleri cevaplardan öğrencilerin kimyasal denge konusundaki kavramsal anlamaları belirlenmiş ve öğrencilerin hangi noktalarda kavram yanlışlarına sahip oldukları belirlenmiştir.

### **Verilerin Analizi**

Verilerin analizi için çoktan seçmeli MTYTa'ya tanımlayıcı istatistikler yapılmış ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. MTYTa'daki sorular ayrıca soru bazında değerlendirilmiş ve açık uçlu sorulara öğrencilerin verdikleri cevaplar ile son teste verdikleri cevaplar karşılaştırılmıştır.

Ayrıca öğrencilerin MTYTb'deki her bir soru için yaptıkları çizimler ayrıntılı olarak incelenmiş, benzer cevaplar aynı kategori altında toplanmış, kavram yanlışlığı içeren çizimler tespit edilmiş ve elde edilen bulgular tablolar ve şekiller halinde sunulmuştur.

### **BULGULAR**

Araştırmada MTYTa'nın ön test ve son test olarak uygulanmasıyla elde edilen verilere ANOVA yapılmıştır. MTYTb'den elde edilen öğrenci cevapları sınıflandırılmıştır. Daha sonra son testten (MTYTa) ve açık uçlu testten (MTYTb) elde edilen bulgular birlikte yorumlanmıştır.

MTYT anının ön test ve son test olarak uygulanmasından elde edilen verilere yapılan tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de, ANOVA sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

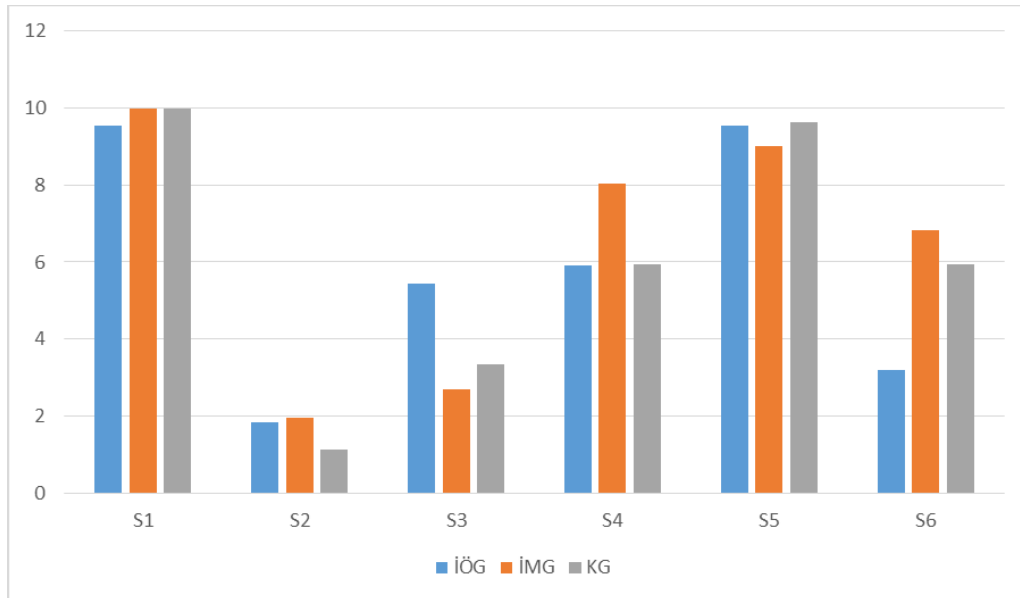
**Tablo 1.** *MTYTa'nın Ön Test ve Son Test Olarak Uygulanmasından Elde Edilen Verilerin Tanımlayıcı İstatistikleri*

	Gruplar	N	X	SS
Ön test	İÖG	26	25,00	9,899
	İMG	45	20,22	10,111
	KG	28	24,29	7,902
	Toplam	99	22,63	9,645
Son test	İÖG	22	35,45	8,004
	İMG	41	38,54	7,267
	KG	27	35,93	10,473
	Toplam	90	36,78	8,719

**Tablo 2.** *MTYTa'nın Ön ve Son Test Olarak Uygulanmasından Elde Edilen Verilerin ANOVA Sonuçları*

		Karelerin toplamı	df	Karelerin ortalaması	F	p
Ön test	Gruplar arası	483,680	2	241,840	2,689	,073
	Grup içi	8633,492	96	89,932		
	Toplam	9117,172	98			
Son test	Gruplar arası	180,498	2	90,249	1,244	,293
	Grup içi	6309,502	87	72,523		
	Toplam	6490,000	89			

Tablo 2'ye göre gruplar arasında ön bilgi ve akademik başarı bakımından anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Bununla birlikte son testte İMG'nin ortalamalarının diğer gruplardan yüksek olduğu görülmektedir. Grupların başarılarının daha iyi karşılaştırılabilmesi için araştırma gruplarının soru bazındaki doğru cevaplarının ortalamaları karşılaştırılmıştır. Araştırma gruplarının soru bazında ortalamalarını gösteren grafik Şekil 2'de verilmiştir.



**Şekil 2.** *MTYTa'nın son test olarak uygulanması sonucu elde edilen verilerin soru bazında ortalamaları*

Şekil 2'ye göre ikinci, üçüncü ve altıncı soruya tüm gruplarda doğru cevap verme oranının düşük olduğu belirlenmiştir. Özellikle ikinci soruda tüm grupların çok zorlandıkları

görülmektedir. Birinci, dördüncü ve beşinci sorularda ise grupların ortalamasının iyi olduğu görülmektedir. İMG'nin soru bazında ortalamalarına bakıldığında ise birinci, ikinci, dördüncü ve altıncı soruda diğer gruplara göre daha iyi olduğu; üçüncü ve beşinci soruda ise ortalamasının diğer gruplardan düşük olduğu görülmektedir.

Tüm gruplardaki öğrencilerin kimyasal denge konusunda kavramsal anlamalarını belirlemek amacıyla MTYTb'nin uygulanması sonucunda elde edilen nitel veriler soru bazında değerlendirilmiş ve öğrencilerin verdikleri doğru cevaplar ve yanlış cevaplar sınıflandırılarak tablolastırılmıştır. Buradan hangi grupların hangi sorularda kavramsal olarak daha başarılı olduğu ve ne gibi yanlışlara veya yanlış anlamalara sahip olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra MTYTa'nın son test olarak uygulanmasından edilen veriler MTYTb'nin uygulanmasından elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Araştırmada kullanılan açık uçlu birinci soru aşağıda Şekil 3 'te verilmiştir.

**Soru 1.** 150°C de,  $2,4 \times 10^{-4} \text{M A}$  ve  $1,2 \times 10^{-4} \text{M B}$  gazları arasında  $\text{A(g)} \leftrightarrow \text{B(g)}$  reaksiyonu gerçekleşiyor. Sistem belli bir süre sonra dengeye geliyor. Sistem dengede iken A ve B gazlarının durumunu tanecik boyutunda çiziniz.

