



# Öğrencilerin Sanal Kimya Laboratuvarı Kullanarak Hazırladıkları Argümantasyona Dayalı Yazma Etkinliklerinin Çoklu Gösterimler Açısından İncelenmesi<sup>1</sup>

## Investigation of Multiple Levels of Representations in Students' Written Argument using Virtual Chemistry Laboratory

**Fatma Yaman**, *Yozgat Bozok Üniversitesi*, [fatma.yaman@bozok.edu.tr](mailto:fatma.yaman@bozok.edu.tr) ORCID: 0000-0002-4014-3028

**Öz.** Bu çalışmada, öğrencilerin yazılı argümanlarındaki çoklu seviyedeki gösterimleri (makroskobik, mikroskobik, sembolik) incelenmiştir. Bu bağlamda, öğrencilere sanal kimya laboratuvarı argümantasyon tabanlı bilim öğrenme (ATBÖ) yaklaşımı kullanılarak uygulanmıştır. Çalışmada nitel araştırma yaklaşımı kullanılmış ve doküman incelemesi yapılmıştır. Çalışmanın örneklemini 77 sınıf öğretmeni adayları oluşturmaktadır. Çalışmada, öğrencilerin ATBÖ yaklaşımına uygun olarak hazırladıkları laboratuvar raporları veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Fiziksel ve kimyasal değişimler konusunda hazırlanan 10 ATBÖ etkinliği 4 haftada uygulanmıştır. Öğrencilerin 156 laboratuvar raporu, çalışma için geliştirilen rubrikle değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda, öğrencilerin çoklu gösterimler arasında en fazla sembolik seviyeyi kullandıkları ve sembolik seviyedeki gösterimlerin makroskobik ve mikroskobik seviyedeki gösterimler arasında bir köprü görevi gördüğü ortaya çıkmıştır. Ayrıca, öğrencilerin çoklu seviyedeki gösterimleri daha çok gözlem kısmında kullanmalarına rağmen kanıt ve yansıtma kısımlarında daha bağlantılı bir şekilde kullandıkları tespit edilmiştir. Bu sonuç doğrultusunda, kimyadaki çoklu gösterimlerin birbiriyle bağlantılı olarak kullanması için öğrencilerin bu gösterimleri iddia ve kanıtlarına destek amaçlı olarak kullanmaları ve bu gösterimlerin anlamlarını yansıtma konusunda cesaretlendirilmesi önerilmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Sanal kimya laboratuvarı, argümantasyon tabanlı bilim öğrenme yaklaşımı, kimyadaki çoklu gösterimler (makroskobik, mikroskobik, sembolik)

**Abstract.** This study investigated multiple levels of representation (the macroscopic, microscopic, symbolic levels) in students' written arguments. In this context, students were implemented the Science Writing Heuristic approach (SWH), which is an argument-based approach to science inquiry, using virtual chemistry laboratory. Qualitative research was used, and document analysis was done in the study. The participations of the study consisted of 77 pre-service elementary teachers. Students' lab reports prepared using the template of the SWH approach were used as data instrument. Ten SWH activities on chemical and physical changes were implemented in four weeks. Students' 156 laboratory reports were evaluated using a rubric prepared for this study. The analysis result revealed that students predominantly used the symbolic level of representation and used it as a mediator between the macroscopic and the microscopic levels. Moreover, it was determined that even though students used more representations in data section, they used representations in a connected manner in evidence and reflection sections. In line with the results, the study suggests that students need to be encouraged to use representations as evidence to support their claims and to reflect the meaning of these representations.

**Keywords:** Virtual chemistry laboratory, the science writing heuristic approach, multiple levels of representations (macroscopic, microscopic, symbolic)

<sup>1</sup> Bu çalışmanın bir kısmı, Elazığ'da düzenlenen 5. Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

## SUMMARY

### Introduction

Multiple levels of representations are seen as a key model to teach and do research in chemistry education. There are a considerable amount of studies having positive results and representing multiple levels simultaneously using various format such as computer animations, simulations and videos. However, the findings of the other studies show that despite the efforts of the teachers and instructions, students do not always understand the role of representations.

Research has shown that students should be provided with opportunities to develop their abilities to construct and generate representations, and instruction should include opportunities for students to perform experiments and discuss with their peers observed changes using both microscopic and symbolic explanations. Moreover, a reflection component should be added to help students interpret and combine different levels of representations, and students should be encouraged to use these representations as evidence while supporting their claims. Therefore, this study aimed to investigate how students' multiple level of representations constructed in their written arguments when students were provided an environment including these opportunities.

### Method

Qualitative research was used, and document analysis was done in the study. Seventy-seven pre-service elementary teachers who enrolled in a university in the middle area of Anatolia participated the study. The study lasted in four weeks with every laboratory session lasting two hours in each week. Ten SWH activities on chemical and physical changes topic were implemented. Student template of the SWH approach including beginning question, test, claim, evidence, reading and reflection sections were used as data instrument. In this context, students' 156 lab reports were evaluated in terms of multiple levels of representations (the macroscopic, microscopic and symbolic level of representations), and how these representations were connected in their written arguments were determined regardless of where they were located.

When students' written arguments were analyzed in terms of multiple level of representations, the macroscopic level (MAS) was categorized as entities and phenomena that are tangible and observable in the world or matter that has bulk properties; the microscopic level (MIS) was categorized as moving atoms, molecules, and ions, as well as atomic structure of matter or bonding theory; and symbolic level (SYS) was categorized as matter chemical reactions are symbolized by equations, diagrams, and molecular structure drawings.

When analyzing the type of representations, criteria of how many different levels of representations were used in the text and how many of the representations were connected to each other to explain the same topic or concept were used as two criteria. In this context, when the students only used one of three representational levels, macroscopic (MAS), microscopic (MIS), or symbolic (SYM) to explain the concept or topic, it was considered to be a single level of representation. If they used two or three different levels of representation to explain the same topic or concept, it was considered that they used "two-connected levels of representation", and "three-connected levels of representation", respectively.

Independent analysis was conducted to ensure validity of the study. In this context, three laboratory reports randomly were chosen and given to another researcher who is expert in chemistry education and multiple representations. After an inter-rater reliability of the analysis, 85% similarity was found between results.

## Results

After analyzing students' multiple levels of representations, three assertions were emerged from the study. The first assertion is related to symbolic level and how important it is in students' written arguments. Students predominantly used symbolic level of representations (52%) as one type of representation and used the symbolic and the macroscopic level (97%) as two connected level of representations in their writings. Moreover, students made connections between the symbolic, macroscopic, and microscopic level of representations. As a result, the symbolic level is a key representation among the others and it has an important role for connecting representations to each other.

The second assertion is about how symbolic level played a pivotal role in students' writing. In other words, students used symbolic level of representation as a mediator between macroscopic and symbolic levels of representations. In this context, the students connected chemical equations, drawings and symbols with the macroscopic level representations that showed color change, gas release, or the solubility of substances, and microscopic level of representations including atoms, ions, molecules, and bonding.

The third assertion is students used more connected representations in their evidence and reflection sections. When students' representations investigated, it is seen that students used more representations in data section. In this context, students used 32,7 % representations in data section, % 29,1 and % 21,1 representations in evidence and reflection sections, respectively. As a result, the number of representations decreased in evidence and reflection sections, but students used representations in a more connected manner. In the light of the findings, we speculate that students may choose representations that they used in evidence and reflection sections.

## Discussion and Conclusion

This study focused on how students' multiple level of representations constructed in their written arguments. The results showed that students predominantly used the symbolic level of representations and used it as a mediator among the others. Moreover, students used more connected representations in their evidence and reflection sections. Chemistry is inherently a representational and symbolic discipline, and it can act as a bridge between the macroscopic and the microscopic explanations by simultaneously representing both. In connecting multiple level of representations, students used logical statements with the appropriate language, and they identified, analyzed, interpreted, and generated one or more representations and used these as evidence to support their claims. Therefore, the study suggests that students need to be encouraged to use representations as evidence to support their claims and to reflect the meaning of these representations.

## GİRİŞ

Kimya eğitiminde, makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviye arasındaki ilişkiler anahtar bir role sahiptir (Gilbert ve Treagust, 2009). Çoklu seviye arasındaki ilişkiler, öğrencilerin kimyanın doğasını anlamasının önünde bir engel olarak gösterilmektedir ve öğrencilere bu seviyeler arasında bir ilişki kurulmasına yardım edildiğinde, onların kavramsal anlamalarının gelişmesine fayda sağlayacağı ifade edilmektedir (Gabel, 1999). Bununla beraber, araştırmalar öğrencilerin bu üç seviyeyi anlamada, uygulamada ve bunların birbiri arasında geçiş sağlamada zorluklara sahip olduğunu göstermiştir (Ardaç ve Akaygun, 2004; Gabel, 1999; Gilbert ve Treagust, 2009; Nahkleh ve Krajcik, 1994). Bu sorunlar, öğrencilerin makroskobik seviyede yeterince deneyime sahip olmamaları, sembolik seviyeyi bir iletişim aracı olarak kullanmadaki yetersizlikleri, mikroskobik seviyedeki olayları görselleştirmedeki yetersizlikleri ve bu gösterimler arasında geçiş yapmadaki yetersizlikler olarak sıralanabilir (Gabel, 1999; Gilbert ve Treagust, 2009; Taber, 2009, 2013). Yapılan araştırmalar öğrencilerin uygun yazma ve konuşma etkinliklerini içeren uygulamalı ortamlarda bu gösterimleri kendilerinin üretmelerini, kullanmalarını ve yansıtılmalarını önermektedir (Ardaç ve Akaygun, 2004; Hinton ve Nahkleh, 1999; Kozma ve Russell, 1997). Bu bağlamda, öğrencilere bu fırsatları sunan öğrenme ortamlarında yürütülecek çalışmalara ihtiyaç duyulduğu söylenebilir.