### Şekil 3. Araştırmada kullanılan açık uçlu birinci soru

Birinci soruda öğrencilerden farklı derişimlerdeki gazlar arasında gerçekleşen kimyasal denge reaksiyonunu tanecik boyutunda çizmeleri istenmektedir. Burada öğrencilerin A ve B gazlarının derişimleri dikkate alınarak denge sabitini ( $K_d$ ), 1/2 bulmaları beklenmektedir. Buna göre tanecik boyutunda gösterim yaparken 2 tane A gazı taneciğine karşılık bir tane B gazı taneciği çizmeleri beklenmektedir (Bu oran öğrenciler tarafından 2/1, 4/2, 6/3, 8/4 gibi 2/1 oranını veren tanecik sayısı ile de gösterilebilir).

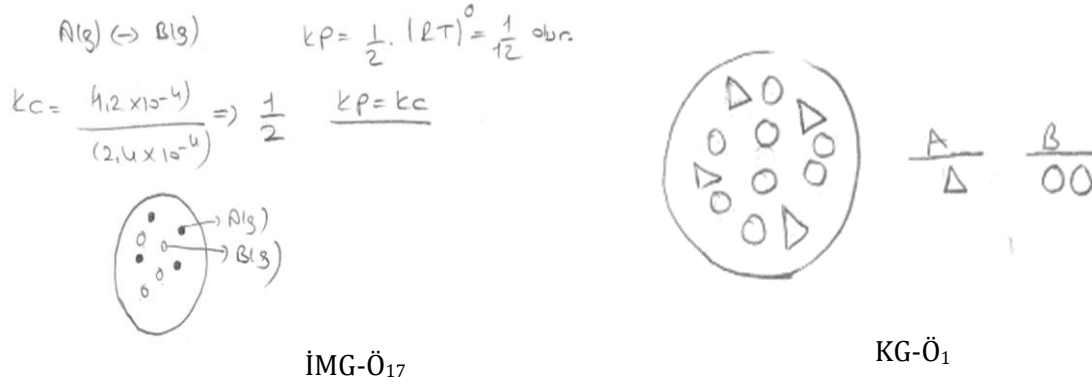
Birinci sorudan elde edilen açık uçlu sorulara tüm gruplardan öğrencilerin cevapları frekans ve yüzde değer olarak Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3. Birinci Sorudan Elde Edilen Verilerin Frekans ve Yüzde Değerleri**

Öğrenci Cevapları	İÖG	İMG	KG
	f (%)	f (%)	f (%)
<b>Doğru cevap:</b> Denge sabiti dikkate alınarak A ve B gazlarının tanecik olarak 2/1 oranında gösterilmesi	18 (%81,8)	30 (%73,2)	18 (%66,7)
<b>Yanlış cevap</b> A ve B gazlarının tanecik olarak 1/1 oranında gösterilmesi	2 (%9,1)	6 (%14,6)	-
A ve B gazlarının tanecik olarak 1/2 oranında gösterilmesi	2 (%9,1)	3 (%7,3)	2 (%7,4)
Verilen reaksiyondan farklı bir reaksiyon oranlarında gösterim yapılması	-	2 (%4,9)	2 (%7,4)
Taneciklerin dağılımının homojen olarak gösterilmemesi	-	-	5 (%18,5)

Tablo 3'e göre birinci soruyu en fazla doğru cevaplama oranı İÖG'dedir (%81,8). Birinci soruda en çok karşılaşılan kavram yanlışları ise "A ve B gazlarının tanecik olarak 1/2 oranında gösterilmesi" (%23,8) ve "A ve B gazlarının tanecik olarak 1/1 oranında gösterilmesi" (%19,1) dir. Buna göre yanlış çizim yapan öğrencilerin tanecik oranlarını  $K_d$  değerinin tam tersi olacak şekilde ya da derişimleri dikkate almadan gösterdikleri belirlenmiştir. MTYTa'nın son test olarak uygulamasından elde edilen bulgulara göre ise birinci soruyu tüm grupların çok yüksek oranda doğru cevapladıkları görülmektedir (Şekil 2).

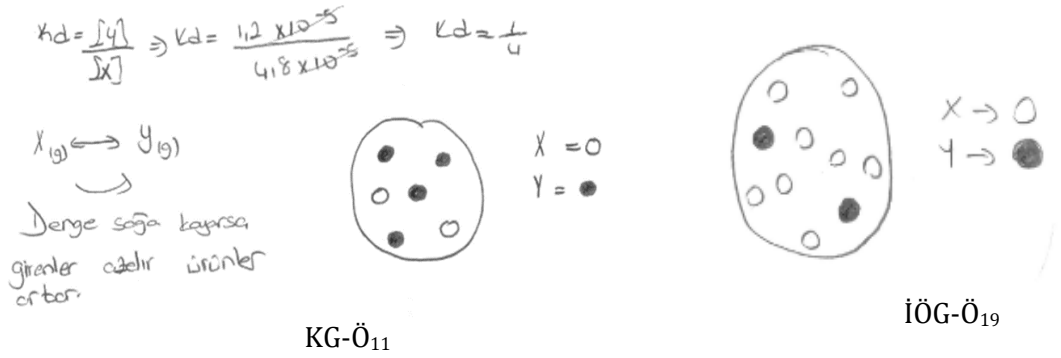
Aşağıda Şekil 4'te birinci soruyla ilgili öğrencilerin yanlış çizimlerinden bazı örnekler verilmiştir.





Tablo 4'e göre ikinci soruyu en fazla doğru cevaplama oranı İMG'dedir (%9,8). Ancak tüm grupların soruyu doğru cevaplama oranının çok düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca öğrencilerin büyük çoğunluğunun "X/Y oranları beklenilenden farklı çizilen (1/2 veya farklı oranlarda) çizimler" ve "İlk durumdaki denge konumuna göre çizilen çizimler (4/1)" yaptığı görülmektedir. MTYTA'nın son test olarak uygulamasından elde edilen bulgulara göre ikinci soruda İMG'nin diğer gruplara göre daha iyi olduğu ancak buradaki bulgulara paralel olarak sorunun tüm gruplarda çok düşük oranda doğru cevaplandığı belirlenmiştir (Şekil 2).

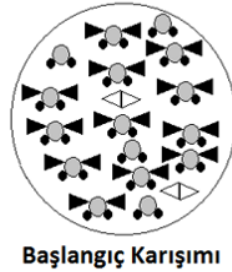
Aşağıda Şekil 6'da ikinci soruyla ilgili öğrencilerin yanlış çizimlerinden bazı örnekler verilmiştir.



**Şekil 6.** İkinci soruyla ilgili öğrencilerin yanlış çizimlerinden örnekler

Şekil 6 incelendiğinde KG -Ö<sub>11</sub> X /Y oranını 1/2 oranında gösterirken; İÖG-Ö<sub>19</sub> ise ilk durumdaki denge konumuna göre (4/1) çizim yaptığı görülmektedir. Araştırmada kullanılan açık uçlu üçüncü soru aşağıda Şekil 7'de verilmiştir.

**Soru 3.** Aşağıdaki çizim  $SO_2(g) + Cl_2(g) \leftrightarrow SO_2Cl_2(g)$  şeklinde yürüten ve  $K_d=4,0$  olan tersinir tepkimenin dengeye gelmemiş başlangıç karışımını göstermektedir. Sistem dengeye ulaştığında taneciklerin durumu nasıl olur, çiziniz. Çiziminizin nedenini açıklayınız.



**Şekil 7.** Araştırmada kullanılan açık uçlu üçüncü soru

Üçüncü soruda denge sabiti verilmiş bir tepkimenin dengeye gelmeden önceki durumu tanecik boyutunda verilmiştir. Öğrencilerden sistemin denge durumuna ulaşması halinde son durumu tanecik boyutunda göstermeleri istenmektedir. Verilen çizimde sistem dengeye ulaşmamış olduğu için tepkime oranı  $Q=3/2$  dir.  $Q < K_d$  olduğu için sistemin dengeye gelmesi için ileri yönlü tepkime vermesi gerekmektedir. Dolayısıyla son durumda ürünlerdeki tanecik miktarı artarken girenlerdeki tanecik miktarı azalacaktır. Buna göre öğrencilerden kendilerine verilen çizimdeki tanecik sayılarını dikkate alarak ürünlerdeki tanecik sayısını arttırmaları, girenlerdeki tanecik sayılarını azaltmaları, toplam tanecik sayısının ise değişmediğini göstermeleri beklenmektedir.

Üçüncü sorudan elde edilen açık uçlu sorulara tüm gruplardan öğrencilerin cevapları yüzde değer olarak Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5. Üçüncü Sorudan Elde Edilen Verilerin Yüzde Değerleri**

Öğrenci Cevapları	İÖG	İMG	KG
	f (%)	f (%)	f (%)
<b>Doğru cevap:</b> Çizimlerde ürünleri temsil eden taneciklerin miktarını arttırmak girenleri temsil eden taneciklerin miktarını azaltmak gerekmektedir. Sistemdeki toplam tanecik sayısı ise korunacaktır.	9 (%40,9)	16 (%39,0)	10 (%37,0)
<b>Yanlış cevap</b>			
Ürünleri azaltmış, girenleri arttırmış çizimler	5 (%22,7)	5 (%12,2)	7 (%25,9)
Girenler ve ürünler yanlış oranlarda arttırılmış ya da azaltılmış çizimler	6 (%27,3)	15 (%36,9)	9 (%33,3)
Girenlerin ve ürünlerin tanecik sayılarının değiştirilmeden gösterilmesi	1 (%4,5)	2 (%4,9)	-
Tek tür tanecik çizilmesi	-	2 (%4,9)	-
<b>Boş</b>	1 (%4,5)	1 (%2,4)	1 (%3,7)

Tablo 5'e göre soruyu en fazla doğru cevaplama oranı İÖG'dedir (%40,9). Ancak tüm grupların soruyu doğru cevaplama oranının düşük olduğu görülmektedir. Öğrencilerin en çok "Ürünleri temsil eden taneciklerin miktarı azaltılmış, girenleri temsil eden taneciklerin miktarı arttırılmış çizimler" ve "Girenler ve ürünler yanlış oranlarda arttırılmış ya da azaltılmış çizimler" yaparak hataya düştükleri belirlenmiştir. MTYT'a'nın son test olarak uygulamasından elde edilen bulgulara göre üçüncü soruda İMG'nin diğer gruplardan daha düşük olduğu ancak buradaki bulgulara paralel olarak sorunun tüm gruplarda düşük oranda doğru cevaplandığı belirlenmiştir (Şekil 2).

Aşağıda Şekil 8'de üçüncü soruyla ilgili öğrencilerin yanlış çizimlerinden bazı örnekler verilmiştir.

$$\Delta n = (c+d) - (a+b)$$

$$\Delta n = 1 - 2$$

$$\Delta n = -1$$

$\times \Delta n < 0$   
 $\times$  ürünler azalır  
 $\times$  girenler artar

C1'den bir azalır, C2'den de bir azalır.

$$Q = \frac{C_1^a \cdot C_2^b}{C_3^c \cdot C_4^d}$$

$Q < K_c$  sistem sağa

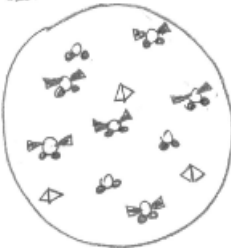
$SO_2 = \text{●}$   
 $Cl_2 = \text{▲}$

$SO_2 \rightarrow \text{▲}$   
 $Cl_2 \rightarrow \text{○}$   
 $SO_2Cl_2 \rightarrow \text{●}$


$$Q = \frac{12}{6 \cdot 2} = 1,5$$

$Q < K_c \rightarrow$

$\Delta n < 0$  küçülür ise eğer denge sağa doğru kayarsa girenlerde tanecik sayısı  $SO_2$  ve  $Cl_2$  nin birer oranında azalır, ürünlerde oluşan  $SO_2Cl_2$  yi tanecik sayısı daha fazla olacak şekilde çiziniz. Sistem dengeye ulaşmış olur.



KG-Ö9

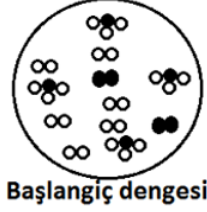


İÖG-Ö19

**Şekil 8. Üçüncü soruyla ilgili öğrencilerin yanlış çizimlerinden örnekler**

Şekil 8 incelendiğinde, KG- Ö9 ürünleri temsil eden taneciklerin miktarını azaltırken girenleri temsil eden taneciklerin miktarını arttırmıştır; İÖG-Ö19 un ise ürünlerdeki tanecik sayısını arttırırken girenlerdeki tanecik sayısını azaltmadığı görülmektedir. Araştırmada kullanılan açık uçlu dördüncü soru aşağıda Şekil 9'da verilmiştir.

**Soru 4.** Aşağıdaki çizim,  $2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \leftrightarrow 4\text{NH}_3(\text{g})$  şeklinde yürüten tersinir tepkimenin dengeye ulaşmış karışımını göstermektedir. Dengedeki bu karışıma aynı sıcaklıkta bir miktar  $\text{H}_2$  gazı ilave ediliyor ve sistem yeniden dengeye geliyor. Yeni denge durumunu tanecik boyutunda çiziniz. Çiziminizin nedenini açıklayınız.



**Şekil 9.** Araştırmada kullanılan açık uçlu dördüncü soru

Dördüncü soruda öğrencilerden denge halindeki bir sisteme girenlerdeki maddelerden birinin ilave sonucu dengenin değişmesi ile oluşan son denge halini tanecik boyutunda göstermeleri istenmektedir. Denge durumunda reaksiyona girenlerdeki herhangi bir maddenin ilavesi sistemin ürünler yönüne kaymasına sebep olur. Dolayısıyla öğrencilerin kendilerine verilen çizimdeki tanecik sayısını dikkate alarak çizimlerinde, girenleri temsil eden taneciklerin miktarını azaltırken ürünleri temsil eden taneciklerin miktarını arttırmaları gerekmektedir.