İlgili alan yazın, öğrencilerin çoklu gösterimlerle ilgili kavramsal anlamalarını kolaylaştırmak ve artırmak amacıyla yapılan bilgisayar destekli çalışmalarda (Ardaç ve Akaygun, 2004; Treagust ve Chandrasegaran, 2009) öğrencilere bu çoklu gösterimlerin eş zamanlı olarak gösterilmesinin onların anlamalarına katkı sağlayacağını rapor etmiştir ve öğrenci merkezli yaklaşımları kullanan bazı çalışmalar da benzer olumlu sonuçlara ulaşmıştır (Jaber ve BouJaoude, 2012). Diğer taraftan, yapılan araştırma sonuçları; öğretmen ve yapılan bilgisayar destekli eğitime rağmen, öğrencilerin bu çoklu gösterimlerin rolünü her zaman öğretmenin beklediği şekilde anlamadıklarını (Treagust, Chittleborough ve Mamiala, 2003); kimyasal denklemleri makroskobik seviyede ne anlama geldiğini anlamadan ezberlemeye yatkın olduklarını ve bilgisayar ortamında bu üçlü seviyeyi içeren modellerin kullanılmasının, öğrencilerin bunları sürekli olarak ilişkilendirecekleri anlamına gelmediğini göstermiştir (Ardaç ve Akaygun, 2004). Ayrıca, öğrencilere bu çoklu gösterimleri kullanmaları için uygun fırsatlar verilmesi gerektiği (Hinton ve Nahkleh, 1999) ve öğrencilerin kendi deneylerini kendilerinin yapmaları ve arkadaşlarıyla makroskobik seviyede gözlenen değişimlerin mikroskobik ve sembolik seviyedeki açıklamaları tartışmaları önerilmektedir (Treagust ve Chandrasegaran, 2009). Bu durum, öğrencilere araştırma sorgulamaya dayalı tartışma yöntemleri kullanılarak eş zamanlı olarak makroskobik, mikroskobik ve sembolik olayların gösterilmesine fırsat veren çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Mevcut literatür incelendiğinde, bu tür bir ortam sağlandığında öğrencilerin bu gösterimleri nasıl kullandıklarını araştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmada, öğrencilere kimyadaki çoklu gösterimleri sanal kimya laboratuvarı ortamında eş zamanlı sunup bu gösterimleri tartışma (argüman), sonucunda nasıl yapılandırdıkları incelenmeye çalışılacaktır. Çalışmada, bu ortamın sağlanması için argümantasyon tabanlı bilim öğrenme (ATBÖ) yaklaşımı kullanılmıştır.

## KURAMSAL ÇERÇEVE

### Kimyadaki Çoklu Gösterimler (Makroskobik, Mikroskobik ve Sembolik Seviye)

Kimyadaki kavramsal anlamalar, olayları ve olguları makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyede göstermeyi ve bu gösterimler arasında geçişler yapmayı içermektedir. Bu bağlamda, makroskobik seviyedeki olaylar gözlenebilir, somut ve günlük hayatta ya da laboratuvarlarda tecrübe ettiğimiz gerçek olayları içermektedir (Gabel, 1999; Johnstone, 1982; Treagust ve diğerleri, 2003; Chandrasageran ve diğerleri, 2008). Mikroskobik seviye, maddeleri atom, iyon ve molekül gibi parçacık düzeyinde (Chandrasegaran ve diğerleri, 2008; Johnstone, 1982) ya da maddelerin atomik yapısını veya bağlanma teorisini (Hinton ve Nahkleh, 1999) açıklamayı içermektedir. Sembolik seviyedeki gösterimler ise kavram ve fikirleri kimyasal ve

matematiksel işaretlerle sergilemektedir (Johnstone, 1982; Talanquer, 2011). Bu bağlamda, sembolik seviye kimyasal denklemleri, diyagramları, moleküler yapı çizimleri, modelleri, bilgisayar animasyonları ve matematiksel hesaplamaları içermektedir (Nakhleh ve Krajcik, 1994, Talanquer, 2011).

Makroskobik seviye gerçek ve gözlenebilirken, sembolik seviye bir gösterimdir. Mikroskobik seviye ise gözlenemeyecek kadar küçük varlıklarla ilgilendiği için gerçek ve gözlenebilir gösterimlerin arasında bir yeredir. Bu nedenle, kimyacılar bu varlıkların davranışlarını ve karakterlerini açıklayabilmek için gösterimleri kullanmaktadır (Chandrasegaran ve diğerleri, 2008; Chittleborough, 2014).

### **Argümantasyon Tabanlı Bilim Öğrenme (ATBÖ) Yaklaşımı**

Kimya/fen eğitiminde laboratuvar aktiviteleri merkezi ve önemli bir role sahiptir. Bu yüzden kimya/fen eğitimcileri, öğrencileri laboratuvar aktivitelerine katmanın onları daha başarılı yapacağı görüşünü savunmaktadır. (Acar Sesen ve Tarhan, 2013; Hofstein ve Lunetta 1982, 2004). Son 30 yılda yapılan araştırmalar, geleneksel yöntemle işlenen laboratuvar derslerinde öğrencilerin bazı yöntem ve teknikleri kazanmasına rağmen çok az öğrendiklerini ortaya çıkarmıştır (Hofstein ve Lunetta 1982; Lazarowitz ve Tamir, 1994). Bu problemin üstesinden gelmek için üniversite seviyesindeki kimya laboratuvarlarında araştırma ve iş birliğine dayalı öğretim stratejileri kullanılmaya başlanmıştır (Keys, Hand, Prain ve Collins, 1999). ATBÖ yaklaşımı araştırmaya dayalı laboratuvar kullanılan yaklaşımlardan birisidir. Bu yaklaşım, araştırma-sorgulama çerçeveli öğrenme ortamlarında argümantasyon yolu ile bilimsel bilginin üretilmesini sağlayan ve dil pratikleri ile bilişsel ve üst bilişsel mekanizmaları harekete geçiren bir uygulamadır.

ATBÖ yaklaşımı öğrencilere, Tablo 1’de gösterildiği üzere bir öğrenci taslağı sunmaktadır. Bu taslakta öğrenciler, başlangıç sorularını belirlemekte, bu sorulara uygun bir dizayn hazırlamakta, iddia ve kanıtlarını oluşturmakta, sonrasında ise en az üç kaynaktan araştırma yaparak iddia ve kanıtlarını destekleyecek ya da çürütecek şekilde yansıtma yapmaktadır (Günel, Kabatas-Memiş ve Büyükkasap, 2010; Kingır, Geban ve Günel, 2013). ATBÖ yaklaşımı, fen kavramlarının inşası esnasında dilin kullanıma önem vermektedir. Bu öğrenme süreci boyunca öğrencilerden kendi fikirlerini resim, grafik, şekil, denklem ve metin gibi çoklu gösterimlerle tartışmaları istenmektedir (Hand, Park, Suh ve Bae, 2017).

**Tablo 1.** ATBÖ öğrenci şablonu

1. Başlangıç Soruları-Sorularım nelerdir?
2. Testler- Ne yaparım?
3. Gözlemler- Ne gördüm?
4. İddialar- Ne iddia edebilirim?
5. Kanıt- Nasıl bilebilirim? Neden bu tür iddialarda bulunuyorum?
6. Okuma/karşılaştırma- Fikirlerim diğer fikirlerle nasıl kıyaslanabilir?
7. Yansıtma- Fikirlerim nasıl değişti?

### **Sanal Kimya Laboratuvarı**

Sanal laboratuvarlar, gerçek bir laboratuvarın benzetiminin yapıldığı, kullanıcılarına gerçek ortamdan daha fazla deney ve daha detaylı inceleme yapma seçeneği sunan, sayısız benzetim programı yardımıyla gerçekte çıplak gözle görülemeyen moleküller ve moleküllerin farklı durumlardaki davranışlarını rahatlıkla gözlemleyebileceği imkânları sunan öğrenme ortamları olarak tanımlanabilir (Tatlı ve Ayas, 2013; Winn ve Jackson, 1999). Bu ortamlar sayesinde kullanıcılar makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyedeki olayları eş zamanlı olarak inceleme fırsatı bulurlar. Bu bağlamda, bu çalışmada sanal kimya laboratuvarı argümantasyon tabanlı bir yaklaşımla uygulanarak öğrencilerin kimyadaki çoklu gösterimleri yazılı argümanlarında nasıl yapılandırdıkları anlamaya çalışılmıştır. Çalışmaya yön veren araştırma soruları aşağıda sunulmuştur:

- 1) Öğrenciler kaç farklı çeşit çoklu gösterim kullanmaktadır?



- 2) Öğrenciler aynı konuyu açıklamak için çoklu gösterimleri birbiriyle bağlantılı olarak nasıl kullanmaktadır?
- 3) Öğrenciler argümantasyonun hangi aşamasında bu gösterimleri daha çok kullanmaktadır?