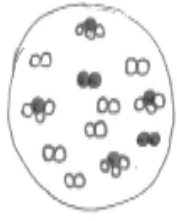
Dördüncü sorudan elde edilen açık uçlu sorulara tüm gruplardan öğrencilerin cevapları yüzde değer olarak Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6.** Dördüncü Sorudan Elde Edilen Verilerin Yüzde Değerleri

Öğrenci Cevapları	İÖG	İMG	KG
	f (%)	f (%)	f (%)
<b>Doğru cevap:</b> Öğrencilerin kendilerine verilen çizimdeki tanecik sayısını dikkate alarak çizimlerinde, girenleri temsil eden taneciklerin miktarını azaltırken ürünleri temsil eden taneciklerin miktarını arttırmaları gerekmektedir.	7 (%31,8)	29 (%70,7)	16 (%59,3)
<b>Yanlış cevap</b>			
Ürünleri azaltmış, girenleri arttırmış çizimler	2 (%9,1)	4 (%9,8)	2 (%7,4)
Girenlerin ve ürünlerin tanecik sayılarının değiştirilmeden gösterilmesi	3 (%13,6)	3 (%7,3)	-
Girenler kısmındaki $\text{N}_2$ gazını temsil eden taneciklerin azaltılmadığı çizimler	5 (%22,7)	4 (%9,8)	4 (%14,8)
Girenler ve ürünlerin arttırılması	3 (%13,6)	1 (%2,4)	2 (%7,4)
Denge durumunda $\text{N}_2$ gazının bulunmadığı çizimler	1 (%4,5)	-	1 (%3,7)
Ürünlerin miktarının arttığı girenlerin miktarının değişmediği çizimler	-	-	1 (%3,7)
<b>Boş</b>	-	-	1 (%3,7)

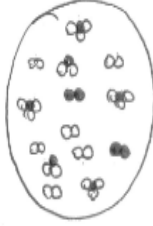
Tablo 6'ya göre soruyu en fazla doğru cevaplama oranı İMG'dedir (%70,7). Öğrencilerin en çok "Ürünleri temsil eden taneciklerin miktarı azaltılmış, girenleri temsil eden taneciklerin miktarı arttırılmış çizimler", "Girenler kısmındaki  $\text{N}_2$  gazını temsil eden taneciklerin ilk duruma göre azaltılmadığı çizimler", "Girenler ve ürünler kısmındaki maddeleri temsil eden taneciklerin tümünün sayısının arttırılması" ve "Girenlerin ve ürünlerin tanecik sayılarının değiştirilmeden gösterilmesi" hatalarına düştükleri belirlenmiştir. MTYTa'nın son test olarak uygulamasından elde edilen bulgulara göre de dördüncü soruda buradaki bulgulara paralel olarak İMG'nin diğer gruplardan daha iyi olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).

Aşağıda Şekil 10'da dördüncü soruyla ilgili öğrencilerin yanlış çizimlerinden bazı örnekler verilmiştir.



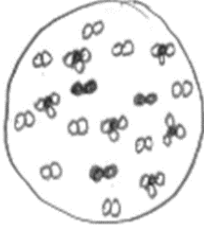
İMG-Ö<sub>2</sub>

Denge değişmez,



KG-Ö<sub>22</sub>

⇒ H<sub>2</sub> gazı ilave edilince denge ürünler tarafına kayar çünkü H<sub>2</sub> gazı tüketildikçe N<sub>2</sub> gazının üretiminde artar.



İÖG-Ö<sub>12</sub>

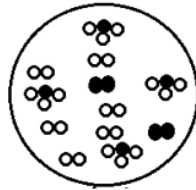
H<sub>2</sub> gazı girince ilave edildiği için sistem dengeye kayar ve ürünler artar.

**Şekil 10.** Dördüncü soruyla ilgili öğrencilerin yanlış çizimlerinden örnekler

Şekil 10 incelendiğinde İMG-Ö<sub>2</sub> nin çiziminde ilk denge konumunu gösterdiği; KG-Ö<sub>22</sub> nin açıklama kısmında dengenin ileri yönde kayacağını ifade ettiği ancak çiziminde girenler kısmındaki N<sub>2</sub> gazını temsil eden taneciklerin azaltmadan çizdiği ve İÖG-Ö<sub>12</sub> nin yine dengenin ileri yönde kayacağını belirtmesine rağmen çiziminde girenleri ve ürünlerin miktarını arttırdığı görülmektedir. Araştırmada kullanılan açık uçlu beşinci soru aşağıda Şekil 11’de verilmiştir.

**Soru 5.** Aşağıdaki çizim,  $2N_2(g) + 6H_2(g) \leftrightarrow 4NH_3(g)$  şeklinde yürüten tersinir tepkimenin dengeye ulaşmış karışımını göstermektedir. Denge halindeki karışıma aynı sıcaklıkta bir miktar He gazı ilave ediliyor ve sistem yeniden dengeye geliyor. Yeni denge durumunu tanecik boyutunda çiziniz. Çiziminizin nedenini açıklayınız.

He=△



Başlangıç dengesi

**Şekil 11.** Araştırmada kullanılan açık uçlu beşinci soru

Beşinci soruda öğrencilerden denge halindeki bir sisteme inert bir gaz (He) eklenmesi durumunda denge konumunu tanecik boyutunda göstermeleri istenmektedir. Öğrencilerden helyumun sistemdeki herhangi bir madde ile reaksiyona girmediği için denge durumunu değiştirmede, sadece sistemin toplam basıncını arttırdığını bilmeleri beklenmektedir. Buna göre öğrencilerin çizimlerinde kendilerine verilen çizimdeki her bir maddenin tanecik sayısını değiştirmemeleri ve ilave olarak sadece helyum gazını temsil eden tanecikleri çizmeleri beklenmektedir.

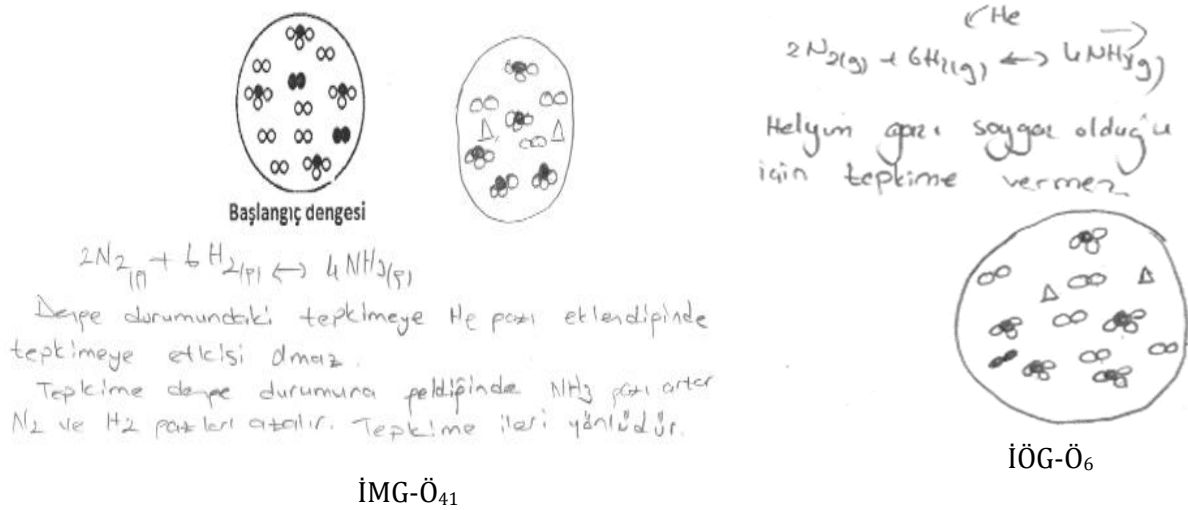
Beşinci sorudan elde edilen açık uçlu sorulara tüm gruplardan öğrencilerin cevapları yüzde değer olarak Tablo 7’de verilmiştir.

**Tablo 7. Beşinci Sorudan Elde Edilen Verilerin Yüzde Değerleri**

Öğrenci Cevapları	İÖG	İMG	KG
	f (%)	f (%)	f (%)
<b>Doğru cevap:</b> Öğrencilerden çizimlerinde tanecikleri ilk durumda verilen şekilde çizimleri ve ayrıca eklenen gaz taneciklerini göstermeleri beklenmektedir.	21 (%95,5)	32 (%78)	25 (%92,6)
<b>Yanlış cevap</b> Sistem ürünler yönüne kayar ve NH <sub>3</sub> artarken, N <sub>2</sub> ve H <sub>2</sub> tanecikleri azalır şeklindeki çizimler	-	2 (%4,9)	2 (%7,4)
Sistem girenler yönüne kayar ve NH <sub>3</sub> azalırken, N <sub>2</sub> ve H <sub>2</sub> tanecikleri artar şeklindeki çizimler	-	2 (%4,9)	-
Denge durumunda N <sub>2</sub> gazının bulunmadığı çizimler	-	5 (%12,2)	-
<b>Boş</b>	1 (%4,5)	-	-

Tablo 7'ye göre soruyu en fazla doğru cevaplama oranı İÖG'dedir (%96,3). Burada İMG'nin diğer gruplara göre daha düşük bir ortalamaya sahip olduğu görülmektedir. Öğrencilerin en fazla "Sistem ürünler yönüne kayar ve NH<sub>3</sub> artarken, N<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub> tanecikleri azalır şeklindeki çizimler", "Sistem girenler yönüne kayar ve NH<sub>3</sub> azalırken, N<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub> tanecikleri artar şeklindeki çizimler" ve "Denge durumunda N<sub>2</sub> gazının bulunmadığı çizimler" yaparak hataya düştükleri belirlenmiştir. MTYTa'nın son test olarak uygulamasından elde edilen bulgulara göre buradaki bulgulara paralel olarak beşinci soruda da İMG'nin diğer gruplardan daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).

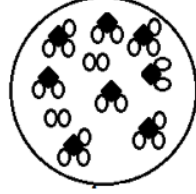
Aşağıda Şekil 12'da beşinci soruyla ilgili öğrencilerin yanlış çizimlerinden bazı örnekler verilmiştir.



**Şekil 12. Beşinci soruyla ilgili öğrencilerin yanlış çizimlerinden örnekler**

Şekil 12 incelendiğinde İMG- Ö<sub>41</sub> helyum gazının denge durumuna etkisi olmadığını belirttiği halde dengenin ileri yöne kayacağını ifade ettiği, ancak çiziminde denge durumunda N<sub>2</sub> gazını çizmediği; İÖG- Ö<sub>6</sub> nın ise sistemi ürünler yönüne kayacak şekilde çizim yaptığı görülmektedir. Araştırmada kullanılan açık uçlu altıncı soru aşağıda Şekil 13'te verilmiştir.

**Soru 6.** Aşağıdaki çizim 10 L lik bir kapta  $4\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow 4\text{SO}_3(\text{g})$  şeklinde yürüten tersinir tepkimenin dengeye gelmiş karışımını göstermektedir. Karışım aynı sıcaklıkta 6 L lik bir kaba konuluyor ve sistem yeniden dengeye geliyor. Yeni denge durumunu tanecik boyutunda çiziniz. Çiziminizin nedenini açıklayınız.



**Başlangıç dengesi**

**Şekil 13.** Araştırmada kullanılan açık uçlu altıncı soru

Altıncı soruda öğrencilerden denge halindeki bir sistemin hacminin küçültülmesi sonucu oluşacak yeni denge halini tanecik boyutunda çizimleri istenmektedir. Öğrencilerden kabın hacminin azaltılmasının kabın basıncını arttıracaklarını bilmeleri beklenmektedir. Buna göre basınç artması durumunda girenlerin mol sayısının toplamının ürünlerin mol sayısından fazla olması nedeniyle sistemin ürünler yönüne kayacağını bilmeleri beklenmektedir. Dolayısıyla öğrencilerin çizimlerinde kendilerine verilen çizimi de dikkate alarak ürünleri temsil eden taneciklerin miktarını arttırırken, girenleri temsil eden taneciklerin miktarını azaltmaları gerekmektedir.

Altıncı sorudan elde edilen açık uçlu sorulara tüm gruplardan öğrencilerin cevapları yüzde değer olarak Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8.** Altıncı Sorudan Elde Edilen Verilerin Yüzde Değerleri

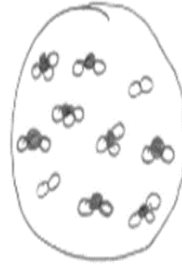
Öğrenci Cevapları	İÖG	İMG	KG
	f (%)	f (%)	f (%)
<b>Doğru cevap:</b> Öğrencilerin kendilerine verilen çizimi de dikkate alarak çizimlerinde ürünleri temsil eden taneciklerin miktarını arttırırken, girenleri temsil eden taneciklerin miktarını azaltmaları beklenmektedir.	5 (%22,7)	26 (%63,4)	8 (%29,6)
<b>Yanlış cevap</b>			
Girenlerin ve ürünlerin tanecik sayılarının değiştirilmeden gösterilmesi	11 (%50)	8 (%19,5)	12 (%44,4)
Ürünlerin miktarı azaltılmış, girenlerin miktarı arttırılmış çizimler	2 (%9,1)	2 (%4,9)	2 (%7,4)
Son durumda sadece ürünleri gösteren çizimler	-	1 (%2,4)	1 (%3,7)
Son durumda sadece girenleri gösteren çizimler	1 (%4,5)	1 (%2,4)	2 (%7,4)
Girenlerin azaldığı, ürünlerin artmadığı çizimler	1 (%4,5)	1 (%2,4)	-
Son durumda tüm taneciklerin sayısının azaldığı çizimler	-	1 (%2,4)	-
Son durumda SO <sub>2</sub> taneciklerinin tükenmiş olarak gösterildiği çizimler	-	1 (%2,4)	-
Girenlerin azalmadığı çizimler	2 (%9,1)	-	2 (%7,4)

Tablo 8’e göre soruyu en fazla doğru cevaplama oranı İMG’dedir (%63,4). Diğer gruplarda ise soruyu doğru cevaplama oranının düşük olduğu görülmektedir. Öğrencilerin yaptıkları en önemli hata ise “Girenlerin ve ürünlerin tanecik sayılarının değiştirilmeden gösterilmesi” dir. MTYT’a’nın son test olarak uygulamasından elde edilen bulgulara göre buradaki bulgulara paralel olarak altıncı soruda İMG’nin diğer gruplardan daha iyi olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).