## YÖNTEM

Çalışmada nitel araştırma yaklaşımı kullanılmış ve doküman incelemesi yapılmıştır (Merriam, 2009; Yıldırım ve Şimşek, 2006). Çalışmada amaç, araştırılan olguyu ya da durumu derinlemesine betimle, yorumlama ve katılımcıların bakış açılarını anlama olduğu için nitel araştırma kullanılmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Doküman incelemesi, araştırılmak istenen olgu ya da olgular hakkında yazılı belgelerin incelenmesini kapsamaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Bu bağlamda, bu çalışmada öğrencilerin ATBÖ yaklaşımına uygun olarak hazırladıkları laboratuvar raporları kimyadaki çoklu gösterimler (makroskobik, mikroskobik ve sembolik gösterimler) açısından derinlemesine incelenmiştir.

## Örneklem

Araştırmanın örneklemini, İç Anadolu bölgesinde yer alan bir üniversitede sınıf öğretmenliği programının birinci sınıfında öğrenim gören 77 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Çalışmanın örnekleminde 23 erkek, 54 kız öğrenci bulunmaktadır. Çalışma grubundaki öğretmen adayları 19-21 yaş aralığındadır. Örneklem grubu, ilgilenilen olguyla ilgili ortalama bir durumu, olayı ya da kişiyi yansıttığı için amaçlı örneklem yönteminin tipik durum örnekleme yöntemi olarak oluşturulmuştur (Merriam, 2009; Yıldırım ve Şimşek, 2011). Örneklem grubundaki öğrenciler çalışmaya gönüllü olarak katılmıştır. Öğretmen adaylarının, öğrendiklerini öğrettikleri göz önünde bulundurulduğunda, onların öğrencilik yıllarında ATBÖ yaklaşımının nasıl uygulandığını tecrübe etmeleri ve çoklu seviyedeki gösterimleri nasıl yapılandırdıkları önem kazanmaktadır.

## İçerik

Sanal kimya laboratuvarı fiziksel ve kimyasal değişimler konusunda hazırlanmıştır (Tatlı, 2011; Tatlı ve Ayas, 2013). Bu konunun seçilmesinin nedeni, konunun kimyadaki çoklu gösterimleri içerecek zenginlikte etkinliklere sahip olmasıdır. Sanal kimya laboratuvarında, öğrencilerin etkinliklerde kullanılacak araç-gereçleri ve kimyasal malzemeleri seçebileceği dolaplar bulunmaktadır. Öğrenciler deney için gerekli güvenlik önlemlerini aldıktan sonra deneye başlanmaktadır. Aynı zamanda deneylerin makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyedeki gösterimleri bulunmaktadır.

Öğrenciler çalışma boyunca sanal kimya laboratuvarını kullanarak 10 ATBÖ etkinliğine katılmıştır. Bu etkinliklerin 6 tanesi fiziksel ve kimyasal değişimlere yönelikken, diğer dört tanesi kimyasal tepkimelerin gruplandırılmasına yöneliktir. Etkinliklerin konuları ve çoklu gösterimler açısından içerikleri Tablo 2’de verilmiştir. Bu bağlamda, gerçekleştirilen 10 etkinlikten bir tanesi (yanma etkinliği) sadece makroskobik seviyede gösterim sunarken, beş etkinlik (tuzun suda çözünmesi, suyun elektrolizi, sodyum (Na) metalinin suda çözünmesi, çözünme-çökme deneyleri, yükseltgenme-indirgenme reaksiyonu) makroskobik ve sembolik seviyedeki gösterimleri eş zamanlı sunmuştur. İlâveten, dört etkinlikte (Çinko (Zn) ve magnezyum (Mg) metallerinin hidroklorik asit (HCl) ile tepkimesi, bakır (II) sülfat pentahidrat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) bileşiğinin ısıtılması, asit-baz tepkimeleri) makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyedeki gösterimler eş zamanlı verilmiştir. Ayrıca, sanal kimya laboratuvarında öğrencilerin ulaşabileceği teorik bilgiler de mevcuttur. Şekil 1 ve 2’de çözünme-çökme etkinliğine ait örnekler verilmiştir. Bu etkinlikte öğrenciler, 6 farklı çözelti ( $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KI}$ ,  $\text{AgNO}_3$ ) kullanarak bu maddelerin birbiri içerisinde çözünüp çözünmediğini ve çökme meydana gelip gelmediğini incelemektedir. Ayrıca öğrenciler, bu çözeltilerin makroskobik ve sembolik boyuttaki gösterimlerini eş zamanlı olarak da gözlemleyebilmektedir. Etkinlikte öğrencilerin ulaşabileceği teorik bilgi Şekil 2’de şu şekilde ifade edilmektedir: “Bir maddenin diğer bir madde içerisinde küçük parçacıklar halinde homojen olarak dağılmasına

çözünme denir. Bazı metal tuzları suda çok fazla çözünürken, bazıları ise çok az çözünmektedir. Bir çökeltme tepkimesinde belirli katyonlar ve anyonlar birleşerek çökelek (çökelti) deneni ve çözünmeyen bir katı oluştururlar”.



Sanal kimya laboratuvarında kullanılan etkinliklerin makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyedeki gösterimler Tablo 2’de gösterildiği gibidir.

**Tablo 2.** Sanal kimya laboratuvarındaki etkinliklerin makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviye açısından incelenmesi

Konu	Laboratuvar etkinlikleri	Etkinliklerin MAS, MİS ve SES açısından içeriği
	Çinko (Zn) levhannın asitle etkileşimi	Zn metali beher içerisindeki HCl çözeltisi içerisine atıldığında Zn metalinin azalması ve hidrojen gazının açığa çıkması makroskobik seviyededir (MAS). Olayın moleküler boyutta nasıl gerçekleştiğini gösteren animasyon sembolik seviyededir (SES). “Çinko levha asit içerisine atıldığında Zn, fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip $Zn^{+2}$ ye dönüşürken HCl çözeltisinde bulunan $H^+$ iyonları da gaz halindeki $H_2$ molekülüne dönüşür” ifadesi mikroskobik seviyededir (MİS).
	Magnezyum (Mg) şeridin asitle etkileşimi	Mg metali beher içerisindeki HCl çözeltisi içerisine atıldığında Mg metalinin azalması ve hidrojen gazının açığa çıkması makroskobik seviyededir (MAS). Olayın moleküler boyutta nasıl gerçekleştiğini gösteren animasyon sembolik seviyededir (SES). “Magnezyum şeritten koparılan parça asit içerisine atıldığında Mg, fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip $Mg^{+2}$ ye dönüşürken HCl çözeltisinde bulunan $H^+$ iyonları da gaz halindeki $H_2$ molekülüne dönüşür” ifadesi iyonlardan bahsettiği için mikroskobik seviyededir (MİS).
	Bakır (II) sülfat pentahidrat ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) bileşiğinin ısıtılması	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ bileşiğinin ısıtılması sonucunda mavi renginin beyaza dönmesi ve tekrar havanın nemini alarak mavi renge geri dönmesi makroskobik seviyededir (MAS). $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ bileşiğindeki $H_2O$ moleküllerinin ısıtma esnasında molekülün uzaklaşması ve çalkama esnasında tekrar moleküle geri döndüğünü gösteren animasyon sembolik seviyededir (SES). “Bakır sülfat su tutma özelliğine sahip bir bileşiktir. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ şeklinde bulunur. Bileşiği ısıttığımızda su molekülleri (MİS) bileşik yapısından uzaklaştığından renk beyazlaşır. Soğumasını bekleyip çalkaladığımızda ise havada gaz halinde bulunan su molekülleri tekrar $CuSO_4$ üzerine tutunarak eski haline (maviye) dönmesine neden olur” ifadesinde moleküllerden bahsettiği için mikroskobik seviyededir (MİS).
	NaCl tuzunun suda çözünmesi	Tuzun suda çözünmesi makroskobik seviyededir (MAS). $Na^+$ ve $Cl^-$ iyonlarının çevresini saran su moleküllerinin ısınmayla birlikte uzaklaşmasını gösteren animasyon sembolik seviyededir (SES). Bu etkinlikte mikroskobik seviyede gösterimler bulunmamaktadır.