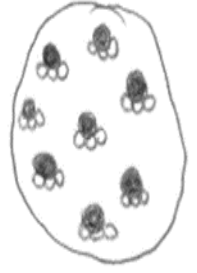
Aşağıda Şekil 14’te altıncı soruyla ilgili öğrencilerin yanlış çizimlerinden örnekler verilmiştir.

$$\downarrow P, \uparrow V = \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow T$$

hacim arttıkça basınç artar. büyüyen daneler daha yakın çizilir.



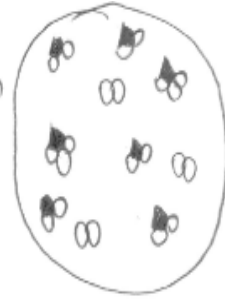
Basınç arttıkça sisteme ekstra ilave olmadığından ürünler kayar. Ürünler artarken giren miktarı da azalır.



İMG-Ö<sub>31</sub>

KG-Ö<sub>2</sub>

$Q > K_d$  olduğundan cıloyu sistem torafa kayacaktır.



$$K_d = \frac{4}{[4] \cdot [2]} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$$

İÖG-Ö<sub>11</sub>

**Şekil 14.** Altıncı soruyla ilgili öğrencilerin yanlış çizimlerinden örnekler

Şekil 14 incelendiğinde KG -Ö<sub>2</sub> nin denge durumunu değiştirmeden çizdiği ve basınç arttığı için tanecikleri birbirine daha yakın çizdiği; İMG- Ö<sub>31</sub> in çiziminde son durumda sadece ürünleri gösterdiği ve İÖG- Ö<sub>11</sub> in ise sistemin geriye doğru kayacağını belirttiği ve buna göre çizim yaptığı görülmektedir.

### TARTIŞMA ve SONUÇ

Araştırmada uygulama öncesi grupların ön bilgi seviyesi olarak denk olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan MTYT'a'nın ANOVA testi sonuçlarına göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0,05$ ). Buna göre grupların ön bilgi seviyesi olarak birbirlerine denk oldukları görülmüştür. Uygulama aşamasından sonra MTYT'a'nın son test olarak uygulanması sonucu elde edilen verilere yapılan ANOVA sonuçlarına göre yine gruplar arasında kimyasal denge konusunda akademik başarı bakımından anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ( $p > 0,05$ ). Ancak MTYTb'nin uygulanması sonucunda İMG ve İÖG'nin kontrol grubuna göre kavramsal anlamalar bakımından daha iyi olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte tüm araştırma gruplarında kimyasal denge konusunda kavram yanılgıları mevcuttur. Araştırmada öğrencilere denge sabitinin anlamı ve dengeye etki eden faktörlerden derişimin etkisi, madde ilavesi, inert gaz ilavesi ve hacmin değiştirilmesi konularında çoktan seçmeli ve açık uçlu sorular sorulmuş ve kavramsal anlamaları belirlenmeye çalışılmıştır.

Son test verilerine soru bazında yapılan değerlendirmeler sonucunda özellikle ikinci ve üçüncü soru ile altıncı soruda tüm gruplardaki öğrencilerin zorlandıkları görülmüştür. İkinci soruda farklı derişimlerdeki gazlar arasında gerçekleşen denge tepkimesinin dışarıdan bir etki yapılarak sağa doğru kayması ile oluşan yeni denge durumunu öğrencilerin kendilerine verilen seçeneklerden seçmeleri beklenmiştir. Öğrencilerin gazların ilk derişimini dikkate alarak öncelikle denge sabitini bulmaları sonra da yeni denge durumunu tanecik boyutunda verilen seçeneklerden seçmeleri beklenmiştir. Ancak öğrencilerin büyük çoğunluğu ilk durumdaki denge konumunu doğru seçenek olarak seçmişlerdir. Benzer şekilde ikinci sorunun açık uçlu olarak uygulanmasında da öğrencilerin çizimlerinde ilk denge konumunu gösterdikleri belirlenmiştir. Öğrencilerin denge tepkimelerinde girenlerin ve ürünlerin durumu hakkında yanılgılara sahip

oldukları Sepet, Yılmaz ve Morgil (2004) ve Yıldırım, Kurt ve Ayas (2011) çalışmalarında da belirlenmiştir. Ayrıca yine açık uçlu soruda öğrencilerin denge konumunda derişimleri eşit olarak çizdikleri belirlenmiştir. Bu durumda öğrencilerin denge halinde girenlerin ve ürünlerin derişimlerinin eşit olduğu yanılıısına sahip olmaları etkili olabilir. Bu sonuç Bilgin ve Geban (2001), Erdemir, Geban ve Uzuntiryaki (2000) ve Yakmacı Güzel (2013) araştırmalarında da ortaya çıkmıştır. Üçüncü soruda denge sabiti verilen bir tepkimenin dengeye gelmemiş başlangıç karışımı öğrencilere verilmiş ve denge halinde taneciklerin durumunu gösteren en iyi seçeneği seçmeleri istenmiştir. Soruda sistemin dengeye gelmesi için ileri yönlü bir reaksiyon gerçekleşecektir. Dolayısıyla öğrencilerin ürünlerin tanecik sayısının arttığı, girenlerin tanecik sayısının azaldığı seçeneği seçmeleri gerekmektedir. Açık uçlu kısımda da ilk duruma göre ürünlerin tanecik sayısının artması, girenlerin tanecik sayısının azalması beklenmektedir. Ancak tüm gruplardan öğrencilerin bir kısmının girenleri ve ürünleri yanlış oranlarda gösterdikleri ve bir kısmının ise girenlerin miktarını arttırdığı, ürünlerin miktarını azalttığı belirlenmiştir. Buradan öğrencilerin denge sabitinin anlamıyla ilgili yanılıılara sahip oldukları çıkarılabilir. Bergquist ve Heikkinen (1990) belirledikleri öğrencilerin denge sabitinin anlamını karıştırdıkları sonucu bu çalışmaya paralel bir sonuç olarak gösterilebilir. Altıncı soruda başlangıç dengesi tanecik boyutunda verilen sabit sıcaklıkta denge konumunda bulunan bir sistemin hacminin küçültülmesi sonucu oluşan yeni denge durumunu temsil eden en doğru seçeneği seçmeleri istenmektedir. Açık uçlu kısımda ise ilk konumu dikkate alarak son durumu kendilerinin çizmeleri istenmektedir. Son test sonuçlarına bakıldığında İÖG ve KG öğrencilerinin soruyu büyük oranda yanlış cevapladıkları görülmektedir. Benzer şekilde öğrenci çizimlerine bakıldığında İÖG ve KG öğrencilerinin önemli bir bölümünün denge konumunu değiştirmedikleri görülmektedir. Ayrıca dengenin geriye kayacağını düşünen öğrenciler de mevcuttur. Yıldırım, Kurt ve Ayas (2011) da çalışmalarında öğrencilerin hacim azaldığında dengenin geriye kayacağı yanılıısına sahip olduklarını belirlemişlerdir.

Son testin üçüncü ve beşinci sorusunda İMG'nin diğer gruplardan daha düşük ortalamaya sahip olduğu görülmüştür. Üçüncü soruda tüm grupların çok düşük başarı gösterdiği göz önüne alınırsa bu durum kompleks bir bileşiğin tanecikli boyutta gösterilmesinde öğrencilerin zorlanmasından kaynaklanabilir. Benzer şekilde açık uçlu sorularda İMG'nin beşinci soruda yine diğer gruplardan düşük ortalamaya sahip olduğu görülmüştür. Buna göre İMG öğrencilerinin inert gaz eklenmesi halinde denge durumunu diğer gruplardan daha düşük seviyede anladıkları çıkarılabilir. Bu durumun ortaya çıkmasında İMG'nin model uygulamalarında inert gazın eklenmesinin modellemesinin yapılmaması etkili olabilir.

Araştırmada modellerin kullanılmasının kimyasal denge konusunda mikro anlamayı yeteri düzeyde arttırmadığı görülmüştür. Daha kapsamlı modeller kullanılarak veya kullanılan modellere ilave olarak animasyonlar gibi görselliği sağlayan teknikler kullanılarak bu problemin üstesinden gelinebileceği düşünülmektedir.

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre son testlerde fark olmamasına rağmen kavramsal anlamda İMG öğrencilerinin diğer gruplardan daha iyi olduğu ancak tüm gruplarda öğrencilerin dengeye etki eden faktörlerden reaksiyon oranı ile denge sabiti arasındaki ilişki ve hacim- basınç etkisini mikro boyuta anlamada zorluk çektikleri görülmüştür.

## KAYNAKÇA

- Adadan, E. (2012). Using multiple representations to promote grade 11 students' scientific understanding of the particle theory of matter. *Research in Science Education*, 43 (3), 1079-1105.
- Adadan, E., Trundle, K. C. & Irving, K. E. (2010). Exploring grade 11 students' conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multi representational instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (8), 1004-1035.
- Atasoy, B., Akkus, H. & Kadayifci, H. (2009). The effect of a conceptual change approach on understanding of students' chemical equilibrium concepts. *Research in Science and Technological Education*, 27, 267-282.
- Bergquist, W. & Heikkinen, H. (1990). Student ideas regarding chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 67, 1000-1003.



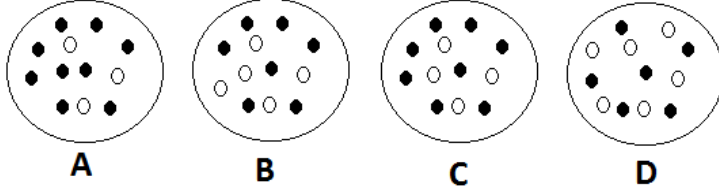
- Bilgin, I. & Geban, O. (2006). The effect of cooperative learning approach based on conceptual change condition on students' understanding of chemical equilibrium concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 15 (1), 31-46.
- Bilgin, İ. ve Geban, Ö. (2001). Benzeşim (Analoji) Yöntemi Kullanılarak Lise 2. Sınıf Öğrencilerinin Kimyasal Denge Konusundaki Kavram Yanılgılarının Giderilmesi, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 20, 26-32.
- Chiu, M., Chou, C. & Liu, C. (2002). Dynamic process of conceptual change: analysis of constructing mental models of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 688-712.
- Çalık, M. ve Ayas, A. (2002). Öğrencilerin bazı kimya kavramlarını anlama seviyelerinin karşılaştırılması. 2000'li Yıllarda I. Öğrenme ve Öğretme Sempozyumu, 29-31 Mayıs, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Çalık, M., Ayas, A. ve Ünal, S. (2006). Çözünme Kavramıyla İlgili Öğrenci Kavramlarının Tespiti: Bir Yaşlar Arası Karşılaştırma Çalışması. *Gazi Üniversitesi Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 4 (3), 309-322.
- Ebenezer, J. (2001). A hypermedia environment to explore and negotiate students' conceptions, animation of the solution process of table salt. *Journal of Science Education and Technology*, 10, 73-91.
- Erdemir, A., Geban, Ö. & Uzuntiryaki, E. (2000). Freshman students' misconceptions in chemical equilibrium. *Hacettepe University Journal of Education* 18, 79 - 84.
- Franco, A.G. & Taber, K.S. (2009). Secondary students' thinking about familiar phenomena: Learners' explanations from a curriculum context where 'particles' is a key idea for organizing teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 31 (14), 1917-1952.
- Harrison, A. G. & 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.
- Jaber, L. Z. & Boujaoude, S. (2012). A macro-micro-symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 34 (7), 973-998.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-90.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 70, 701-704.
- Karaçöp, A. & Doymuş, K. (2012). Effects of jigsaw cooperative learning and animation techniques on students' understanding of chemical bonding and their conceptions of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education Technology*, 22, 186-203.
- Kaya, E. (2013). Argumentation practices in classroom: Pre-service teachers' conceptual understanding of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 35 (7), 1139-1158.
- Lucanus, C. (2011). A case for de-emphasizing Le Chatelier's principle in high school chemistry courses. *Teaching Science*, 57 (4), 51-52.
- Niebert, K., Marsch, S. & Treagust, D.F. (2012). Understanding needs embodiment: A theory-guided reanalysis of the role of metaphors and analogies in understanding science. *Science Education*, 96 (5), 849-877.
- Özmen, H. & Ayas, A. (2003). Students' difficulties in understanding of the conservation of the matter in open and closed-system chemical reactions. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4, 279-290.
- Pekdağ, B. & Le Maréchal, J.F. (2010). An explanatory framework for chemistry education: The two-world model. *Education and Science*, 35 (157), 84-99.
- Philipp, S. B., Johnson, D. K. & Yeziński, E. J. (2014). Development of a protocol to evaluate the use of representations in secondary chemistry instruction. *Chemistry Education: Research and Practice*, 15, 777.
- Raviolo, A. (2001). Assessing students' conceptual understanding of solubility equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 78, 629-631.
- Sepet, A., Yılmaz, A. & Morgil, İ. (2004). Lise İkinci Sınıf Öğrencilerinin Kimyasal Denge Konusundaki Kavramları Anlama Seviyeleri Ve Kavram Yanılgıları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26, 148-154.
- Smith, K.C. & Villarreal, S. (2015). Using animations in identifying general chemistry students' misconceptions and evaluating their knowledge transfer relating to particle position in physical changes. *Chemical Education Research and Practice*, 16, 273.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33 (2), 179-195.
- Tsaparlis, G., Kousathana, M. & Niaz, M. (1998). Molecular-equilibrium problems: Manipulation of logical structure and of m-demand, and their effect on student performance. *Science Education*, 82, 437-454.
- 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.