Fiziksel ve kimyasal değişim

Tepkime türleri	Suyun elektrolizi	H <sub>2</sub> O bileşiğinin kendisini meydana getiren oksijen ve hidrojen gazına ayrışması ve deney tüplerinde toplanan gazlar makroskobik seviyededir (MAS). Meydana gelen olayın moleküler boyutta nasıl gerçekleştiğini gösteren animasyon sembolik seviyededir (SES). Bu etkinlikte mikroskobik seviyede gösterimler bulunmamaktadır.
	Sodyum (Na) metalinin su ile tepkimesi	Na metalinin su tepkimesi sonunda sodyum hidroksit ve hidrojen gazına dönüşmesi makroskobik seviyededir (MAS). Na metalinin NaOH ve H <sub>2</sub> gazına dönüştüğünü moleküler boyutta gösteren animasyon sembolik seviyededir (SES). Bu etkinlikte mikroskobik seviyede gösterimler bulunmamaktadır.
	Yanma tepkimesi	Amonyum dikromat bileşiğinin yanması makroskobik seviyededir (MAS). Bu etkinlikte sembolik ve mikroskobik seviyede gösterimler bulunmamaktadır.
	Çözünme-çökeltme tepkimeleri	FeCl <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O (aq), Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (aq), K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> (aq), NaOH (aq), KI(aq), AgNO <sub>3</sub> (aq) çözeltilerinden ikisinin birbiriyle karıştırılması sonunda meydana gelen çözünme-çökeltme olayları makroskobik seviyededir (MAS). Olayın moleküler boyuttaki gösterimini içeren animasyon ve reaksiyon denklemi sembolik seviyededir (SES). Bu etkinlikte mikroskobik seviyede gösterimler bulunmamaktadır.
	Asit-baz tepkimeleri	HCl asit üzerine NaOH ilave edilmesinden sonra çözeltinin renginin pembeye dönüşmesi makroskobik seviyededir (MAS). Olayın moleküler boyutta nasıl gerçekleştiğini gösteren animasyon sembolik seviyededir (SES). "Asitliğe neden olan H <sup>+</sup> iyonu ile bazlığa neden olan OH <sup>-</sup> iyonunun birleşerek suyu oluşturduğu reaksiyonlara nötrleşme tepkimeleri denir" ifadesinde iyonlardan bahsettiği için mikroskobik seviyededir (MİS).
	Yükseltgenme-indirgenme tepkimeleri	Bakır (Cu) çam ağacının gümüş nitrat (AgNO <sub>3</sub> ) çözeltisi içerisine atılması sonunda çözeltinin renginin maviye dönüşmesi ve çam ağacının gümüş ile kaplanması makroskobik seviyededir (MAS). Cu çam ağacı ve AgNO <sub>3</sub> çözeltisindeki iyonların yer değiştirdiğini gösteren animasyon sembolik seviyededir (SES). "Bakır çam ağacı, gümüş nitrat (AgNO <sub>3</sub> ) çözeltisinde bırakıldığında oluşan reaksiyon aşağıdaki gibidir. Cu (k) + 2 AgNO <sub>3</sub> → 2Ag(k) + Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> " ifadesi sembolik seviyededir (SES). Bu deneyde mikroskobik seviyede (MİS) gösterim bulunmamaktadır.

MAS: Makroskobik Seviye; MİS: Mikroskobik Seviye; SES: Sembolik Seviye

Sanal kimya laboratuvarında yer alan etkinlikler ATBÖ yaklaşımında yer alan gözlem kısmındaki gözlemlerin yapılması ve verilerin toplanması amacıyla kullanılmıştır. Bu bağlamda, öğrencilerin topladıkları veriler, sanal kimya laboratuvarında kullanılan deneyler ve içerikleri ile sınırlıdır. Bununla birlikte, öğrenciler ATBÖ raporlarında sanal kimya laboratuvarında kullanılan çoklu gösterimleri kullanabilecekleri gibi kanıt kısmında kendilerinin ürettikleri çoklu gösterimleri, okuma ve yansıtma kısımlarında iddia ve kanıtlarını desteklemek ya da çürütmek için çeşitli kaynaklardan buldukları çoklu gösterimleri de kullanabilmektedir. Çalışma kapsamında, öğrencilerin ATBÖ raporlarında kullandıkları toplam çoklu gösterimler incelenmiştir. Çalışmanın asıl amacı ise öğrencilerin ATBÖ raporlarında kullandıkları çoklu gösterimleri nasıl yapılandırdıklarıdır. Bu amaç doğrultusunda, öğrencilerin ATBÖ raporlarında kaç farklı çeşit çoklu gösterim kullandıkları, bu gösterimleri birbiriyle bağlantılı bir şekilde nasıl kullandıkları ve ATBÖ yaklaşımının hangi aşamasında bu gösterimleri nasıl ve ne kadar kullandıkları araştırılmıştır. Bu bağlamda, öğrencilerin sanal kimya laboratuvarında gösterilen çoklu gösterimlerden ne kadarını ATBÖ raporuna yansıttıkları özel olarak araştırılmamıştır.

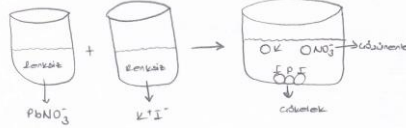
## Veri Toplama Araçları ve Analizleri



Çalışmada, veri toplama aracı olarak öğrencilerin hazırladıkları dokümanlar kullanılmıştır (Merriam, 2009; Yıldırım ve Şimşek, 2006). Bu bağlamda, öğrencilerin uygulama boyunca ATBÖ yaklaşımına uygun olarak hazırladıkları 154 deney raporu incelenmiştir. Öğrenci laboratuvar raporu olarak Hand ve arkadaşları (1999) tarafından geliştirilen, “başlangıç sorusu, yöntem, gözlem, iddia, kanıt, okuma ve yansıtma” kısımlarını içeren öğrenci şablonu kullanılmıştır (bknz Tablo 1). Bu şekilde öğrenciler, grup arkadaşlarıyla çalıştıkları konu hakkında tartışma, kendi argümanlarını laboratuvar etkinlikleri ve yazma stratejileri vasıtasıyla oluşturma fırsatına sahiptir (Hand, Wallace ve Yang, 2004). Çalışma, Genel Kimya dersinin normal eğitim-öğretim etkinlikleri kapsamında yürütülmüştür. ATBÖ laboratuvar raporları tüm etkinlikler bittikten sonra, dersi alan ve ATBÖ raporlarını vermeye gönüllü olan öğrencilerden toplanmıştır. Ayrıca, öğrencilerin gerçek kimlikleri gizlenmiş ve raporları analiz edilirken, öğrencilere Ö1, Ö2, Ö77 gibi kodlar verilmiştir. Çalışmada analiz için yapılan kodlamaların güvenilirliğini sağlamak amacıyla üç laboratuvar rapor örneği, kimya eğitimi alanında görev yapan bir öğretim üyesine gönderilmiş ve kontrol kodlaması yapılarak %85 benzer sonuçlar elde edilmiştir (Miles, Huberman ve Saldana, 2013).

Analiz için, öğrencilerin rapor formatına yazmış oldukları ifadeler makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyeler göz önünde bulundurularak gruplandırılmış, sonrasında veri toplama araçlarında çoklu gösterimlerin nasıl kullanıldığına bakılmıştır. Bu bağlamda, betimsel analiz ve içerik analizi yapılmıştır. Tablo 3, yapılan analizi örnek öğrenci cevaplarını da içerecek şekilde açıklamaktadır.

**Tablo 3.** Makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviye analizi

Çoklu Gösterimlerin Türü	Çoklu Gösterimler	Açıklama	Örnek Öğrenci Cevapları
Tekli Gösterim	Makroskobik Seviye (MAS)	Öğrenci laboratuvar raporunda yazılan ifadeler günlük hayatta ya da laboratuvarlarda tecrübe ettiğimiz gözlemlenebilir ve somuttur olayları içeriyorsa (Johnstone, 1982), maddenin toplu özelliklerini açıklamışsa (Nakhleh ve Krajcik, 1994) bu kategoride incelenmiştir.	*Hidrojen gazı açığa çıktı. *Çözeltinin rengi sarıya döndü. *Kahverengi bir çökelek oluştu. *Asit baz tepkimesinde tuz oluştu.
	Mikroskobik Seviye (MİS)	Öğrenci laboratuvar raporunda yazılan ifadeler atom ve moleküllerin sayılarını, maddenin atomik yapısını ya da bağlanma teorisini içeriyorsa (Johnstone, 1982) bu kategoride incelenmiştir.	* H <sup>+</sup> iyonları ve OH <sup>-</sup> iyonları birleşerek suyu oluşturdu.
	Sembolik Seviye (SES)	Öğrenci laboratuvar raporunda yazılan ifadeler, eşitlik, denklem, diyagram, moleküler düzeydeki çizimler, grafik, formüller ve matematiksel işlemleri içermişse sembolik seviye olarak gruplandırılmıştır (Johnstone, 1982; Nakhleh ve Krajcik, 1994).	* (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (k) + O <sub>2</sub> → Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (k) + N <sub>2</sub> (g) + H <sub>2</sub> O (g) * Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , Mg, Zn, HCl 
İkili Gösterimler	Makroskobik -Sembolik Seviye	Öğrenci laboratuvar raporunda yazılan ifadeler, bir konuyu ya da kavramı açıklamak için günlük hayatta ya da laboratuvarlarda tecrübe ettiğimiz gözlemlenebilir ve	* Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (aq) + KI(aq) → PbI <sub>2</sub> (k) + KNO <sub>3</sub> (aq) Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ve KI çözeltilerini karıştırdık. PbI <sub>2</sub> dibe çöktü, KNO <sub>3</sub> çözüldü.

Üçlü Gösterimler	(MAS-SES)	somuttur olayları içeriyorsa (Johnstone, 1982), maddenin toplu özelliklerini açıklamışsa (Nakhleh ve Krajcik, 1994); aynı zamanda ifadeler, eşitlik, denklem, diyagram, moleküler düzeydeki çizimler, grafik, formüller ve matematiksel işlemlerini içermişse, öğrencilerin yazdıkları bu kategoride incelenmiştir.	* $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ bileşiğini ısıttığımızda mavi renkten beyaz renge döndüğünü gözlemledik.
	Makroskobik - Mikroskobik Seviye	Öğrenci laboratuvar raporunda yazılan ifadeler, bir konuyu ya da kavramı açıklamak için ifadeler günlük hayatta ya da laboratuvarlarda tecrübe ettiğimiz gözlemlenebilir ve somuttur olayları içeriyorsa (Johnstone, 1982), maddenin toplu özelliklerini (Nakhleh ve Krajcik, 1994); aynı zamanda atom ve moleküllerin sayılarını, maddenin atomik yapısını ya da bağlanma teorisini içeriyorsa (Johnstone, 1982) öğrencilerin yazdıkları bu kategoride incelenmiştir.	*NaCl suda çözünür (MAS). Kristal halde bağlı olan Na ve Cl atomları su molekülleri tarafından çözünüyor. Su molekülleri nötr elektrik yüküdür fakat bu moleküllerin geometrik yapısından dolayı kutupsal(polar) özellik gösterir. Bu sayede $Na^+$ ve $Cl^-$ iyonları su moleküllerinin uyguladığı güçlü çekim altında kristal yapısı bozunur (MİS).
	(MAS-MİS-SES)	Öğrenci laboratuvar raporunda yazılan ifadeler, bir konuyu ya da kavramı açıklamak için ifadeler günlük hayatta ya da laboratuvarlarda tecrübe ettiğimiz gözlemlenebilir ve somuttur olayları içeriyorsa (Johnstone, 1982), maddenin toplu özelliklerini (Nakhleh ve Krajcik, 1994); aynı zamanda atom ve moleküllerin sayılarını, maddenin atomik yapısını ya da bağlanma teorisini içeriyorsa (Johnstone, 1982); ve aynı zamanda eşitlik, denklem, diyagram, moleküler düzeydeki çizimler, grafik, formüller ve matematiksel işlemleri içermişse öğrencilerin yazdıkları bu kategoride incelenmiştir.	*Mg metali üzerinde HCl ilave edildiğinde, $MgCl_2$ tuzu oluşmuş ve hidrojen gazı açığa çıkmış (MAS) ve şu tepkime gerçekleşmiştir. $Mg + HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$ (SES). Bu değişim kimyasaldır çünkü başlangıçta asit olan HCl, Mg levha ile tepkime vererek asit özelliğini kaybetmiş ve hidrojen gazı oluşmuştur. Önce levha halinde olan Mg ise Cl ile yeni bağlar oluşturarak $MgCl_2$ tuzunu oluşturmuştur. Tepkime sonunda yeni maddeler oluşmuştur ve eski haline döndürülemez. Her madde kimlik özelliğini kaybetmiştir (MİS).

Yapılan analizler sonucunda ortaya çıkan sonuçlar, bulgular kısmında iddialar şeklinde verilmiştir. İddialar, yapılan birkaç basamaktan sonra ortaya konulmuştur. İlk olarak öğrencilerin her bir deneyi baştan sona okunmuştur. İkinci adımda, gösterimler kodlanmış (örneğin, MAS, MİS, SYM, MAS-SYM, MAS-MİS-SYM vs.) ve sayılmıştır. Yapılan ilk analizlerde, öğrencilerin başlangıç soruları ve iddia kısımlarında çok fazla gösterim kullanmadıkları belirlenmiştir. Bu yüzden analizlerde, ATBÖ öğrenci şablonundaki yöntem, veri, kanıt ve yansıtma kısımlarındaki gösterimler dikkate alınmıştır. Üçüncü adımda, tablolar ve yüzdeler oluşturulmuştur. Dördüncü adımda, “örüntü oluşturma, değişkenler arasındaki ilişkileri belirleme ve bir dizi kanıt inşa” etme taktikleri kullanılarak iddialar geliştirilmiştir (Miles, Huberman ve Saldana, 2013).

## Süreç

Çalışma, Genel Kimya dersi kapsamında 4 hafta boyunca haftada 2 saat olacak şekilde yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan sanal kimya laboratuvarı, bu programı tasarlayan bilim insanlarından (Tatlı ve Ayas, 2013) izin alınarak kullanılmıştır. Çalışmanın başlangıcında öğrencilere ATBÖ yaklaşımı ve bu yaklaşımın öğrenci formatı ile ilgili bilgi verilmiştir. Bu bağlamda öğrencilere öncelikle öğrenci şablonu açıklanmış sonrasında ise kimya dersi ile ilgili olmayan bir konuda etkinlik yaptırılmıştır (Burke, Greenbowe ve Hand, 2005). Sonrasında ise ATBÖ yaklaşımı kullanılarak hazırlanmış bir öğrenci rapor örneği öğrencilere sunulmuştur.

Her bir uygulama, Tablo 4'te gösterildiği gibi laboratuvar öncesi, laboratuvar esnası ve laboratuvar sonrası etkinliklerini içermektedir. Sınıfa gelmeden önce, öğretmen adaylarının başlangıç sorularını, bu sorulara cevap bulabilmek için yöntem kısmını belirlemeleri ve ön kavram haritalarını çizmeleri gerekmektedir. Sınıfa geldiklerinde ise öğretmen adayları başlangıç sorularını ve yöntemi grup üyeleriyle tartışmaktadır. Öğrencilere kullanacakları malzemelerin listesi verilerek deneylerini dizayn etmeleri istenmektedir. Sonrasında sanal kimya laboratuvarını kullanarak deneylerini yapmaları ve verilerini kaydetmeleri beklenmektedir. Bu bağlamda, öğrenciler sanal kimya laboratuvarını kullanarak gözlemlerini yapmakta ve verilerini ATBÖ raporlarına kaydetmektedir. Sonrasında ise öğrencilerden iddialarını yapmaları ve iddialarını destekleyecek kanıtlarını üretmeleri beklenmektedir (Hand ve diğerleri, 2017). Bu bağlamda, öğrencilerin verilerini gerekçelendirerek kanıtlarını oluşturmaları gerekmektedir. Bu esnada, öğretmen adayları küçük grup ve sınıf tartışmaları yapmakta, laboratuvar etkinlikleriyle argümanlarını ve öğrenme amaçlı yazma etkinlikleriyle kendi anlamalarını oluşturmaktadır. Öğrencilerden laboratuvar etkinliklerini bitirdikten sonra en az üç farklı kaynağı (İnternet, ders kitapları vs) kullanarak kendi fikirlerini bu kaynaktaki bilgilerle karşılaştırmaları, açıklamaları, iddia ve kanıtlarını desteklemeleri ya da çürütmeleri istenmektedir. Ayrıca, öğrencilerden son kavram haritalarını inşa etmeleri beklenmektedir. Bütün bu süreç boyunca, öğretmen adaylarına çoklu gösterimleri metin içerisinde nasıl kullanacakları ya da nasıl yerleştirecekleri hakkında herhangi bir bilgi verilmemiştir.

**Tablo 4.** ATBÖ öğrenci şablonu ve laboratuvar öncesi, laboratuvar esnası ve laboratuvar sonrasında öğrenciden istenenler

Laboratuvar etkinliklerinin zaman çizelgesi	ATBÖ Şablonu	Öğrenci	Öğrenciden istenenler
Laboratuvar Öncesi	1.Başlangıç soruları (bireysel) 2.Yöntem (bireysel)	Öğrenciler, a) Bireysel başlangıç soruları hazırlar. b) Başlangıç sorularına cevap bulabilmek için yöntem araştırır. c) Yöntem için alınması gereken önlemleri belirler. d) Ön kavram haritasını çizer.	
Laboratuvar Esnası	1.Başlangıç soruları (grup) 2.Yöntem (grup) 3.Gözlemler-Ne gördüm? 4.İddialar- Ne iddia edebilirim? 5.Kanıt-Nasıl bilebilirim? Neden bu tür iddialarda bulunuyorum?	Öğrenciler, a) Tahtaya araştırmak istedikleri soruları yazar. b) Sınıfça hangi soruların inceleneceği tartışır. c) Öğrenciler, sorularını test edebilmek için nasıl bir yol izleyeceklerine karar verir. Öğrenciler, a) Veri toplamak ve deney yapmak için gruplara ayrılır. b) Bağımlı ve bağımsız değişkenleri içeren grup ve sınıf tablosu hazırlar. c) Verileri analiz etmek için örüntü ve anormalliklere bakar. d) Verilerde anormallik varsa deneyi tekrar uygular. e) Grafikler oluşturur ve sonuçları yorumlar.	
Laboratuvar sonrası	6.Okuma/karşılaştıra-Benim fikirlerim diğer	Öğrenciler, a) En az üç kaynak (örneğin, İnternet, ders kitapları, makaleleri vs) kullanarak laboratuvarda öğrendikleri bilgileri, iddia ve kanıtları açıklar, doğrular ya da çürütür. b)	

fikirlerle nasıl kıyaslanabilir?	nasıl	ATBÖ şablonunu kullanarak laboratuvar raporlarını tamamlar. c) Son kavram haritasını çizer.
7.Yansıtma-Benim fikirlerim nasıl değişti?	nasıl	

Tablo 4'te de görüldüğü gibi, ATBÖ raporları laboratuvar etkinlik öncesi, esnası ve sonrası olmak üzere üç aşamada hazırlanmıştır. Bu bağlamda, ön kavram haritaları ve bireysel başlangıç soruları derse gelmeden önce hazırlanırken, sınıf başlangıç soruları, yöntem, gözlem, iddia ve kanıt kısımları ders esnasında hazırlanmıştır. En az üç kaynaktan okuma ve yansıtma kısımları ve son kavram haritaları ise ders bittikten sonraki zamanda tamamlanmıştır. Ayrıca, uygulamalar esnasında grup çalışması yapılmasına rağmen, laboratuvar raporları bireysel olarak hazırlanmıştır.

## BULGULAR

Bu kısımda, sınıf öğretmen adaylarının çoklu gösterimleri kullanma durumları yazılı argümanlarının incelenmesinin ardından üç iddia olarak belirlenmiştir.

### İddia 1. Sembolik Seviye Öğrencilerin Raporlarında Önemli Bir Role Sahiptir

Öğrencilerin tüm laboratuvar raporlarındaki çoklu gösterimler incelediğinde, Tablo 5'te görüldüğü gibi, öğrencilerin makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyedeki gösterimler arasında en fazla sembolik seviyeyi kullandıkları görülmektedir. Tablo incelendiğinde, tekli gösterimler arasında, öğrencilerin sembolik seviyeyi %52, makroskobik seviyeyi %47 ve mikroskobik seviyeyi %0,6 olarak kullandıkları tespit edilmiştir. İkili gösterimler incelendiğinde, gösterimlerin büyük bir çoğunluğunun makroskobik-sembolik seviyedeki (%97) ikili gösterimlerden oluştuğu görülmektedir. Aynı şekilde, üçlü gösterimlere bakıldığında öğrencilerin makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyedeki gösterimleri bağlantılı olarak kullandıkları anlaşılmaktadır. Elde edilen bulgulardan yola çıkarak, sembolik seviyenin bu gösterimler arasında referans noktası olarak görülebileceği ve bu seviyenin makroskobik ve mikroskobik gösterimleri bağlantılı olarak kullanmada önemli olduğu söylenebilir.

**Tablo 5.** Çoklu gösterimlerin laboratuvar raporlarındaki kısımlara ayrılması

ATBÖ Basamakları (N=2164)	TEKLİ GÖSTERİM (N=508)			İKİLİ GÖSTERİM (N=1100)		ÜÇLÜ GÖSTERİM (N=522)
	MAS (N=241) (%47)	MİS (N=3) (%0,6)	SES (N=264) (%52)	MAS-SES (N=1066) (%97)	MAS-MİS (N=34) (%3)	MAS-MİS-SES (N=522) (%100)
YÖNTEM (N=370) (% 17,1)	86 (%35,6)	0 (%0)	25 (%9,5)	257 (%24)	0 (%0)	2 (%0,38)
GÖZLEM (N=707) (% 32,7)	34 (% 14,1)	0 (%0)	154 (%58,3)	373 (% 34)	2 (%5,8)	144 (%27,6)
KANIT (N=630) (% 29,1)	68 (%28,2)	0 (%0)	70 (%26,5)	280 (% 26)	11 (% 32,4)	201 (% 38,5)
YANSITMA (N=457) (% 21,1)	53 (%21,9)	3 (%100)	15 (%5,6)	190 (% 17)	21 (% 61,7)	175 (% 33,5)

### İddia 2. Sembolik Seviye, Makroskobik ve Mikroskobik Gösterimler Arasında Bir Köprü Görevi Görmektedir

Tablo 6’da görüldüğü gibi, öğrenciler gözlemlenebilir olayları (makroskobik seviye), ya kimyasal denklemlerle, çizimlerle ya da kimyasal sembollerle birleştirmişlerdir.

**Tablo 6.** Öğretmen adaylarının içerik olarak gösterimleri kullanma durumları

Tekli Gösterimler			İkili Gösterimler		Üçlü Gösterimler
MAS	MİS	SES	MAS-SES	MAS-MİS	MAS-MİS-SES
*Gaz çıkışı	*İyonlar, atomlar ya da moleküller ile ilgili açıklama	*Denklemler *Maddelerin kimyasal gösterimleri *Grafikler *Makroskobik ve mikroskobik düzeydeki çizimler	*[Kimyasal reaksiyonlarda renk değişimi ya da gaz oluşumu meydana gelmesi (MAS)-kimyasal denklemler (SES)] *[Reaksiyonun moleküler düzeydeki çizimi (SES)- çizimin açıklanması (MAS)]	*[Kimyasal reaksiyonlarda renk değişimi ya da gaz oluşumu ya da çökelek meydana gelmesi (MAS)-bağların nasıl oluştuğu ya da elektronların, molekülün nasıl hareket ettiği ile ilgili açıklama (MİS)]	*Renk değişimi (MAS)-kimyasal denklemler (SES)- renk değişiminin nasıl olduğunu moleküler düzeyde açıklama (MİS) *Gaz oluşumu, renk değişimi ya da çökelek oluşumu (MAS)-moleküler ya da makroskobik düzeydeki çizimler (SES)- çizimlerdeki elektronların ya da molekülün nasıl hareket ettiği ile ilgili açıklama (MİS)

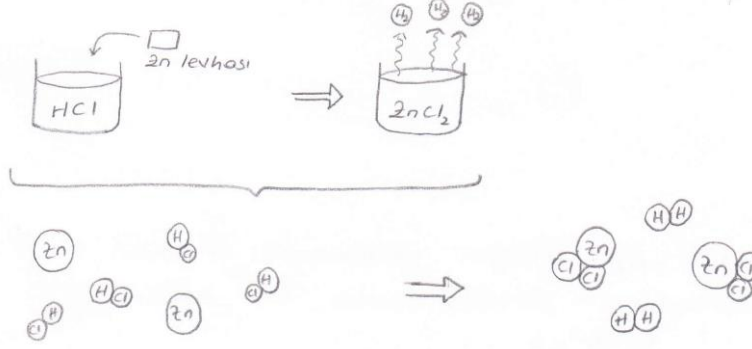
Öğrencilerin makroskobik ve sembolik seviyedeki gösterimleri birbirine nasıl bağlantılı olarak yazdıkları incelendiğinde öğrencilerin sembolik seviyedeki olayı yazdığı sonrasında ise bu olayı açıklayabilmek için makroskobik seviyedeki olayları kullandıkları görülmektedir. Örneğin, Şekil 3’te, kimyasal reaksiyonlarla ilgili bir deneyde, öğrenci öncelikle Zn metali ile HCl arasında gerçekleşen reaksiyonun kimyasal denklemini yazmış ya da moleküler boyuttaki gösterimlerini çizmiştir (SES). Zn metali ile HCl arasında gerçekleşen reaksiyon sonucunda hidrojen gazının açığa çıktığını ve Zn metalinin bir süre sonra bittiğini gözlemlemiştir (MAS). Bu olayı ise kimyasal bir olay olarak nitelendirmiştir. Ayrıca, Şekil 3’te Ö41 kodlu öğrencinin kullandığı çoklu gösterim incelendiğinde, öğrencinin sanal kimya laboratuvarında gösterilen gösterimleri olduğu gibi raporuna geçirmediği söylenebilir. Çünkü, Tablo 2 incelendiğinde, Zn metalinin HCl ile etkileşmesi etkinliğinde makroskobik, mikroskobik ve sembolik (MAS-MİS-SES) seviyedeki gösterimler birbiriyle bağlantılı olarak gösterilirken, Ö41 kodlu öğrenci, gözlem kısmında sadece makroskobik ve sembolik (MAS-SES) seviyedeki gösterimleri birbiriyle bağlantılı olarak laboratuvar raporunda göstermiştir.



Deney 18



Zn levhası ve HCl birleşiminde H<sub>2</sub> gazı çıkıyor. Birleşimde yeni bir bileşik oluşmuştur. Bu bize kimyasal değişim olduğunu gösterir.



**ŞEKİL 3.** Ö41 kodlu öğrencinin gözlem kısmında kullandığı MAS-SES seviye örneği

Öğrenciler, kimyasal reaksiyonların sınıflandırılması deneylerinde (örneğin çözünme çökeltme deneyinde), şeffaf renkteki potasyum iyodür (KI) ile kurşun (II) nitrat (Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) reaksiyonu sonucunda sarı renkli kurşun (II) iyodür (PbI<sub>2</sub>) çökeleğinin meydana geldiğini (MAS) ve bu reaksiyonun kimyasal eşitliğini yazmıştır (SES). Burada öğrencilerin, sembolik seviyedeki gösterimleri makroskobik seviyedeki gösterimleri açıklamak için kullandıkları anlaşılmaktadır. Şekil 4'te Ö5 kodlu öğrencinin cevabı örnek olarak sunulmuştur.

Yaptığımız bir diğer deneyde ise 6 tane beher içine FeCl<sub>2</sub> (aq), Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (aq), K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> (aq), NaOH (aq), KI (aq) ve AgNO<sub>3</sub> (aq) üsteltilei koyduk. Bu üsteltilei arasından yaptığımız Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (aq) üsteltileini birini diğerinin içine dökerek üsteltilei karıştırarak Sarıya tır. KI (aq) side reaksiye olan sıvı karıştıktan sonra sarı renkli bir sıvı oluştu. Tepkimeye bakacak olursak;

$$Pb(NO_3)_2(aq) + KI(aq) \rightarrow PbI_2(k) + KNO_3(aq)$$

(Pb<sup>2+</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) + (K<sup>+</sup> + I<sup>-</sup>) → (Pb<sup>2+</sup> + I<sup>-</sup>) + (K<sup>+</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

→ tepkime yönünde bir değişiklik olmadığı için indirgenme - yükseltgenme tep. değildir.

→ Sarı renkli bir çökelek oluştu.

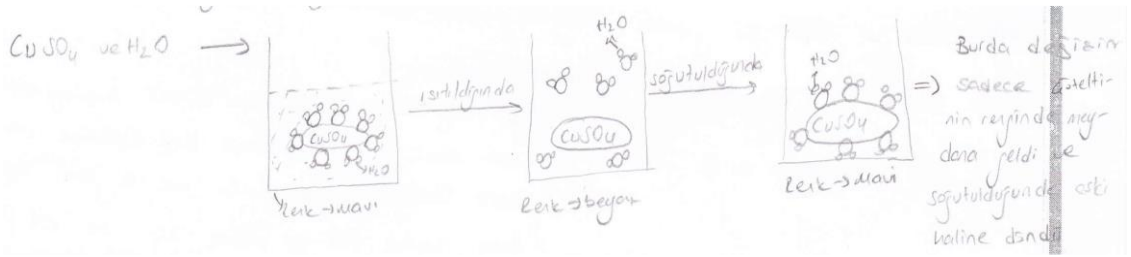
BU olaylara bakılarak aşınma - çökeltme tepkimesi gerçekleşmiştir denir.

NOT Bu durumu veren altı üsteltilei arasında yaptığımız herhangi iki üsteltilei arasında gerçekleştirilebilir.

**ŞEKİL 4.** Ö5 kodlu öğrencinin gözlem kısmında kullandığı MAS-SES seviye örneği

Öğrencilerin makroskobik, sembolik ve mikroskobik seviyedeki gösterimleri birbirlerine nasıl bağlantılı bir şekilde yazdıkları incelendiğinde, öncelikle makroskobik seviyedeki (renk değişimi, gaz çıkışı, çökelek oluşumu vs.) olayı yazdıkları sonrasında bununla ilgili bir çizim, denklem, grafik ya da maddelerin formüllerini kullanarak sembolik seviyedeki gösterimleri kullandıkları görülmektedir. Sonrasında ise bu sembolik seviyedeki gösterimlerin mikroskobik

seviyede nasıl gerçekleştiğini, atomları, elektronları ya da molekülleri kullanarak açıklamaya çalışmışlardır. Örneğin, Şekil 5'te görüldüğü gibi, fiziksel değişimlerle ilgili bir deneyde, öğrenciler mavi renkli bakır (II) sülfat pentahidrat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) maddesini ısıtmış ve renginin beyaza döndüğünü kayıt etmiştir (MAS). Sonrasında soğumaya bırakmışlar ve beherglası çalkalamışlardır. Bu esnada renginin tekrar maviye döndüğü gözlemlemişlerdir. Öğrenciler, makroskobik seviyede gözledikleri bu olayları kaydetmiş, sonrasında ise bununla ilgili çizimleri, maddelerin sembollerini kullanarak yazmışlardır (SES). Öğrenciler, olayın nasıl gerçekleştiğini açıklamak için, bakır (II) sülfat pentahidrat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) maddesindeki su moleküllerinin ısıtma esnasında ortamdan uzaklaştığını, su molekülleri ile bakır (II) sülfat ( $\text{CuSO}_4$ ) arasındaki bağların koptuğunu (MİS) ve mesafenin arttığını, renginin bu sebeple beyaza döndüğünü (MAS), bakır (II) sülfat ( $\text{CuSO}_4$ )'ın nem çekici özelliğinden dolayı maddenin beherglas içinde sallanması esnasında havanın nemini çekerek tekrar mavi rengine döndüğü ifade etmiştir. Ayrıca, öğrenciler, bu olayın maddenin sadece dış görünüşünde bir değişim meydana getirdiği için fiziksel bir tepkime olduğunu ifade etmiştir. Şekil 5'te Ö5 kodlu öğrencinin verdiği cevap yer almaktadır. Ö5 kodlu öğrencinin, Şekil 4 ve Şekil 5'teki gösterimleri incelendiğinde, çözünme-çökme ve  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  bileşiğinin ısıtılması etkinliklerinde sanal kimya laboratuvarındaki gösterimleri kullandığı söylenebilir. Çünkü, Tablo 2'de de açıklandığı gibi, sanal kimya laboratuvarında çözünme-çökme etkinliğinde makroskobik ve sembolik seviyedeki gösterimler birbirleriyle bağlantılı (MAS-SES) olarak gösterilirken,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  bileşiğinin ısıtılması etkinliğinde makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyedeki gösterimler birbiriyle bağlantılı (MAS-MİS-SES) olarak gösterilmiştir. Ö5 kodlu öğrenci ise çözünme çökme etkinliğinde makroskobik ve sembolik seviyedeki gösterimleri bağlantılı olarak kullanırken (MAS-SES),  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  bileşiğinin ısıtılması etkinliğinde makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyedeki gösterimleri bağlantılı olarak kullanmıştır (MAS-MİS-SES).



⇒  $\text{CuSO}_4$  ve  $\text{H}_2\text{O}$  bir beher içerisinde karıştırılıp ısıtılmaya başlıyor. Karıştırıldığında rengi mavi olan sıvı ısıtıldıkça beyazlıyor. Bu olay kimyasal bir olay gibi görünse de beher içerisindeki kristal soğuyunca tekrar mavi rengine dönüşüyor. Olay mikro düzeyde incelendiğinde ısıtılmayla  $\text{CuSO}_4$  etrafına bağlı olarak bulunan  $\text{H}_2\text{O}$ 'ların bağlarının koptuğu ve aradaki mesafenin artmasından sıvının renginde bir değişiklik meydana geldiği sıvı soğuduktan sonrasında mesafe oluşan  $\text{CuSO}_4$  ve  $\text{H}_2\text{O}$  arasında tekrar bağlar kurulur ve tepkime başlatıcı haline dönüşür. Yani burada tepkime hiçbir zaman kendi şelliğini kaybetmemiş sadece fiziksel görünüşünde bir değişim meydana gelmiştir.

#### ŞEKİL 5. Ö5 kodlu öğrencinin kanıt kısmında kullandığı MAS-MİS-SES seviye örneği

Başka bir deneyde, yükseltgenme indirgenme etkinliğinde, Şekil 6'da görüldüğü gibi öğrenci deney ile ilgili çizimleri yapmış ve deney denklemini yazmıştır (SES). Çam ağacının üzerinde gümüş (Ag) biriktiği için renginin griye döndüğünü belirtmiştir (MAS). Sonrasında ise kimyasal denklemde bakırın (Cu) 2 elektron vererek yükselttiğini ve gümüşün (Ag) 1 elektron alarak indirgenmesini ifade etmiştir. Meydana gelen bu elektron alışverişinden (MİS) dolayı bu tepkimenin bir yükseltgenme indirgenme tepkimesi olduğu ifade edilmiştir. Ö29 kodlu öğrencinin yükseltgenme indirgenme etkinliğindeki gösterimleri incelendiğinde, öğrencinin sanal kimya laboratuvarında gösterilen gösterimleri olduğu gibi kullanmadığı, bu gösterimlerin ötesine geçtiği söylenebilir. Çünkü, bu etkinlikte sanal kimya laboratuvarında makroskobik ve



## TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, sınıf öğretmen adaylarının yazılı argümanları incelenerek onların makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyedeki gösterimleri nasıl kullandıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda öğrencilerin gösterimler arasında sembolik seviyeyi ağırlıklı olarak kullandıkları ve sembolik seviyenin diğer gösterimlerle bağlantılı olarak kullanmada anahtar bir role sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, öğrencilerin kanıt ve yansıtma kısımlarında daha çok bağlantılı gösterimler kullandıkları ortaya çıkmıştır.

Kimya, gösterimlere dayalı ve sembolik bir disiplindir (Kozma ve Russell, 1997). Buna karşın yapılan çalışmalar öğrencilerin kimya kavramlarını makroskobik seviyede yapılandırmaya ya da açıklamaya daha meyilli olduğunu göstermektedir (Hinton ve Nakhleh, 1999; Jaber ve Boujaoude, 2012; Nakhleh ve Krajcik, 1994). Bu bağlamda, bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatürü desteklememektedir. Aslında, ortaya çıkan sonuç kimyanın sembolik yapısı düşüldüğünde çok şaşırtıcı bir durum değildir; çünkü, kimyanın sembolik yapısı öğretmenlerin ve bilim insanlarının olayları ve olguları başkalarıyla tartışmada ve iletişime geçmede kullandıkları temel bir dildir (Kozma ve Russell, 1997; Taber, 2009). ATBÖ yaklaşımı, öğrencilerin fen konularıyla ilgili kavramsal anlamalarını yapılandırırken bütün gösterimsel formlarda dilin kullanımını vurgulayan bir yaklaşımdır (Hand, Park, Suh ve Bae, 2017) ve bu yaklaşımda dilsiz bir bilimin olmayacağı vurgulanmaktadır (Norris ve Phillips, 2003). Bu bağlamda, ATBÖ yaklaşımdaki öğrenme ortamı öğrencilerin sembolik dili öğrenme ve kullanmasına yardımcı olmuş olabilir.

Çalışmada ortaya çıkan diğer bir sonuç, öğrencilerin sembolik seviyedeki gösterimleri makroskobik ve mikroskobik seviyedeki gösterimler arasında bir köprü olarak kullandıklarıdır. Bu bağlamda öğrenciler öncelikle makroskobik seviyedeki olayları sembolik seviye ile ilişkilendirmişler sonrasında ise mikroskobik düzeyde açıklama yapmışlardır. İlgili alan yazın incelendiğinde, sembolik seviyenin mikroskobik ve makroskobik seviye arasında bir arabuluculuk görevi yapabileceğinden bahsedilmektedir (Taber, 2009; 2013). Bu bağlamda, sembolik seviyenin açıklanmasındaki belirsizliğin (sembollerin hem makroskobik hem de mikroskobik seviyede açıklanabileceği) buna sebebiyet vereceğinden bahsedilmiştir (Taber, 2009). Başka bir ifadeyle, bir kimyasal denklem hem makroskobik seviyede hem de mikroskobik seviyede açıklanabilmektedir. Örneğin,  $Mg(k) + HCl(aq) \rightarrow MgCl_{2(k)} + H_2(g)$  kimyasal denklemini yazarak öğrenciler makroskobik seviyede görebilecekleri reaksiyonu direk olarak mikroskobik seviye sayılan molekül ya da diğer parçacıklara (iyon vs) bağlantılayabilmektedir. Bu durumda sembolik seviye, bir orta seviye olarak maddeler ve parçacıklar arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Taber, 2009). Yapılan bu çalışmada öğrenciler, kimyanın temel prensiplerini kullanarak sembolik seviyedeki denklemleri, grafikleri, çizimleri açıklamaya ve yorumlaya çalışmışlardır. Buna göre öğrenciler bu açıklamaları ve yorumlamaları yaparken makroskobik ve mikroskobik seviyedeki olayları birbirine bağlantılı yazmış olabilirler.

Çalışmada ortaya çıkan diğer bir sonuç ise öğrencilerin gözlem aşamasında daha çok tekli ya da ikili gösterim kullanmalarına rağmen, kanıt ve yansıtma kısımlarında daha çok üçlü gösterim kullandıklarıdır. Buna göre öğrenciler kanıt ve yansıtma kısımlarında daha çok bağlantılı gösterim kullanmışlardır. Yapılan çalışmalar, çoklu gösterimlerin öğrencilerin iddialarını kanıtlamak isterken önemli bir role sahip olduklarını, çoklu gösterimleri kanıt kısmında kullanan öğrencilerin iddialarını kanıtlamak için daha güçlü bağlantı ve daha kapsamlı yazılı argüman yaptıklarını ortaya çıkarmıştır. (Hand ve Choi, 2013). Kozma ve Russell (1997), çoklu gösterim becerilerini geliştirmek için, çoklu gösterimleri üretmelerini veya verilen bir dizi gösterim arasından seçmelerini ya da gösterimleri iddialarını kanıtlarken kullanılmasını önermektedir. Ayrıca, konuşma ve yazma etkinliklerinin müfredata eklenmesi önerilmiştir (Kozma ve Russell, 1997). ATBÖ yaklaşımında, öğrencilerden başlangıç soruları, iddiaları ve kanıtlarını birbiriyle bağlantılı olarak kullanmaları, kanıt ve yansıtma kısmında mantıklı açıklamalar yapmaları beklenmektedir. Bu bağlamda, ATBÖ yaklaşımı öğrencilere çoklu gösterimlerini geliştirmek için bir fırsat sunmuş olabilir çünkü öğrenciler gözlem kısmında yazmış oldukları gösterimlerin hepsini kanıt ya da yansıtma kullanmamıştır. Bu durum öğrencilerin gösterimleri seçtiğini ortaya koymuş olabilir. Ayrıca, bu yaklaşımda öğrencilerden



kanıt ve yansıtma kısımlarında düzgün Türkçe kullanarak mantıklı açıklama yapmaları beklenmektedir. Bu bağlamda, mantıklı açıklama yaparken kullandıkları dil farklı gösterimleri bir arada tutan bir tutkal görevi yapmış olabilir (Kozma ve Russell, 1997). Ayrıca, Ardaç ve Akaygun'un (2004) ifade ettiği gibi öğrencilerin gösterimleri açıklayabileceği ve farklı seviyedeki gösterimleri birleştirebileceği bir yansıtma kısmının olması, öğrencilerin bu gösterimleri birbirleriyle ilişkilendirmesine yardımcı olmuş olabilir.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular sonucunda, öğrencilerin sembolik seviyedeki gösterimleri açıklamaları ve yorumlamaları konusunda cesaretlendirilmeleri, çoklu gösterimleri birbirleriyle daha bağlantılı kullanmaları için öğrencilerin bu gösterimleri iddia ve kanıtlarına destek amaçlı olarak kullanmaları ve bu gösterimlerin anlamlarını yansıtma konusunda cesaretlendirilmeleri önerilmektedir. Ayrıca, farklı seviyedeki öğrencilerin (alt, üst ve orta) argümanlarının kalitesiyle çoklu gösterimleri kullanmaları arasında herhangi bir ilişki olup olmadığı araştırılabilir. Öğrencilerin yazma ve konuşmalarında argümanlarının kalitesi ve gösterimsel uzmanlıkları arasında herhangi bir ilişki olup olmadığı araştırılabilir. Bunlar arasında herhangi bir ilişki varsa hangi açılardan yazma ve konuşmanın, argümanın oluşmasını ve gösterimsel uzmanlığı desteklediği araştırılabilir. Ayrıca, öğrencilerin kavramsal anlamları, argümanlarının inşası ve gösterimsel uzmanlık arasında herhangi bir bağlantı olup olmadığı da araştırılabilir. Son olarak, sanal kimya laboratuvarında kullanılan makroskobik, mikroskobik ve sembolik seviyedeki gösterimlerin ne kadarını öğrencilerin raporlarında kullandıkları ve ne kadarını kendilerinin ürettikleri araştırılabilir. Böylelikle sanal kimya laboratuvarındaki gösterimlerin öğrencilerin gösterimleri kullanma üzerindeki etkileri incelenebilir.

## KAYNAKÇA

- Acar Sesen., & Tarhan, L. (2013). Inquiry-based laboratory activities in Electrochemistry: High school students' achievements and attitudes. *Research in Science Education*, 43, 413-415.
- Ardac, D., & Akaygun S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 317-337.
- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2008). An evaluation of a teaching intervention to promote students' ability to use multiple levels of representation when describing and explaining chemical reactions. *Research in Science Education*, 38(2), 237- 248.
- Chittleborough, G. (2014). The development of theoretical frameworks for understanding the learning of chemistry. In I. Devetak and S. A. Glazar (Eds.), *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom* (25-40). The Netherlands: Springer.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554.
- Gilbert, J. K., & D. F. Treagust. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. In J. Gilbert, D. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (1-10). The Netherlands: Springer.
- Gunel, M., Kabatas-Memis, E., & Buyukkasap, E. (2010). Effects of the science writing heuristic approach on primary school students' science achievement and attitude toward science course. *Education & Science*, 35 (155), 49-62.
- Hand, B., & Choi, A. (2010). Examining the impact of student use of multiple modal representations in constructing arguments in organic chemistry laboratory classes. *Research in Science Education*, 40(1), 29-44.
- Hand, B., Park, S., Kyung Suh, J., & Bae, Y. (2017). Teacher orientation as a critical factor in promoting science literacy, European Science Education Research Association, Dublin City University, Dublin, Ireland, 21-25 August.
- Hand, B., Wallace, C. W. & Yang, E. (2004). Using a science writing heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh-grade science: Quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, 26(2), 131-149.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.



- 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. (1982). Macro- and microchemistry. *School Science Review*, 64, 377–379.
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1065-1081.
- Kingir, S., Geban, O., & Gunel, M. (2013). Using the science writing heuristic approach to enhance student understanding in chemical change and mixture. *Research in Science Education*, 43, 1645–1663.
- Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 949–968.
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching* (pp. 94–127). New York: Macmillan.
- Merriam, S. B. (2009). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2013) *Qualitative data analysis: A methods sourcebook*. Sage. Los Angeles.
- Nakhleh, M. & Krajcik, J.S. (1994) Influence of levels of information as presented by different technologies on students' understanding of acid, base, and PH concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1077–1096.
- Norris, S.P. & Phillips, L.M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87, 224–240.
- Taber, K. (2009). Learning at the Symbolic Level. In J. Gilbert, D. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (75-105). The Netherlands: Springer.
- Taber, K. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 156-168.
- Talanquer, V. (2011), Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195.
- Tatli, Z. (2011). *Development, application and evaluation of virtual chemistry laboratory experiments for chemical changes unit at secondary school 9 th grade curriculum*. PhD thesis, Karadeniz Technical University, Turkey.
- Tatli, Z., & Ayas, A. (2013). Effect of a virtual chemistry laboratory on students' achievement. *Educational Technology & Society*, 16 (1), 159–170.
- Treagust, D. F., & A. Chandrasegaran. (2009). The efficacy of an alternative instructional programme designed to enhance secondary students' competence in the triplet relationship. In J. Gilbert, D. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (151-168). The Netherlands: Springer.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25, 1353–1368.
- Winn, W., & Jackson, R. (1999). Fourteen propositions about educational uses of virtual reality. *Educational Technology*, 39, 4, 5-14.