Yakmacı Güzel, B. (2013). Preservice chemistry teachers in action: an evaluation of attempts for changing high school students' chemistry misconceptions into more scientific conceptions. *Chemical Education Research and Practice*, 14, 95-104.

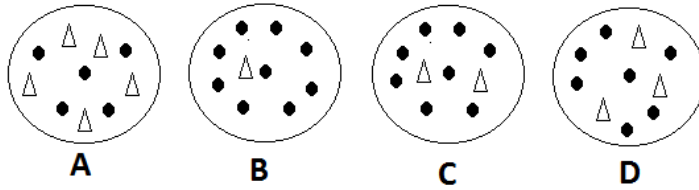
Yıldırım, N., Kurt, S. & Ayas, A. (2011). The effect of the worksheets on students' achievement in chemical equilibrium. *Journal of Turkish Science Education*, 8 (3), 44-58.

### Ek 1. Maddenin Tanecikli Yapısı Testi- a (MTYTa)

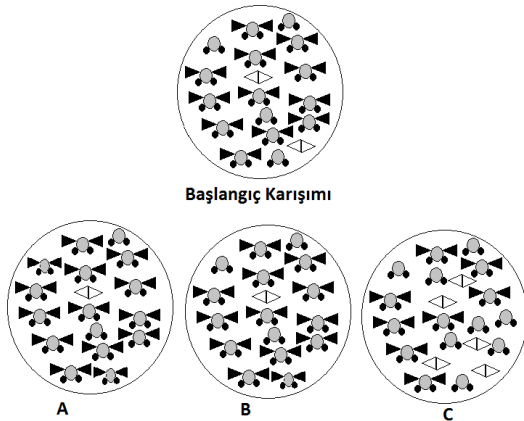
**Soru 1.** 150°C de,  $2,4 \times 10^{-4} M$  A ve  $1,2 \times 10^{-4} M$  B gazları arasında  $A(g) \leftrightarrow B(g)$  reaksiyonu gerçekleşiyor. Sistem belli bir süre sonra dengeye geliyor. Sistem dengede iken A ve B gazlarının durumunu tanecik boyutunda en doğru gösteren çizim aşağıdakilerden hangisidir?



**Soru 2.** 120°C de  $4,8 \times 10^{-5} M$  X ve  $1,2 \times 10^{-5} M$  Y gazları arasında  $X(g) \leftrightarrow Y(g)$  reaksiyonu gerçekleşiyor. Sistem belli bir süre sonra dengeye geliyor. Aynı sıcaklıkta sistem sağa doğru kayarsa son durumda, X ve Y gazlarının durumunu tanecik boyutunda en doğru gösteren çizim aşağıdakilerden hangisi olur?

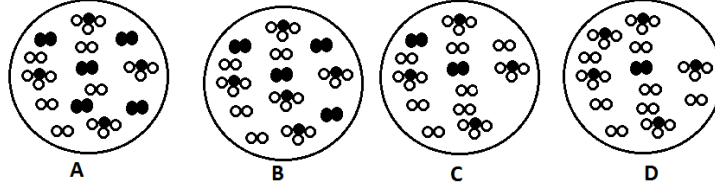
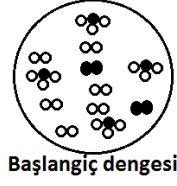


**Soru 3.** Aşağıdaki çizim  $SO_2(g) + Cl_2(g) \leftrightarrow SO_2Cl_2(g)$  şeklinde yürüyen ve  $K_d=4,0$  olan tersinir tepkimenin dengeye gelmemiş başlangıç karışımını göstermektedir. Aşağıdaki çizimlerden hangisi sistem dengeye ulaştığında taneciklerin durumunu en doğru gösterir? Nedenini açıklayınız.



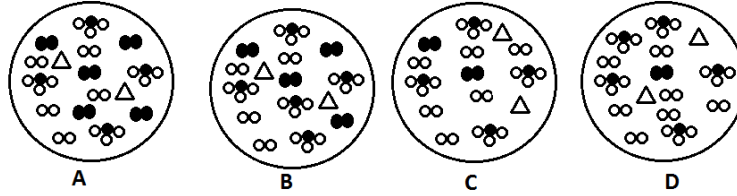
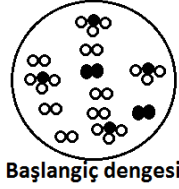
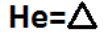
Açıklama:

**Soru 4.** Aşağıdaki çizim,  $2N_2(g) + 6H_2(g) \leftrightarrow 4NH_3(g)$  şeklinde yürüyen tersinir tepkimenin dengeye ulaşmış karışımını göstermektedir. Dengedeki bu karışıma aynı sıcaklıkta bir miktar  $H_2$  gazı ilave ediliyor ve sistem yeniden dengeye geliyor. Yeni denge durumunu tanecik boyutunda en doğru gösteren çizim aşağıdakilerden hangisidir? Nedenini açıklayınız.



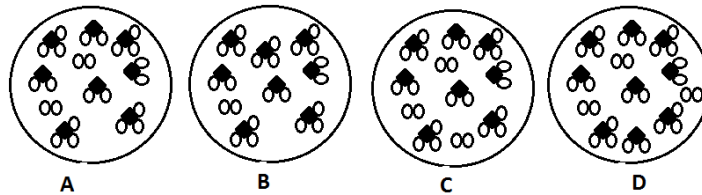
Açıklama:

**Soru 5.** Aşağıdaki çizim,  $2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \leftrightarrow 4\text{NH}_3(\text{g})$  şeklinde yürüyen tersinir tepkimenin dengeye ulaşmış karışımını göstermektedir. Aynı sıcaklıkta denge halindeki karışıma bir miktar **He** gazı ilave ediliyor. Son denge durumunu tanecik boyutunda en doğru gösteren çizim aşağıdakilerden hangisidir? Nedenini açıklayınız.



Açıklama:

**Soru 6.** Aşağıdaki çizim 10 L lik bir kaptaki  $4\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \leftrightarrow 4\text{SO}_3(\text{g})$  şeklinde yürüyen tersinir tepkimenin dengeye gelmiş karışımını göstermektedir. Karışım aynı sıcaklıkta 6 L lik bir kaba konuluyor ve sistem yeniden dengeye geliyor. Yeniden dengeye gelen sistemi tanecik boyutunda en doğru gösteren çizim aşağıdakilerden hangisidir? Nedenini açıklayınız.



Açıklama: