



The Impact of Animations, Models, and Seven Principles Applied Together with Cooperative Learning on Conceptual Understanding of Chemistry *

Mustafa ALYAR^{a*} (ORCID ID - 0000-0003-3774-353X)

Kemal DOYMUŞ^b (ORCID ID - 0000-0002-0578-5623)

^aÇukurova University, Faculty of Education, Adana/Türkiye

^bAtatürk University, Kâzım Karabekir Faculty of Education, Erzurum/Türkiye



Article Info

DOI: 10.14812/cufej.1029854

Article history:

Received 29.11.2021
Revised 13.05.2022
Accepted 21.07.2022

Keywords:

Cooperative Learning,
Animation,
Model,
Seven Principles,
Conceptual Understanding.

Abstract

Chemistry is a discipline that is conceptually difficult to understand due to the number of abstract concepts it contains. Therefore, understanding abstract concepts is one of the most crucial steps in the process of learning chemistry. The present study aimed to explore the effect of application of cooperative learning through animations, models (play dough and stick-ball), and seven principles (seven principles for good practice to improve the quality of undergraduate education) on the conceptual understanding of chemistry. The sample of the study consisted of 91 first-year pre-service science teachers enrolled in a teacher education program in Turkey. A quasi-experimental design with non-equivalent pretest-posttest comparison groups was used in the study. The students were assigned into four groups. The applications included cooperative learning in the first group, cooperative learning and seven principles in the second group, cooperative learning and animation in the third group, and cooperative learning and models in the fourth group. Four Module Tests were used for data collection. In order to explore the effects of applied methods and techniques on conceptual understanding, Module Tests were applied as both pretest and posttest. The results of the study showed that applying cooperative learning with the seven principles and cooperative learning with models has a greater impact on the conceptual understanding of chemistry compared to other applications.

Research Article

İşbirlikli Öğrenme İle Birlikte Uygulanan Animasyonların, Modellerin ve Yedi İlke'nin Kimyanın Kavramsal Anlaşılmasına Etkisi

Makale Bilgisi

DOI: 10.14812/cufej.1029854

Makale Geçmişi:

Geliş 29.11.2021
Düzeltilme 13.05.2022
Kabul 21.07.2022

Anahtar Kelimeler:

İşbirlikli Öğrenme,
Animasyon,
Model,
Yedi İlke,
Kavramsal Anlama.

Araştırma Makalesi

Öz

Kimya, içerdiği soyut kavramlar sebebiyle anlaşılması zor bir disiplindir. Bu yüzden soyut yapıların anlaşılması kimyanın öğrenilmesinde oldukça önemlidir. Bu sebeple bu araştırma, işbirlikli öğrenmenin animasyonlar, modeller (oyun hamuru ve çubuk-top) ve yedi ilke (lisans eğitiminde niteliği arttırmak amacıyla ileri sürülen iyi bir eğitim için yedi ilke) ile uygulanmasının kimyanın kavramsal anlaşılmasına etkisini incelemektedir. Araştırma eşitlenmiş karşılaştırma gruplu yarı-deneysel desene göre yürütülmüştür. Araştırmanın örneklemini 91 fen bilgisi öğretmenliği birinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Öğrenciler dört farklı deney grubuna ayrılmıştır. Birinci grupta işbirlikli öğrenme, ikinci grupta işbirlikli öğrenme ve yedi ilke, üçüncü grupta işbirlikli öğrenme ve animasyon, dördüncü grupta ise işbirlikli öğrenme ve modellerle uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Veriler dört Modül Test ile toplanmıştır. Modül Testler, araştırmada uygulanan yöntem ve tekniklerin kavramsal anlamaya etkisini belirlemek amacıyla ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre işbirlikli öğrenmenin yedi ilke ve işbirlikli öğrenmenin modeller ile birlikte uygulanmasının kimyanın kavramsal anlaşılmasında daha etkili olduğu sonucuna erişilmiştir.

*The work in this paper, has been supported by Atatürk University Scientific Research Foundation, with the ID:2626 and the project number PRJ2015/413. The paper is also a part of first author's doctoral dissertation under the supervision of the second author.

* Corresponding Author: researcheralyarm@gmail.com

Introduction

The fact that chemistry contains a large number of abstract concepts causes students to develop alternative concepts related to chemistry (Taber, 2019; Zheng & Campbell, 2018). In addition, conceptual understanding of chemistry requires students to have an understanding at the microscopic-macroscopic-symbolic level (Johnstone, 1982). These levels consist of three main categories as; i) microscopic level; microscopic level particles (electrons, atoms, and molecules), ii) macroscopic level; observable reality and iii) symbolic level; and the representation of chemistry-related concepts with graphs, formulas and equations (Johnstone, 1982). A good understanding of chemistry can be achieved by integrating these three dimensions (Allred & Bretz, 2019; Harrison & Treagust, 2000). Therefore, it is of great importance for the students to visualize micro-level events at a macro level (Hoe & Subramaniam, 2016).

Animations are one of the tools used to make microscopic events visible and explain them (Akaygun, 2016; Kelly & Jones, 2007). It has been demonstrated by many studies that visualizing events/situations at the particle level with animations facilitates learning (Al-Balushi et al., 2017; Barak & Hussein-Farraj, 2013; Günersel & Fleming, 2013). Moreover, animations facilitate the transfer of knowledge in students (Barak & Hussein-Farraj, 2013), help students correct their misconceptions at the particle level (Yaseen & Aubusson, 2020) and help them to develop correct mental models (Akaygun, 2016) and increases their interest in the lesson (Günersel & Fleming, 2014).

Models are another tool used for visualization of abstract concepts (Oliva et al., 2015; Samon & Levy, 2017). Many previous studies have shown that models help establish relationships between macroscopic, microscopic and symbolic dimensions (Krell et al., 2015; Wang et al., 2014) and increase conceptual understanding (Abd-El-Khalick, 2012; Adadan, 2014; Kimberlin & Yezierski, 2016).

It is stated in the literature that animations and models should be included in the teaching process through a method to make students active (Yaseen, 2018). Animations and models can be used together with cooperative learning, which is one of the effective active learning methods (Acar & Tarhan, 2007; Karacop & Doymuş, 2013).

In the cooperative learning method, students help each other in the process of learning a subject given to them in small heterogeneous groups, take on the learning responsibilities of themselves and their groupmates, and develop positive interdependence in the group (Abramczyk & Jurkowski, 2020; Costouros, 2020). Jigsaw, Teams-Games-Tournaments, Student Teams Achievement Division and Reading Writing Application (RWA) are among the cooperative learning techniques. The RWA method consists of three stages: reading, writing and application. In the reading stage, students are provided with texts and asked to read them. The main purpose of this stage is to increase the time students use for reasoning. Providing students with texts appropriate for their level is very helpful in supporting their reasoning and expressing the knowledge they have acquired (Schoonen et al., 2010; White & Gustone, 1989). In the writing stage, it is important for students to perform co-writing activities in terms of their comprehension and their skills of being organized and expressing what they have learned. The main purpose of the writing stage is to enable group members to write together what they have learned and produce a group product. Students tend to find many interesting ideas while they present their personal views in such activities (Eshietedoho, 2010; Hohenshell & Hand, 2006). The application stage is for students to use the theoretical knowledge and to learn through a hands-on approach. Previous studies showed that the RWA method is related to an increase in the conceptual understanding and academic achievement of students (Firat, 2014; Okumuş & Doymuş, 2018; Öztürk & Doymuş, 2018).

Continued cooperation outside the classroom is another important component of cooperative learning (Aghajani & Adloo, 2018). It is also possible to apply the method outside of the classroom, with students cooperating outside of the classroom to do activities such as homework and projects (Yorganci, 2020). Integrating out-of-class activities and providing feedback to students when necessary may affect learning in a positive manner and help students complete the tasks on time (Bicen & Taspolat, 2019). The information and communication technologies, which have become widely used, offer various

opportunities for achieving this. Recent developments in information and communication technologies have made it possible to support lessons with tools and activities that are used out of the classroom (Dere et al., 2016). Learning Management Systems (LMS) that is used within the scope of education and training activities is a part of the said technology. As a learning environment, LMSs can enable students to use their skills to cooperate, actively participate in the learning process, and establish an effective communication with their peers and their teachers (Tadesse et al., 2020; Tanis, 2020). Another advantage that LMSs offer is instant feedback to students (Tuapawa, 2017). In line with these possibilities, it is necessary to find the best method that enables the teaching process to be carried out effectively with both in-class and out-of-class activities. In this context, it is claimed that the "seven principles for good practice" (Chickering & Gamson, 1987), which are created to increase the quality of face-to-face undergraduate education (The Ohio Learning Network [NCAT], 2002), help teaching by using both in-class and out-of-class environments (Junco et al., 2011).

The seven principles are as follows: ensuring student-faculty interaction, ensuring cooperation between students, using active learning, providing immediate feedback, completing tasks on time, meeting high-level but attainable expectations, and tolerating different learning styles. The first principle emphasizes that an effective communication with students enhances their motivation (Chickering & Gamson, 1999). Effective communication between students lead them to participate more actively (Tanis, 2020). The second principle draws attention to the importance of establishing cooperation among students. Working with others makes students more engaged and productive (Johnson et al., 1990). The third principle states that active learning is a requirement for a good practice, because it increases participation in the learning process (Sormunen et al., 2020). Since the feedback is a guide for further learning, the fourth principle emphasizes that immediate feedback is a must in a good educational environment (Brown et al., 2016). The fifth principle emphasizes the timely completion of tasks. Time management, which is one of the important components of the learning processes, helps achieving effective learning (Whittle et al., 2019). The sixth principle argues that a good educational environment should encourage attainable expectations (Chickering & Gamson, 1999). The final and seventh principle highlights the importance of being tolerant towards students with different learning styles (Chickering & Gamson, 1999).

Most of the studies on the seven principles in the literature focused on the opinions of undergraduate students, instructors and teachers regarding the seven principles (Bishoff, 2010; Caboni et al., 2002; Tirrel, 2009). There are a limited number of applied studies on the seven principles in the literature. For instance, the study conducted by Junco et al. (2011) on university students showed that seven principles support cooperation among students, meeting high expectations, and good student-faculty interaction. On the other hand, there are very few studies in the literature that aim to find the direct effect of the seven principles on conceptual understanding. Among these studies, a study conducted by Çavdar and Doymuş (2018) and Okumuş and Doymuş (2018) with secondary school students found that using the seven principles with cooperative learning increases conceptual understanding and academic success. In another study conducted by Öztürk and Doymuş (2018), it was concluded that the application of seven principles with cooperative learning and models for undergraduate chemistry courses positively affects conceptual understanding. In the aforementioned studies, it is stated that a better understanding of the abstract concepts is achieved when the seven principles are included in the learning process through practices such as in-class modeling exercises and visual presentations and out-of-class projects. However, the number of studies conducted on "the seven principles" and practices that are suggested to "increase the quality in undergraduate education" are limited. Therefore, it can be said that there is a need for further research to discover the true effect of the seven principles on learning.

In the light of all this knowledge, the present study aims to address the following question: What is the effect of applying cooperative learning with animations, models and the seven principles on learning?

Method

Study Design

A quasi-experimental design with non-equivalent pretest-posttest comparison groups (McMillan & Schumacher, 2010) was used in the present study, to test the cause and effect relationship between the independent variable and the dependent variables.

Sampling

The study was conducted with 91 (69 female, 22 male) freshmen students in the science teaching program at a state university in Turkey in the spring semester of the 2016-2017 academic year. Convenience sampling, a non-random sampling method, was used to create the sample. In this method, the sample is selected from easily accessible and applicable units due to limitations due to factors such as time, money and labor (Büyüköztürk et al., 2012). Ethical principles were followed throughout the study. In this line, the participants were informed about the study and voluntary participation was ensured during the study. Particular attention was paid to the confidentiality of personal information. Participants took courses of General Chemistry I and General Chemistry Laboratory I in the fall semester of the said academic year and continued to take General Chemistry II and General Chemistry Laboratory II courses in the semester in which the application, which is the subject of the study, was performed. The students were randomly assigned to four experimental groups: Experimental Group 1 (E1, n=22; only the Cooperative Learning Method (CL) was applied), Experimental Group 2 (E2, n=24; CL was applied with Seven Principles for Good Practice) Experiment Group 3 (E3, n=23; CL was applied with animations) and Experimental Group 4 (E4, n=22; CL was applied with models).

Data Collection Tools

Four Module Tests (MT) was used for data collection in the present study.

Module Tests (MT_{1, 2, 3, 4})

Module Tests (MT_{1, 2, 3, 4}) were used for the purpose of finding the effect of applied methods and techniques on conceptual understanding. All MTs consist of open-ended drawing questions. The questions in the MTs are presented in the findings section of this paper, along with the expected conceptual understandings for each question. MTs were developed in three stages. In the first stage, MTs were developed by the first researcher by reviewing previous studies [MT₁ (Tien et al., 2007; Uzuntiryaki & Geban, 2005), MT₂ (Karpudewan et al., 2015), MT₃ (Boz, 2009; Tarhan & Acar-Sesen, 2013), MT₄ (Acar-Sesen & Tarhan, 2013; Karsli & Çalık, 2012)] that aimed to determine conceptual understandings of the topics that are investigated in the present study. In the second stage, three field experts, one in chemistry and two in science education, were consulted for the content validity of the tests. In the last stage the tests were applied to 100 first-year students in the science teaching program in the pilot application to determine the reliability of the data collection material. The collected data were analyzed by two science education experts. Inter-coder reliability was calculated by using the formula [reliability=consensus/(consensus+disagreement)] by Miles and Huberman (1994). Inter-coder reliability scores of MTs are found, in respective order, as MT₁: 78; MT₂: 85; MT₃: 87; MT₄: 83. For statistical analysis, each question in the MTs was categorized as correct (10-25 points - depending on the question in the module test and the number of criteria used for each question-), partially correct (5-12 points) and incorrect (0 points). For instance, a question in MT₄ is about the working principle of an electrochemical cell. This question was scored by examining the electrochemical cell as five sub-questions (changes in electrodes, changes in electrolyte solutions, and changes in salt bridge). Participants will receive 50 points if they answer all of the MT₄'s sub-questions correctly, and 25 points if they answer partially correct and they will receive 0 points if all questions are wrong/alternative comprehension/blank answer. Correct answers refer to answers that are complete. Partially correct answers refer to some parts of a question being correct. Completely incorrect answers refer to alternative conceptions, and blank answers. A maximum of 50 points can be obtained in each module test.

Implementation

The present study was implemented in a period of five weeks: One week for explaining the methods and techniques to be applied (one lesson hour is 50 minutes) and the microscopic-macroscopic-symbolic levels (Johnstone, 1982) that are necessary for understanding chemistry (one lesson hour) and four weeks of practice (two lessons per week for each group). The applications were carried out in the General Chemistry Laboratory course and four experiments developed by the first researcher were used. The four experiments are related to solutions, decomposition reaction, acids and bases, and electrochemistry, in respective order. The first researcher developed experiment sheets that contain the theoretical knowledge regarding the topic and information on how to conduct the experiments. The experiment sheets were examined by two experts in the field of chemistry education. The sheets were reviewed upon the feedback from experts before using. A copy of the experiment sheets can be seen in appendix (Appendix 1). The application process was carried out by the first researcher. Experimental groups were informed about all the subjects to be covered in the study one week before the implementation. Each student was guided to do a collaborative study with the students in their group (4-5 people) that includes two hours of preparation and evaluation outside the classroom on a weekly basis (one hour before the lesson and one hour after the lesson, as determined by the group members). In the group where cooperative learning was applied with the seven principles, an LMS called Edmodo was used to follow the work outside the classroom. In other groups, the first researcher gave face-to-face feedback in the classroom about the problems encountered in outside studies and the parts that were not understood. All the groups in the study were given the same amount of time. Researchers carried out various activities for students in all experimental groups to present their theoretical knowledge as a product.

Implementation of Cooperative Reading Writing Application Method

Reading Writing Application Method (RWA), which is one of the cooperative learning methods, was applied in group E1. Before the application, the MT of the relevant week was applied as a pre-test. Then, the students were grouped into their respective groups (4-5 people) that were determined previously. At this stage, an experiment sheet was given to the groups and they were encouraged to read together. The groups were given 15 to 20 minutes for reading. When all groups completed the reading stage, the experiment sheets were taken back and the writing stage started. During the writing stage, the groups were asked to prepare a report containing the theoretical knowledge about the experiment and the rationale for conducting the respective experiment. At this stage, the researcher walked around the classroom and directed the group members verbally to participate in the learning process. The first researcher evaluated the reports of the groups. and the groups with reports that were deemed sufficient proceeded to the application stage. In the application stage, the groups prepared their experimental setups with the materials placed on the tables in the laboratory by the researcher before the lesson and conducted their own experiments. Experiments were carried out according to the semi-open-ended experimental approach (Ergin et al., 2012) to provide the students an opportunity to interpret the results by applying what they have learned together. At this stage, the researcher walked around the groups, checked the association students made regarding the results they obtained with the particle level and gave feedback when necessary. Once all groups have completed their experiments, a reaction related to the topic discussed that week but different from the one in the experiment is given in a symbolic representation to show that the learned information can be applied to different situations and the students were asked to show this reaction at the particle level, feedback was given to the students when necessary. Finally, MT was applied as a posttest before the application was completed. MTs were applied in other groups in a similar manner.

Implementation of Cooperative Reading Writing Application with Seven Principles

Unlike E1 in which only RWA was applied, RWA and seven principles were applied together in this group (E2). Since some of the principles of the seven principles are included in the cooperative learning method, the relevant principles have been implemented with cooperative learning, which are ensuring cooperation between students (**principle 2**), encouraging active learning (**principle 3**) and giving

students immediate feedback (**principle 4**). A Learning Management System (LMS) named Edmodo (URL-1) was used to implement the seven principles outside the classroom. *Edmodo* is an LMS open to both web and mobile access. A class can be created on this particular LMS, and students added to this class are divided into groups and they are provided an opportunity to work in groups. Students are divided into groups on the LMS according to their class groups. LMS offers students the opportunity to share information in writing, as a class or as a group, through a forum. This way, other students can comment on a student's message and get involved in the discussion about the topic. Moreover, in LMS students can communicate with each other and the researcher through text. Likewise, the researcher can send a written message to the whole class or student groups via LMS. E2 group was explained that Edmodo is a part of the method to be applied, and the participants were given information about why and how it will be used. Edmodo was chosen as an interface because it is similar to a widely used social media platform (*Facebook*) (Dinçer & Balaman, 2019) and is easy to understand. Each group in this experimental group choose one of the research topics and made a project, which they presented to the class after the experiment. The content of the project is that students develop a course material using the materials of their choice in order to collect theoretical information about the subject and to associate the subject with the particle level (**principle 7**). The material (related to the ionization of water) prepared by a student group is shown in Figure 1. After each project is presented to the class, the researcher asked "why" and "how?" (e.g. color change in acid-base titration) to the group who made the presentation for them to give an explanation. Student groups in this group researched the biographies of prominent scientists related to the project topics (e.g. chemical equilibrium, Le Chatelier) and presented to the class in the week when all the applications were completed. It was aimed that students get to know scientists closely, raise their own expectations and increase their efforts towards the course (**principle 6**). By using Edmodo, students' cooperation outside the classroom was followed (**principle 2**) and it was ensured that they actively participated in the learning process (**principle 3**). For this purpose, the students shared their knowledge with each other on Edmodo weekly at a time determined by them. And they carried out the entire preparation process of their projects through Edmodo. In addition, Edmodo was used to enable students to communicate with each other and with the researcher (**principle 1**). The students directed their questions about the research topics to the researcher through Edmodo without time limit, and daily feedback was given (**principle 4**). Finally, the researcher reviewed the students' project work on Edmodo on a weekly basis, and the feedback was provided when necessary to ensure that the projects were completed on time (**principle 5**). In addition, alternative conceptions of the students were determined through these reviews and necessary feedbacks were given (**principle 4**).

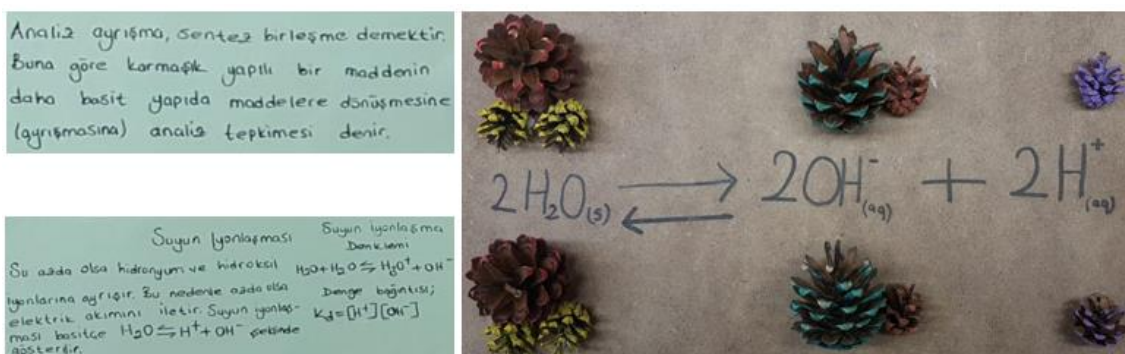


Figure 1. A Course Material Prepared by Students Within the Scope of Seven Principles (Ionization of Water)

Implementation of Cooperative Reading Writing Application with Animations

RWA and animations were applied together in group E3. Animations were obtained from various websites (URL-2, 2016; URL-3, 2016; URL-4, 2016; URL-5, 2016; URL-6, 2016). Three experts, two in the field of chemistry and one in the field of science education, examined if the animations matched the topic concepts and learning objectives. A computer and instructional technology expert examined

animations in terms of technical properties. Animations are designed to show chemical/physical reactions at a particle level. For the reason that the software required to play animations on the web is not supported by the relevant company as of 2021 (URL-7, 2022), screenshots of one of the animations (the animation shows the changes in the components of the electrochemical cell at the macro and micro level), which are presented in Figure 2, used in the study. RWA was applied as in E1. Once the application stage of RWA was completed, the animations were presented to the class via computer and projection. After the animation presentation, the groups were given a worksheet and asked to answer the questions by discussing as a group. The questions were as follows: "What are the stages of the reaction?", "What are the type of reactions that take place at these stages?", "How the substance amounts at the beginning and end of the reaction and how the phases are affected?" The researcher walked around the groups and examined the answers the groups gave. The researcher asked the students "Why?" and "How?" to see how students justified their answers. Finally, the students were given feedback when necessary and the implementation was completed.

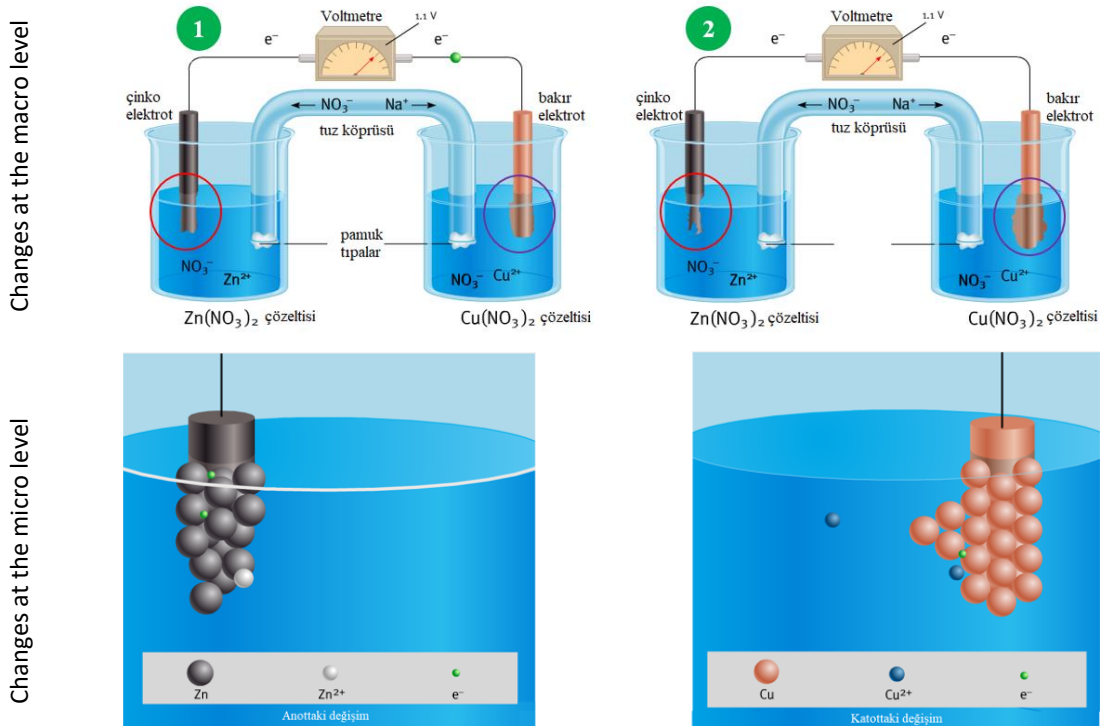


Figure 2. A Screenshot of the Animation About the Electrochemical Cell

Implementation of Cooperative Reading Writing Application with Models

RWA and models were applied together in group E4. RWA was applied as in the other groups. After the application stage of RWA, the students were asked to model the events that took place in the experiments at the particle level by using playdough and ball-and-stick models. The students first wrote the reaction in the experiment on a piece of paper with symbolic representation. Afterwards, a group discussion was made to decide the size of the particles in the model, which color would represent which particle, and the symbols to be used according to the type of reaction. The model was first drawn on the paper with the symbolic representation. Then the group distributed the tasks to the members for each part of the model and the students started to work. The groups that completed their models presented their work to the researcher. Figure 3 shows an example of such a model. The researcher checked the completed models and gave feedback to the groups for the parts that were not understood/explained.



Figure 3. Modeling the Reaction by Mixing $AgNO_3$ and KI Solutions

Data Analysis

Prior to the analysis, the Module Tests (MT) was given a code. For example, E1-S3 shows the third student in the first experimental group. Analysis of normality showed that the data showed normal distribution. For these reasons, the data were analyzed with one-way analysis of variance, which is one of the descriptive statistics and parametric tests. Multiple comparisons were made by applying Scheffe test, one of the post-hoc tests used in cases where the data had both normal distribution and homogeneously distributed variances, and the Games-Howell test when the variances were not homogeneously distributed. In order to present the comparisons clearly, the implementation effect was calculated with the effect size coefficient eta-square (η^2).

Results

Quantitative findings obtained from Module Tests (MT) are presented in this section. In addition, examples of alternative conceptions identified in the drawings in the pretest and posttest application of each MT are included in order to show the difference in conceptual understanding. It should be kept in mind that there is no difference between the groups in terms of drawing styles, because similar alternative conceptions were detected in all experimental groups.

Results for MT₁

Descriptive statistics and ANOVA results obtained from the application of MT₁ as a pre-posttest are given in Table 1.

Table 1.
Descriptive Statistics and ANOVA Results of MT₁ Pretest and Posttest

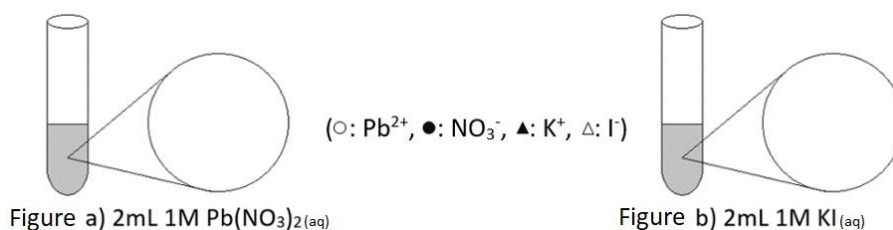
Tests	Groups	N	X*	SD	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Pretest	E1	26	18.42	10.07					
	E2	22	17.00	7.33					
	E3	23	17.43	9.40					
	E4	21	18.43	8.61					
	Between Groups				41.964	3	13.988	.174	0.91
	Within Groups				7088.949	88	80.556		
	Total				7130.913	91			
Posttest	E1	26	20.62	8.00					
	E2	22	36.18	6.64					
	E3	23	34.22	7.23					
	E4	21	28.90	13.84					
	Between Groups				4669.648	3	1556.549	18.251	0.00
	Within Groups				7505.341	88	85.288		
	Total				12174.989	91			
Significant difference			E1-E2**, E1-E3**, E1-E4**						

* The maximum is 50 points **Shows significant difference

Table 1 shows that the groups with the highest mean scores in the pretest and posttest are E4 and E2, respectively. There was no statistically significant difference between the groups in the pre-test application of MT₁ ($F_{(3-91)} = 0.174$; $p > 0.05$). There was a statistically significant difference between the groups at the posttest phase ($F_{(3-91)} = 18.251$; $p < 0.05$). The Games-Howell test was used to determine which group favored this difference. to the results of the Games-Howell test showed a statistically significant difference between E2, E3 and E4 and E1 in favor of E2, E3 and E4. It was shown that the independent variables played a large role in this result, with an eta-square value of ($\eta^2=0.38$).

Examples of alternative conception detected in the application of MT₁ as a pre-post test

Question 1: Draw the 2 mL 1 M Pb(NO₃)₂ given in Figure a below and the 2 mL 1M KI solutions given in Figure b at the particle level.



Regarding Figure a, students are expected to draw Pb²⁺ ions in the solution at half the ratio of NO₃⁻ ions in the solution and away from each other since the ions are homogeneously distributed and surrounded by water molecules. In Figure b, they are expected to draw an equal number of K⁺ and I⁻ ions far from each other since the ions are homogeneously distributed and surrounded by water molecules.

Figure 4 shows examples of alternative concepts related to Figure a in the first question.

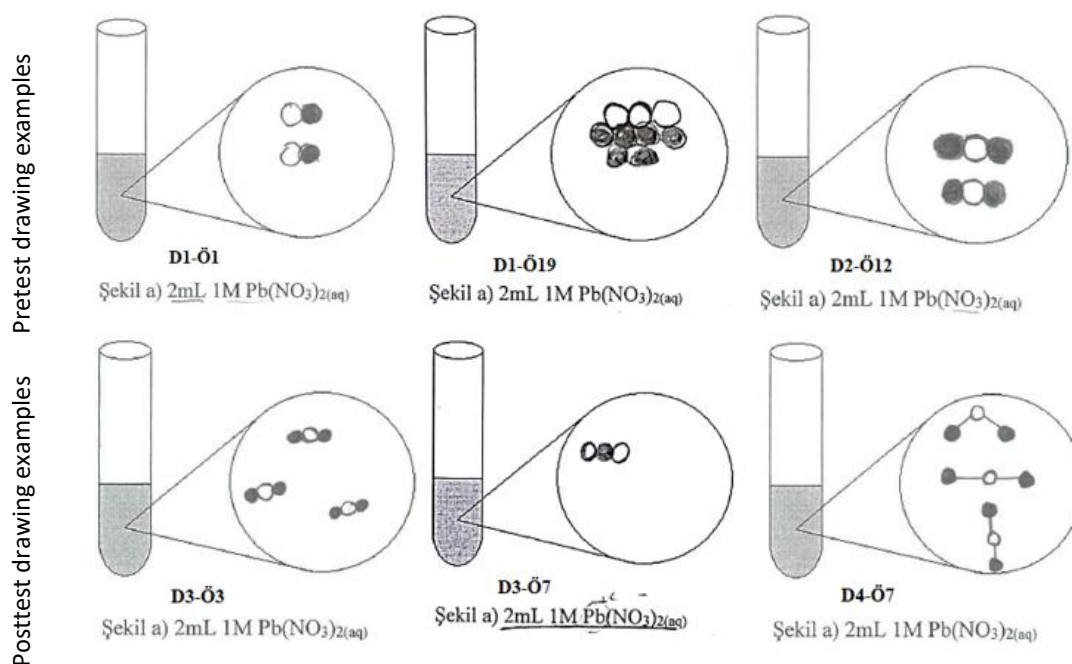


Figure 4. MT₁ Question 1 Figure A Drawing Examples with Alternative Conceptions

As it is seen in Figure 4, the students had drawn the lead and nitrate ions in the solution adjacent to each other (all sample drawings) and had drawn the ions according to the heterogeneous form (E1-S19). Some students paid attention to the ratio between lead and nitrate ions (E1-S19, E2-S12, E3-S3, E4-S7). However, it is seen that some students did not associate the coefficients correctly (E3-S7). Also, a

student had drawn the molecules of a compound in a way that they had different molecular geometry (E4-S7).

Figure 5 shows examples of alternative concepts related to Figure b.

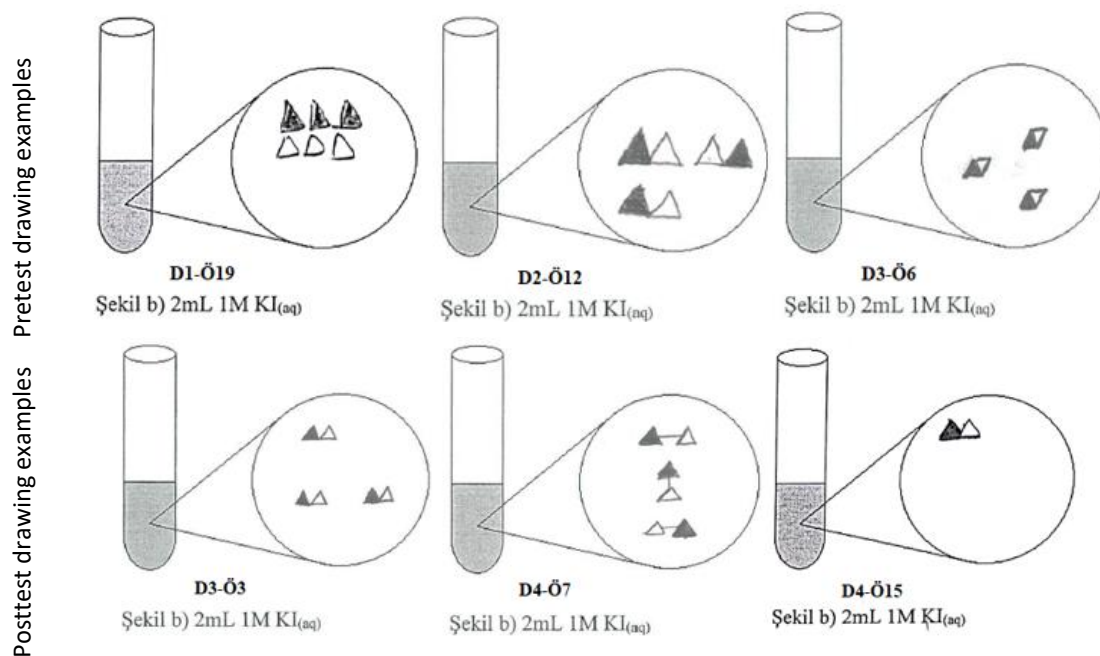
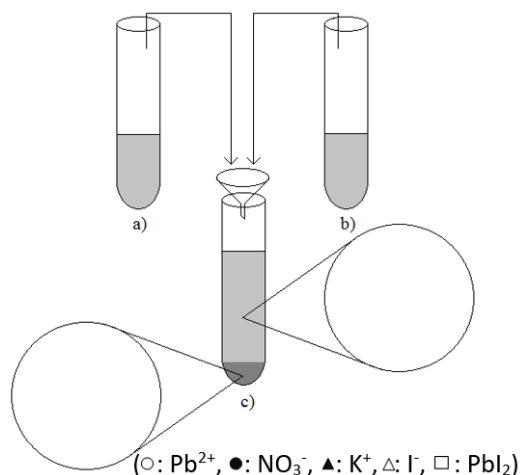


Figure 5. MT₁ Question 1 Figure b Drawing Examples with Alternative Conceptions

It can be seen in Figure 5 that although some students paid attention to the ratio between potassium and iodine ions they had drawn the ions as in heterogeneous distribution (E1-S19). Although some students paid attention to the ratio between different ions, they had drawn the ions adjacent to each other (E2-S12, E3-S6, E3-S3, E4-S7, E4-15). Some students, on the other hand, had not divide potassium iodide into ions but also had drawn the particles by combining them in a different way (E4-S7).

Question 2:

The 2mL 1M Pb(NO₃)₂ solution in the test tube below and the 2 mL 1M KI solution in the b test tube are mixed in the c test tube by using a glass funnel. The reaction takes place according to the equation $Pb(NO_3)_2(aq) + 2KI(aq) \rightarrow PbI_2(s) + 2KNO_3(aq)$. Please show the particle types that are present in the final mixture.



In this question, students are expected to draw the number of PbI_2 molecules in half the ratio of K^+ and NO_3^- ions, and equal numbers of K^+ and NO_3^- ions after the precipitation reaction. Since PbI_2 is solid, its particles are expected to be drawn very close to each other, while K^+ and NO_3^- ions are expected to be drawn far from each other because they are surrounded by water.

Figure 6 shows examples of alternative conceptions related to the question above.

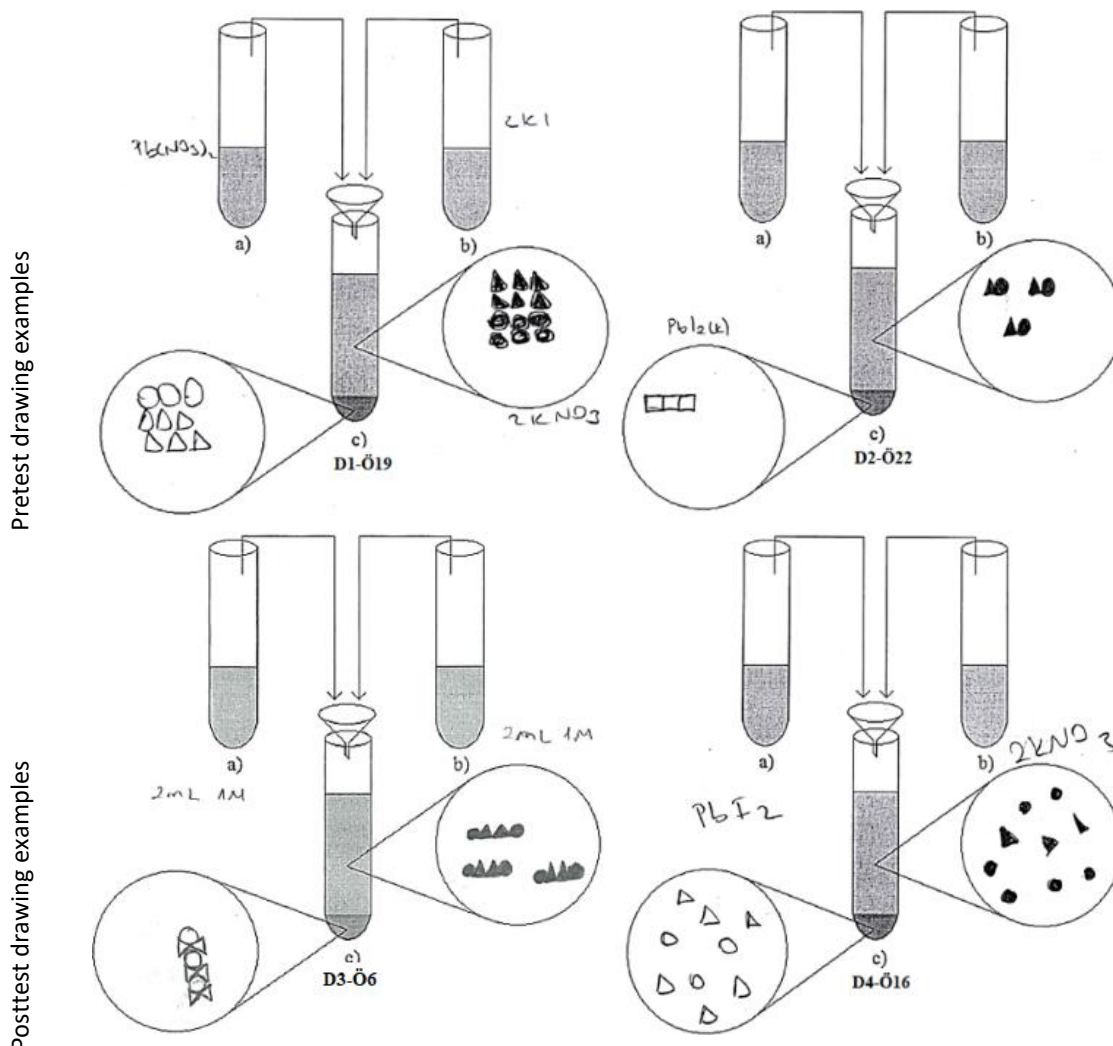


Figure 6. MT₁ Question 2 Drawing Examples with Alternative Conceptions

It can be seen in Figure 6 that some students also had drawn the nitrate and potassium ions remaining in the solution part in a heterogeneous way so that the iodine and lead ions would settle to the bottom but not form a new compound (E1-S19). Some students showed the potassium and nitrate ions in the solution adjacent to each other (E2-S22, E3-S6). Some students, on the other hand, had drawn the particles forming the precipitated lead (II) iodide as ions in the solution and failed to pay attention to the ratio of the number of ions in the solution part (E4-S16).

Results for MT₂

Descriptive statistics and ANOVA results obtained from the application of MT₂ as a pre-posttest are given in Table 2.

Table 2.
Descriptive Statistics and ANOVA Results of MT₂ Pretest and Posttest

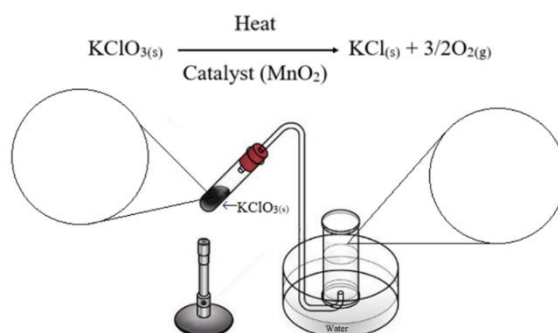
Tests	Groups	N	X*	SD	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Pretest	E1	22	19.73	10.28					
	E2	24	20.42	8.45					
	E3	23	23.87	11.73					
	E4	23	24.52	13.59					
	Between Groups				398.618	3	132.873	1.067	0.36
	Within Groups				10954.545	88	124.483		
	Total				11353.163	91			
Posttest	E1	22	24.95	10.51					
	E2	24	36.17	8.85					
	E3	23	36.22	8.46					
	E4	23	35.87	8.93					
	Between Groups				2075.658	3	691.886	8.174	0.00
	Within Groups				7448.810	88	84.646		
	Total				9524.467	91			
Significant difference			E1-E2**, E1-E3**, E1-E4**						

*The maximum is 50 points **Shows significant difference.

As it can be seen in Table 2, the groups with the highest mean scores in the pretest and posttest are E4 and E3, respectively. There was no statistically significant difference between the groups in the application of MT₂ as a pretest ($F_{(3-91)} = 1.067$; $p > 0.05$). However, a statistically significant difference was found between the groups in the posttest ($F_{(3-91)} = 8.174$; $p < 0.05$). Scheffe test was used to determine which group favored the said difference. The results of the Scheffe test showed a statistically significant difference between E2, E3, E4 and E1 in favor of E2, E3 and E4. It was shown that the independent variables played a large role in this result, with an eta-square value of ($\eta^2=0.21$).

Examples of alternative conception detected in the application of MT₂ as a pre-post test

Question 1: There is some potassium chlorate (KClO_{3(s)}) in the test tube, as shown in the figure below. First, please draw the KClO_{3(s)} in the test tube and the substances in the space at the top of the tube immersed in water after the reaction given below, at the particle level (KClO_{3(s)}: Δ , O₂: \blacktriangle , KCl(s): \circ The tube that is immersed in water was completely filled with water and turned upside down in a water-filled container).



In this question, students are expected to draw an equal number of particles from KClO₃ and KCl, and one and a half times the number of particles from O₂. In addition, it is expected that the particles in solid form are drawn very close to each other, and the particles of the gaseous substance are drawn quite far from each other and homogeneously dispersed in the container (on the upper part of the graduated cylinder immersed in the water).

Figure 7 shows examples of alternative conceptions related to the question given above.

Pretest drawing examples

Posttest drawing examples

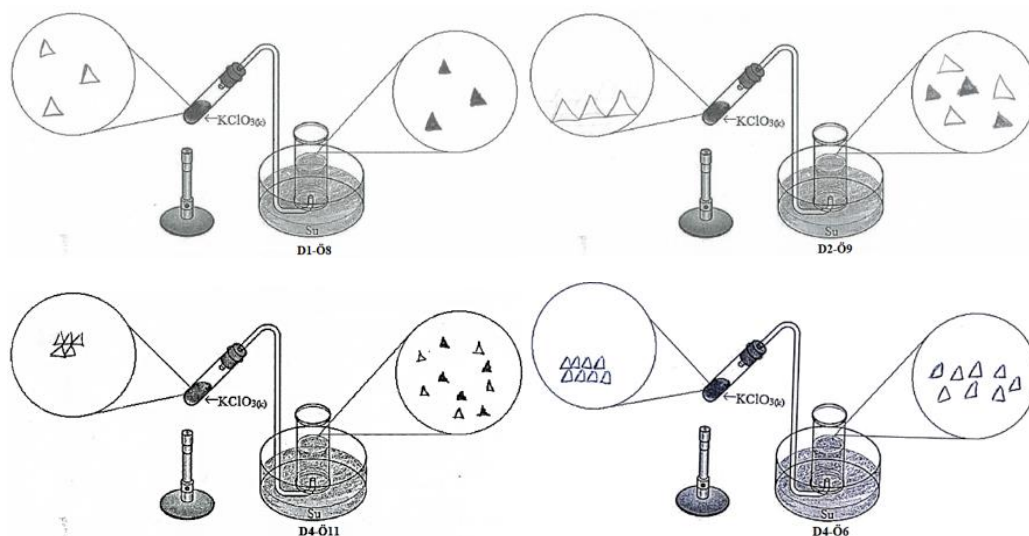


Figure 7. MT₂ Question 1 Drawing Examples with Alternative Conceptions

As it can be seen in Figure 7; the students failed to draw the solid potassium chlorate in accordance with the solid form (E1-S8). They had drawn the potassium chlorate in the gas form together with the oxygen gas on the upper part of the inverted graduated cylinder in water after the heat treatment (E2-S9, E4-S11). It is seen that some students had drawn potassium chlorate in solid form in the test tube and potassium chlorate in liquid form on the top of the graduated cylinder, but they failed to draw oxygen gas (E4-S6). In addition, it is seen that potassium chloride was not included in the sample drawings.

Results for MT₃

Descriptive statistics and ANOVA results obtained from the application of MT₃ as a pre-posttest are given in Table 3.

Table 3.
Descriptive Statistics and ANOVA Results of MT₃ Pretest and Posttest

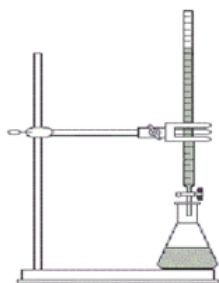
Tests	Groups	N	X*	SD	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Pretest	E1	23	18.09	7.30					
	E2	24	17.58	7.55					
	E3	23	18.35	7.66					
	E4	22	20.00	7.26					
	Between Groups					74.080	3	24.693	.445
	Within Groups				4880.877	88	55.465		
	Total				4954.957	91			
Posttest	E1	23	18.61	7.57					
	E2	24	38.17	7.46					
	E3	23	31.35	7.87					
	E4	22	32.77	7.82					
	Between Groups					4788.760	3	1596.253	27.097
	Within Groups				5183.893	88	58.908		
	Total				9972.652	91			
Significant difference			E1-E2**, E1-E3**, E1-E4**, E2**-E3						

*The maximum is 50 points **Shows significant difference.

As it can be seen in Table 3, the groups with the highest mean scores in the pretest and posttest are E4 and E2, respectively. No statistically significant difference was observed between the groups when MT₃ was applied as a pre-test ($F_{(3-91)} = 0.445$; $p > 0.05$). However, a statistically significant difference was found between the groups in the posttest ($F_{(3-91)} = 27.097$; $p < 0.05$). Scheffe test was applied to determine which group favored this difference. The Scheffe test results showed a statistically significant difference between E2, E3 and E4 and E1 in favor of E2, E3 and E4 and between E2 and E3 in favor of E2. It was found that the independent variables played a large role on this result, with the eta-square value of ($\eta^2=0.48$).

Examples of alternative conception detected in the application of MT₃ as a pre-post test

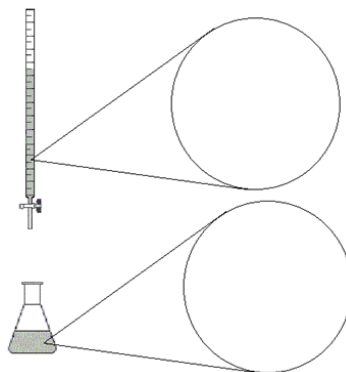
Question 1: 0.4 molar 40mL Hydrochloric acid (HCl) solution is put into the burette in the titration setup given below. 20 mL of sodium hydroxide (NaOH) solution is placed in the erlen. A few drops of phenolphthalein are added into the erlen. The tap of the burette is opened to start the titration process. The erlen is shaken simultaneously as the solution is being taken from the burette. The titration is completed using 10mL of HCl from the burette.



Erlende; $\text{NaOH(aq)} + \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{NaCl(aq)} + \text{H}_2\text{O(s)}$
denklemine göre reaksiyon gerçekleşmektedir.

(H^+ : Δ , OH^- : \blacktriangle , Na^+ : \circ , Cl^- : \bullet , 1milimol 1 tanecik ile temsil edilecektir)

Show the ions in the burette and erlen at a particle level once the titration is complete. Show only the water that will be formed after the reaction at the particle level in your drawing.



In this question, it is necessary to correlate the concentrations of the solutions given the amounts and concentrations before the titration with the particle level and that equal numbers of $\text{H}^+/\text{H}_3\text{O}^+$ and Cl^- ions are be drawn in the standard solution part after the titration. In addition, equal numbers of Na^+ , Cl^- ions, and H_2O molecules are expected to be drawn at the particle level in the part where neutralization takes place. It is important that the ions are drawn apart from each other because they are surrounded by water.

Figure 8 shows examples of alternative conceptions related to the question given above.

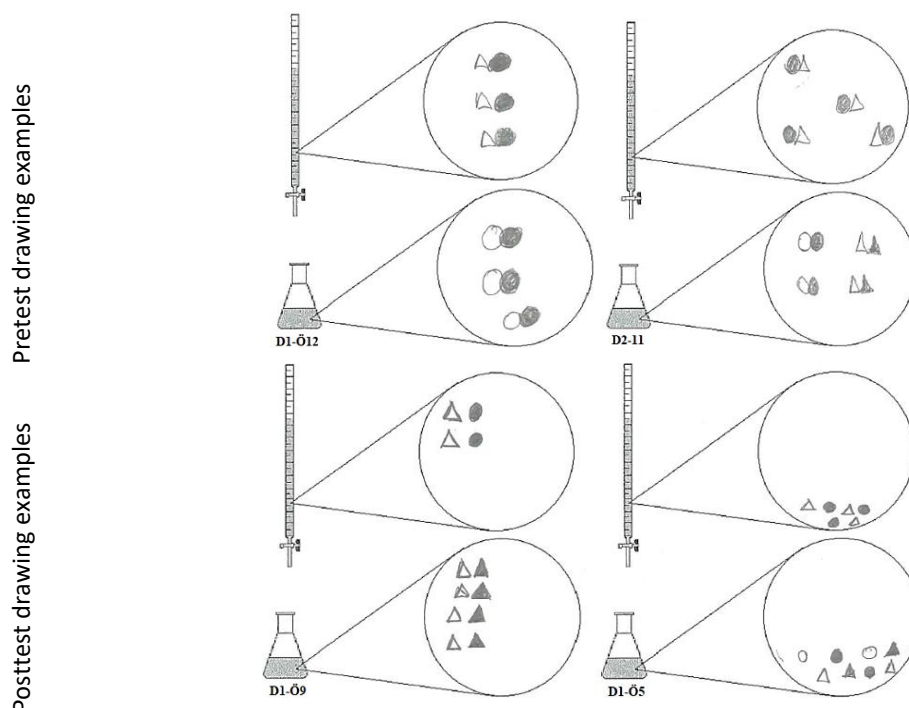


Figure 8. MT₃ Question 1 Drawing Examples with Alternative Conceptions

As it can be seen in Figure 8, the students had drawn the ions in the burette and the erlen adjacent to each other after titration (E1-S12, E2-S11). Some students drew that only hydronium and hydroxide ions that make up water are present in the erlen after titration (D1-S9), and some students failed to show the water formed in the erlen after titration at the particle level and did not pay attention to the amount of substance given at the beginning.

Results for MT₄

Descriptive statistics and ANOVA results obtained from the application of MT₄ as a pre-posttest are given in Table 4.

Table 4.
Descriptive Statistics and ANOVA Results of MT₄ Pretest and Posttest

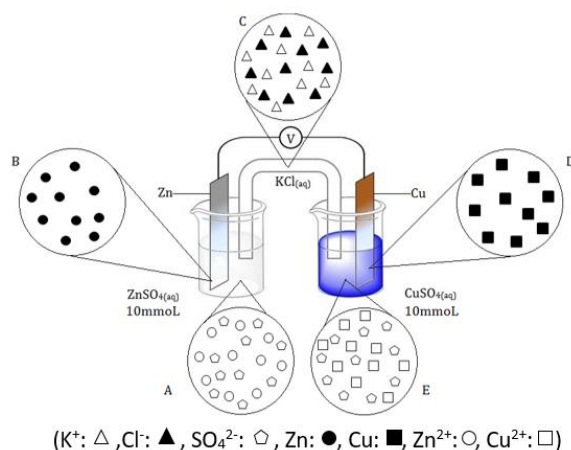
Tests	Groups	N	X*	SD	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Pretest	E1	21	11.33	4.67					
	E2	24	11.83	5.21					
	E3	22	11.45	4.75					
	E4	16	11.19	4.86					
	Between Groups				4.831	3	1.610	.067	0.97
	Within Groups				1887.892	79	23.897		
	Total				1892.723	82			
Posttest	E1	21	14.90	8.99					
	E2	24	36.92	8.94					
	E3	21	28.62	14.21					
	E4	16	37.13	10.10					
	Between Groups				6732.533	3	2244.178	19.393	0.00
	Within Groups				9026.345	78	115.722		
	Total				15758.878	81			
Significant difference			E1-E2**, E1-E3**, E1-E4**						

*The maximum is 50 points **Shows significant difference.

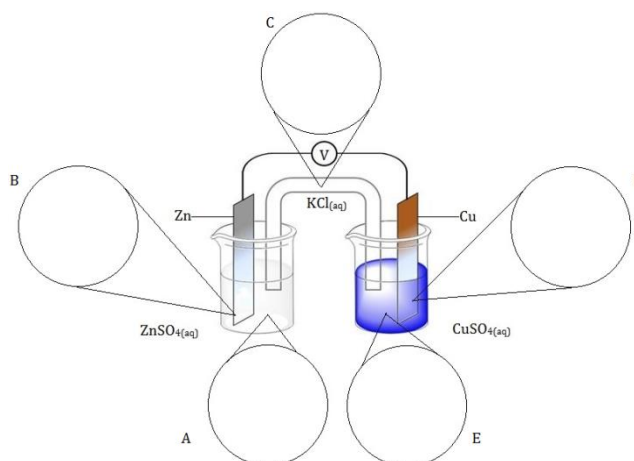
As it can be seen in Table 4, the groups with the highest mean scores in the pretest and posttest are E2 and E4, respectively. No statistically significant difference was observed between the groups when MT₄ was applied as a pretest ($F_{(3-82)} = 0.067$; $p > 0.05$). However, a statistically significant difference was found between the groups in the posttest ($F_{(3-81)} = 19.393$; $p < 0.05$). Scheffe test was used to determine which group favored this difference. to the results of the Scheffe test showed a statistically significant difference between E2, E3 and E4 and E1 in favor of E2, E3 and E4. It was found that the independent variables played a large role in the emergence of this result, with the eta-square value ($\eta^2=0.42$).

Examples of alternative conception detected in the application of MT₄ as a pre-post test

Question 1:



An electrochemical battery is given in the figure, the state of the materials in the parts that make up the battery before the battery starts to work is shown at the particle level. The electrochemical cell is run for a while and then stopped. Show in particle level which particles are present in balloons A, B, C, D and E in the final state when the battery is stopped.



In this question, a decrease in the number of particles in the zinc electrode (anode), an increase in the number of Zn²⁺ ions in the electrolyte solution are expected to be drawn, as well as the Cl⁻ ions coming into this solution from the salt bridge. An increase in the number of particles in the copper electrode (cathode), a decrease in the number of Cu²⁺ ions in the electrolyte solution and the drawing of K⁺ ions coming from the salt bridge into this solution are expected to be shown as well. At the same time, the drawing must have reduced the number of both types of ions because the ions in the salt bridge go into solutions.

Figure 9 shows examples of alternative conceptions related to the question given above.

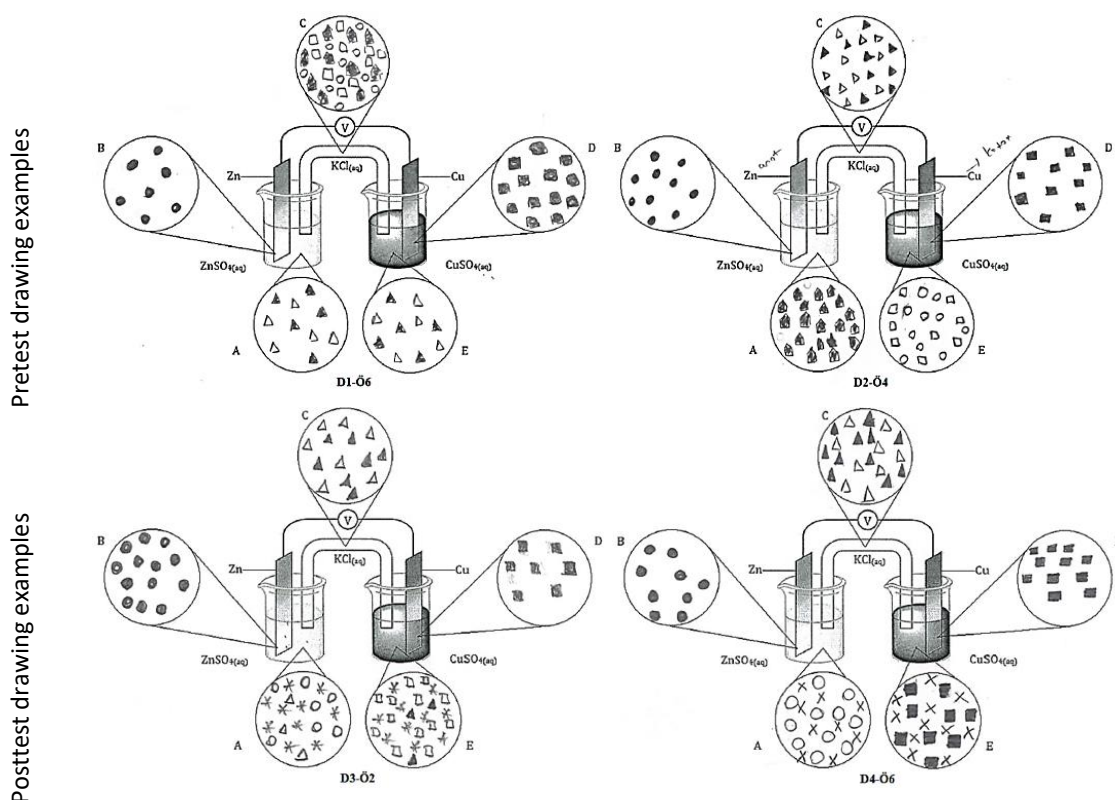


Figure 9. MT₄ Question 1 Drawing Examples with Alternative Conceptions

As it can be seen in Figure 9; the students had shown in their drawings that the number of particles would decrease at the anode, the number of particles would increase at the cathode, but the ions in the salt bridge would distribute evenly to the electrolytes, and all other ions in the electrochemical cell would pass into the salt bridge (E1-S6). Another drawing shows that there would be no change in the electrodes and salt bridge once the electrochemical cell runs, and that sulfate ions are collected in the solution where the anode is located, and zinc and copper ions are collected in the solution where the cathode is located (E2-S4). Some students had drawn that the reduction reaction takes place at the zinc electrode, and therefore, positively charged ions move from the salt bridge to the solution where the zinc electrode is located, and negatively charged ions move to the solution where the copper electrode is located (E3-S2). On the other hand, some students had drawn that the ions in the salt bridge would remain in the salt bridge as a result of the operation of the electrochemical battery, and these students also decreased the number of positively charged ions in the salt bridge by one and increased the number of negatively charged ions by one (E4-S6).

Discussion and Conclusion

The present study aimed to investigate the effect of applying cooperative learning with animations or models or seven principles on conceptual understanding. The current section includes a discussion of the effects of the applied methods on the results. Moreover, the understandings of each Module Test were discussed in relation to the literature.

The results clearly showed that the application of cooperative learning with seven principles, the application of cooperative learning with models, and the application of cooperative learning with animations further increase conceptual understanding. A significant difference was found between the E1 group and the E2, E3, and E4 groups in favor of the E2, E3, and E4 groups in all module tests. The eta-square values indicate that the effects of these practices on the results are at a large level (Cohen, 1988). Further pairwise comparisons found a significant difference in favor of E2 between E2 and E3 in

MT₃. It was observed that the mean score increased the most in the E2 experimental group in all tests except MT₄. For MT₄, the highest increase was seen in the E4 group. The use of a Learning Management System (LMS) in the group where cooperative learning was applied with seven principles increased the communication of students with each other and with the teacher. It can be said that this would lead to an improvement in their learning by increasing their level of social interactions, which has a positive effect on mental formation of conceptual structures (Weir, 2004). Students in this group had the opportunity to collaborate more outside the classroom due to LMS. Out-of-class activities were completed on time in E2 group, because the studies were followed up with LMS and feedback was given when necessary. It can be deduced that these practices have increased students' conceptual understanding. In addition, it can be argued that they received more feedback from the students in other groups because they prepared and presented projects on the topics within the on a timely manner and received feedback during the discussion of the presentations. Considering the fact that the feedback paves the way for the next steps in learning, we can say that the feedback contributed to the success of the group (Brown et al., 2016). Another point is that the students developed a material by using the materials of their desire to make associations between the macro-micro and symbolic dimensions. Identifying students' current knowledge when they prepared these materials and giving appropriate feedback may have increased their conceptual understanding; because determining students' initial level of knowledge and giving proper and timely feedback positively affect their conceptual understanding (Karataş et al., 2003).

It has been suggested that students' understanding levels increased in the group in which the models were applied with cooperative learning because they made the models themselves. In line with this finding, Yaseen's (2018) study showed that the understanding of students was positively affected when the students had a hands-on experience on the model-making. Moreover, it was shown that it is helpful to visualize chemical events at the molecular level (Cloonan et al., 2011; Hoe & Subramaniam, 2016) and use macroscopic reconfigurable models when teaching microscopic reactions to facilitate students' conceptual understanding (Cloonan et al., 2011; Yaseen, 2018). It can be said that making the micro-scale states of the animations visible helped to increase the understanding at the particle level in the group where the animations were applied with cooperative learning. However, it was observed that the conceptual understanding levels of the students in this group were lower than those of the E2 and E4 groups. This can be related to the fact that students are not allowed to interfere with the animations and, in a way, they remain in the position of passive audience. However, many studies in the literature found that animations help to achieve an understanding at the particle level (Karacop & Doymuş, 2013; Özmen, 2011; Williamson & Abraham, 1995). In addition, similar misconceptions were detected in the MTs regarding the *drawing style* in all experimental groups. This may be due to the fact that the conceptual knowledge of students might be similar. This finding is supported by the evidence by Şimşek et al.'s study (2008).

As it can be seen in the drawings related to the first question of MT₁, the students had drawn the compounds in aqueous solutions of ionic lead (II) nitrate and potassium iodide without separating them into their ions. This finding is in line with the findings of the study by Izzati and Rochmah (2020) and Kelly (2016). Previous studies found that students have a conceptual understanding that ions do not separate from each other in aqueous solutions of ionic compounds. This may result from the students thinking that the ions with different kinds of charges in the solution came together due to the electrostatic attraction force. Several studies conducted with students with different levels of education found a number of misconceptions regarding the concept of dissolution (Akgün, 2009; Çalık & Ayas; 2005). In the second question of MT₁, it is seen that the students made mistakes because they did not know which ions would precipitate and which ions would remain in the solution. This may have been caused by their lack of knowledge about the metallic activity, because a lack of knowledge regarding earlier concepts negatively affect the understanding of advanced topics (Akgün, 2009).

The drawings in MT₂ show that the students had drawn the physical and chemical changes to occur simultaneously. Such a misconception has not been encountered before in the relevant literature. Many studies have found that students have difficulty understanding the topic of physical and chemical

change, and they have many misconceptions about it (Kingir & Geban, 2014; Lemma, 2013). The finding in the present study that students have an incorrect conceptual understanding on this topic may be due to their inability to associate symbolic representation with microscopic representation.

The drawings in MT₃ show that the students had drawn the ions in acid, base, and salt solutions adjacent to each other. This finding is supported by the study of Hoe and Subramaniam (2016). This study showed that students have an understanding that the cations and anions of the salt formed as a result of complete neutralization must be adjacent to each other. This may be due to the students thinking that ions with different charges would attract each other due to the electrostatic attraction force. This result is consistent with the results of previous studies (Hoe & Subramaniam, 2016; Tien et al., 2007).

The drawings in MT₄ show that the students have difficulty understanding the reactions that take place in the aqueous battery assembly. The parts that students find most difficult to understand are the oxidation-reduction concepts in semi-cells and the particular types of ions that should pass from the salt bridge to the oxidation-reduction zones. This may be related to the fact that electrochemistry is taught at a symbolic level in high school education (Ministry of National Education [MEB], 2018), because a deep understanding of chemistry requires learning basic and advanced subjects using macroscopic-microscopic-symbolic representation (Johnstone, 1982). Similar to our findings, studies on electrochemistry showed that students have misconceptions about oxidation-reduction reactions and salt bridge (Acar-Sesen & Tarhan, 2011; Osman & Lee, 2013).

In the present study, the findings obtained from the module tests also showed that some alternative conceptions found in the pretests were also observed in the posttests. This may be due to alternative conceptions being resistant to change (Akgün, 2009). On the other hand, it can be deduced that the present study is important in terms of presenting many alternative concepts related to different basic chemistry topics together. Thus, it can be said that more attention should be paid to the fact that misconceptions about basic subjects negatively affect the learning of advanced subjects in curricula.

In conclusion, the present study showed that the application of cooperative learning with seven principles or with models or with animations has led to an increase in the level of students' conceptual understanding.

Limitations and Recommendations

The topics that are investigated in the present study are comprehensive. However, the present study focused on the specific sub-sections of these topics at a particle level [solutions (dissolution and precipitation), chemical reactions (decomposition reaction), acids and bases (titration) and electrochemistry (electrochemical cell)]. Another limitation of the study is that only drawings of students at a particle level were used to assess their conceptual understanding. Future studies can more clearly demonstrate their level of conceptual understanding by asking students for written explanations about their drawings and by conducting interviews with students about their drawings. In line with the findings of this study, it is suggested that when teaching ionic compound solutions, more attention should be drawn to particle size along with algebraic calculations.

Author Contribution Rates

The authors contributed equally to the study.

Ethical Declaration

This study was conducted in accordance with all the rules in the "Higher Education Institutions Scientific Research and Publication Ethics Directive" and did not include any of the "Actions Contrary to Scientific Research and Publication Ethics" in the second part of the study directive.

Conflict Statement

The authors declare no competing interests.

Türkçe Sürümü

Giriş

Kimyanın çok fazla soyut kavram içermesi öğrencilerin alternatif kavrama geliştirmelerine sebep olmaktadır (Taber, 2019; Zheng & Campbell, 2018). Aynı zamanda kimyanın kavramsal anlaşılması mikroskobik-makroskopik-sembolik seviyede anlamayı gerektirmektedir (Johnstone, 1982). Bu seviyeler; i) mikroskobik seviye, mikroskobik düzeydeki tanecikler (elektronlar, atomlar, moleküller), ii) makroskopik seviye, gözlemlenebilir gerçeklik ve iii) sembolik seviye, kimya ile ilgili kavramların grafikler, denklemler ve eşitliklerle gösterilmesi şeklindedir (Johnstone, 1982). Kimya, bu üç boyutun birlikte işe koşulması ile anlaşılabilir (Allred & Bretz, 2019; Harrison & Treagust, 2000). Dolayısıyla mikro düzeyde gerçekleşen olayların makro düzeyde görselleştirilmesi oldukça önemlidir (Hoe & Subramaniam, 2016).

Mikroskobik boyuttaki olayları görünür kılmak ve açıklamak için kullanılan araçlardan biri animasyonlardır (Akaygun, 2016; Kelly & Jones, 2007). Tanecik düzeyde gerçekleşen olayların/durumların animasyonlarla görselleştirilmesinin öğrenmeyi arttırdığı birçok araştırma ile ortaya konulmuştur (Al-Balushi vd., 2017; Barak & Hussein-Farraj, 2013; Günersel & Fleming, 2013). Yine animasyonlar öğrenilen bilgilerin transfer edilmesini (Barak & Hussein-Farraj, 2013), öğrencilerin tanecik düzeydeki kavram yanlışlarının giderilmesini (Yaseen & Aubusson, 2020), doğru zihinsel modeller geliştirmelerini (Akaygun, 2016) ve derse karşı olan ilgilerini olumlu yönde etkilemektedir (Günersel & Fleming, 2014).

Soyut kavramların görselleştirilmesinde kullanılan araçlardan diğer bir araç ise modellerdir (Oliva vd., 2015; Samon & Levy, 2017). Yapılan birçok çalışmada modellerin; makroskobik, mikroskobik ve sembolik boyutlar arasında ilişki kurulmasına yardımcı olduğu (Krell vd., 2015; Wang vd., 2014) ve kavramsal anlamayı arttırdığı tespit edilmiştir (Abd-El-Khalick, 2012; Adadan, 2014; Kimberlin & Yezierski, 2016).

İlgili alanyazında animasyonlar ve modellerin öğretim sürecine, öğrencileri aktif kılacak bir yöntemle dâhil edilmesi gerektiği belirtilmektedir (Yaseen, 2018). Animasyonlar ve modeller etkili aktif öğrenme yöntemlerinden biri olan işbirlikli öğrenme yöntemi ile kullanılabilirler (Acar & Tarhan, 2007; Karacop & Doymuş, 2013).

İşbirlikli öğrenme, öğrencilerin küçük heterojen gruplar hâlinde kendilerine verilen bir konuyu öğrenirken birbirlerine yardımcı oldukları, kendilerinin ve grup arkadaşlarının öğrenme sorumluluklarını üstlendikleri ve grup içi olumlu bağımlılığın olduğu bir öğrenme yöntemidir (Abramczyk & Jurkowski, 2020; Costouros, 2020). İşbirlikli öğrenmenin uygulanmasında; Jigsaw, Takım Oyun Turnuva, Öğrenme Takımları Başarı Bölümleri, Okuma Yazma Uygulama (OYU) gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan OYU yöntemi üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama okuma aşamasıdır. Bu aşamada öğrencilere okuma metinleri sağlanarak okumaları istenir. Bu aşamanın temel amacı, öğrencilerin akıl yürütme için kullandıkları süreyi artırmaktır. Öğrencilerin seviyelerine uygun metinleri okumaları, akıl yürütme ve edindikleri bilgileri ifade etme becerileri açısından oldukça faydalıdır (Schoonen vd., 2010; White & Gustone, 1989). İkinci aşama yazma aşamasıdır. Öğrencilerin birlikte yazma etkinlikleri gerçekleştirmeleri öğrendiklerini organize etme, kavrama ve ifade etmeleri açısından önemlidir. Yazma aşamasındaki temel amaç, grup üyelerinin öğrendiklerini birlikte yazarak bir grup ürünü ortaya çıkarmalarını sağlamaktır. Bu tür etkinliklerde öğrenciler kişisel görüşlerini sunarken birçok özgün fikir ortaya çıkmaktadır (Eshietedoho, 2010; Hohenshell & Hand, 2006). Son aşama olan uygulama aşamasında, öğrencilerin teorik bilgilerini uygulamaları ve öğrenmenin deneyimlenerek gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. İlgili alanyazındaki çalışmalarda OYU yönteminin kavramsal anlamayı ve akademik başarıyı arttırdığı belirlenmiştir (Firat, 2014; Okumuş & Doymuş, 2018; Öztürk & Doymuş, 2018).

İşbirlikli öğrenme ile ilgili diğer bir husus işbirliğinin sınıf dışında sürdürülmesidir (Aghajani ve Adloo, 2018). Öğrencilerin ödevler, projeler gibi etkinlikleri sınıf dışında işbirliği ile yapmalarıyla yöntem sınıf dışında da uygulanabilmektedir (Yorganci, 2020). Sınıf dışı etkinliklerin takip edilmesi ve gerekli durumlarda öğrencilere uygun dönütlerin verilmesi, öğrenmeyi olumlu etkilemenin yanında görevlerin zamanında tamamlanmasına katkı sunabilir (Bicen & Taspolat, 2019). Bunu sağlamak için günümüzde oldukça yaygınlaşan bilgi iletişim teknolojileri çeşitli fırsatlar sunmaktadır. Bilgi iletişim teknolojilerindeki gelişmeler derslerin sınıf dışında desteklenmesini mümkün hâle getirmiştir (Dere vd., 2016). Bu teknoloji, eğitim öğretim faaliyetleri kapsamında Öğrenme Yönetim Sistemleri (ÖYS) olarak karşımıza çıkmaktadır. ÖYS'ler öğrenme ortamı olarak öğrencilerin; işbirliği yapma, sürece aktif katılma, birbirleri ve öğretmenleri ile etkili iletişim kurma gibi becerileri kullanmalarını sağlayabilir (Tadesse vd., 2020; Tanis, 2020). Aynı zamanda ÖYS'ler ile öğrencilere anında dönüt verilebilmektedir (Tuapawa, 2017). Bu olanaklar doğrultusunda öğretim sürecinin sınıf içi ve sınıf dışı faaliyetlerle etkili bir şekilde yürütülebilmesi için ne tür bir yol izlenmesi gerektiği sorusunun cevaplanması gerekmektedir. Bu bağlamda öğretimin sınıf içi ve sınıf dışı ortamların birlikte kullanılarak yürütülmesine, yüz yüze lisans eğitiminde niteliği arttırmak için (The Ohio Learning Network [NCAT], 2002) ileri sürülen “iyi bir eğitim için yedi ilke”nin (Chickering & Gamson, 1987) yardımcı olabileceği düşünülmektedir (Junco vd., 2011).

Yedi ilke sırasıyla; öğrenci-fakülte etkileşiminin sağlanması, öğrenciler arası işbirliğinin sağlanması, aktif öğrenmenin kullanılması, anında dönüt verilmesi, görevlerin zamanında yapılması, üst düzey ulaşılabılır beklentilere cevap verilmesi ve farklı öğrenme stillerine tolerans gösterilmesi şeklindedir. Birinci ilkede öğrenciler ile etkili iletişim kurmanın motivasyonlarını olumlu etkileyeceği vurgulanmaktadır (Chickering & Gamson, 1999). Öğrencilerin birbirleri ile etkili iletişim kurmaları derse aktif katılımlarını arttırmaktadır (Tanis, 2020). İkinci ilkede öğrenciler arasında işbirliği kurmanın önemine dikkat çekilmektedir. Başkaları ile birlikte çalışmak, öğrenmeye katılımı ve üretkenliği arttırmaktadır (Johnson vd., 1990). Öğrenme sürecine katılımı arttırdığı için üçüncü ilkede aktif öğrenmenin iyi bir eğitim için gerekliliği ön plana çıkartılmaktadır (Sormunen vd., 2020). Dönütler sonraki öğrenmeler için rehber niteliği taşıdığı için dördüncü ilkede, iyi bir eğitim ortamında anında dönüte yer verilmesi gerektiği ifade edilmektedir (Brown vd., 2016). Beşinci ilke, görevlerin zamanında tamamlanmasına vurgu yapmaktadır. Öğrenme süreçlerinin önemli bileşenlerinden biri olan zamanın doğru kullanımı etkili öğrenmeye yardımcı olmaktadır (Whittle vd., 2019). Altıncı ilkede iyi bir eğitim ortamının ulaşılabılır beklentileri teşvik etmesi gerektiği savunulmaktadır (Chickering & Gamson, 1999). Yedinci ilkede ise farklı öğrenme stillerine sahip öğrencilere tolerans gösterilmesi önerilmektedir (Chickering & Gamson, 1999).

Alanyazında yedi ilke ile ilgili çalışmaların birçoğu lisans öğrencilerinin, öğretim elemanlarının ve öğretmenlerin yedi ilke hakkındaki görüşlerinin tespitine yöneliktir (Bishoff, 2010; Caboni vd., 2002; Tirrel, 2009). Yedi ilke ile ilgili sınırlı sayıda uygulamalı araştırma mevcuttur. Örneğin, Junco ve diğerleri (2011) tarafından üniversite öğrencileri ile yürütülen çalışmada yedi ilkenin öğrenciler arasında işbirliğini, yüksek beklentilere cevap verilmesini ve öğrenci-fakülte etkileşimini desteklediği tespit edilmiştir. Diğer taraftan ilgili alanyazında yedi ilkenin doğrudan kavramsal anlamaya etkisini belirlemeye yönelik çok az sayıda araştırma olduğu görülmektedir. Bu araştırmalardan; Çavdar ve Doymuş (2018) ve Okumuş ve Doymuş (2018) tarafından ortaokul öğrencileri ile yürütülen araştırmalarda yedi ilkenin işbirlikli öğrenme ile kullanılmasının kavramsal anlamayı ve akademik başarıyı artırdığı belirlenmiştir. Yine Öztürk ve Doymuş (2018) tarafından lisans düzeyinde kimya dersinde yedi ilkenin işbirlikli öğrenme ve modellerle uygulanmasının kavramsal anlamayı olumlu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Sözü edilen araştırmalarda yedi ilkenin sınıf içinde modelleme çalışmaları ve görsel sunumlar ve sınıf dışında hazırlanan projeler gibi uygulamalarla öğrenme sürecine dâhil edilmesinin soyut kavramların anlaşılmasını sağladığı ifade edilmektedir. Fakat “lisans eğitiminde niteliği arttırmak” amacıyla ileri sürülen “yedi ilke” ile uygulamaya yönelik çok az sayıda araştırmanın olması yedi ilkenin öğrenmeyi nasıl etkilediği konusunda daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Bütün bu bilgiler ışığında bu çalışmada, “işbirlikli öğrenmenin animasyonlarla, işbirlikli öğrenmenin modellerle ve işbirlikli öğrenmenin iyi bir eğitim için yedi ilke ile uygulanmasının kavramsal anlamaya etkisi nedir?” sorusuna cevap aranmıştır.

Yöntem

Araştırma Modeli

Araştırma, ön test son test eşitlenmemiş karşılaştırma gruplu yarı-deneysel desene göre yürütülmüştür (McMillan & Schumacher, 2010). Bu desen, bağımsız değişken ile bağımlı değişkenler arasındaki neden sonuç ilişkisinin test edilmesine yardımcı olabileceği için seçilmiştir.

Örneklem

Araştırma, 2016-2017 öğretim yılı bahar yarıyılında Türkiye’de bir devlet üniversitesinde fen bilgisi öğretmenliği programında öğrenim gören 91 (69 kız, 22 erkek) birinci sınıf öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Örneklem, seçkisiz olmayan örnekleme yöntemlerinden uygun örnekleme yöntemine göre belirlenmiştir. Uygun örnekleme; zaman, para ve işgücü gibi faktörlere bağlı sınırlılıklar nedeniyle örneklemin kolay ulaşılabılır ve uygulama yapılabilir birimlerden seçilmesidir (Büyüköztürk vd., 2012). Araştırma sürecinde etik ilkelere uyulmuştur. Bu doğrultuda katılımcılar çalışma hakkında bilgilendirilerek gönüllü katılımları sağlanmıştır. Özellikle kişisel bilgilerin gizliliğine dikkat edilmiştir. Katılımcılar ilgili öğretim yılının güz yarıyılında genel kimya I ve genel kimya laboratuvarı I derslerini almış, uygulamanın yapıldığı yarıyılında genel kimya II ve genel kimya laboratuvarı II derslerini almaya devam etmişlerdir. Öğrenciler, dört deney grubuna [İşbirlikli Öğrenme Yönteminin (İÖ) uygulandığı deney grubu (D1, n=22), İÖ ve İyi Bir Eğitim İçin Yedi İlke’nin birlikte uygulandığı deney grubu (D2, n=24), İÖ ve animasyonların birlikte uygulandığı deney grubu (D3, n=23) ve İÖ ve modellerin birlikte uygulandığı deney grubu (D4, n=22)] seçkisiz atanmıştır.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada veriler dört Modül Test (MT) ile toplanmıştır.

Modül Testler (MT_{1,2,3,4})

Modül Testler (MT_{1,2,3,4}), uygulanan yöntem ve tekniklerin kavramsal anlamaya etkisini belirlemek için kullanılmıştır. MT’ler açık uçlu çizim sorularından oluşmaktadır. MT’lerdeki tüm sorular bulgular kısmında sunulmuş ve her bir soru için beklenen kavramsal anlama durumları açıklanmıştır. MT’ler üç aşamada geliştirilmiştir. İlk aşamada, araştırmadaki konularla ilgili alanyazında kavramsal anlamaları belirlemek için yürütülmüş bazı araştırmalar [MT₁ (Tien vd., 2007; Uzuntiryaki & Geban, 2005), MT₂ (Karpudewan vd., 2015), MT₃ (Boz, 2009; Tarhan & Acar-Sesen, 2013), MT₄ (Acar-Sesen & Tarhan, 2013; Karsli & Çalık, 2012)] göz önünde bulundurularak birinci araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. İkinci aşamada, testlerin kapsam geçerliği için biri kimya ikisi fen eğitimi üç alan uzmanının görüşüne başvurulmuştur. Son aşamada, testlerin güvenilirliği için testler pilot uygulamada fen bilgisi öğretmenliği programında birinci sınıfa devam eden 100 öğrenciye uygulanmıştır. Elde edilen veriler iki fen eğitimi uzmanı tarafından değerlendirilmiş ve puanlayıcılar arası tutarlığa bakılmıştır. Puanlayıcılar arası tutarlığın hesaplanmasında Miles ve Huberman’ın (1994) güvenilirlik formülü [güvenirlik=görüşbirliği/(görüşbirliği+görüş ayrılığı)] kullanılmıştır. MT’lerin puanlayıcılar arası tutarlık katsayıları sırasıyla; MT₁: .78; MT₂: .85; MT₃: .87; MT₄: .83 olarak belirlenmiştir. MT’lerin istatistiksel analizi için her bir soru; doğru (10-25 puan - Modül Testteki soru ve her bir soru için ölçüt olarak kullanılan kriter sayısına bağlı olarak-), kısmen doğru (5-12 puan) ve yanlış (0 puan) olarak kategorize edilmiştir. Örneğin, MT₄’te bir soru vardır. Soru elektrokimyasal pilin çalışma prensibi ile ilgilidir. İlgili soruda elektrokimyasal pil beş alt soru (elektrotlardaki değişimler, elektrolit çözeltilerdeki değişimler ve tuz köprüsündeki değişim) şeklinde incelenerek puanlanmıştır. MT₄’ün alt sorularının tamamına doğru cevap verildiği takdirde 50 puan, kısmen doğru cevap verildiğinde 25 puan, yanlış/alternatif kavrama/boş cevap verildiğinde 0 puan alınacaktır. *Doğru* cevaplar, eksiksiz cevaplardır. Bir sorunun bazı kısımlarına doğru cevap verilen yanıtlar *kısmen doğru* cevaplardır. Tamamen yanlış cevaplar, alternatif kavramalar ve boş bırakılan yanıtlar *yanlış* olarak sınıflandırılmıştır. Her Modül Testten alınabilecek maksimum puan 50’dir.

Uygulama Süreci

Araştırma, bir hafta uygulanacak yöntemler (bir ders saati 50dk) ve kimyanın anlaşılabilmesi için gerekli olan mikroskobik-makroskobik-sembolik düzeylerin (Johnstone, 1982) örneklerle açıklanması (bir ders saati) ve dört hafta uygulama (her bir grup için haftada iki ders saati) olmak üzere beş haftada gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar genel kimya laboratuvarı dersinde yürütülmüştür. Araştırmada birinci araştırmacı tarafından geliştirilen dört deney gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler sırasıyla; çözeltiler, ayrışma reaksiyonu, asitler bazlar ve elektrokimya konuları ile ilgilidir. Birinci araştırmacı deneyler için konunun teorik bilgisini ve deneyin yapılışını içeren föyler geliştirmiştir. Föyler, iki kimya eğitimi uzmanınca incelenmiş ve verilen dönütler doğrultusunda gerekli düzeltmeler yapılarak kullanılmıştır. Bir deneye ait föy ek olarak sunulmuştur (Ek-1). Uygulama süreci, birinci araştırmacı tarafından yürütülmüştür. Uygulamaya başlamadan bir hafta önce araştırmada ele alınacak bütün konular deney grupları ile paylaşılmıştır. Her bir öğrenci kendi bulunduğu gruptaki (4-5 kişilik) öğrencilerle haftalık olarak dersten önce bir saat (çalışma saati grup üyeleri tarafından belirlenmiştir) ve dersten sonra bir saat olmak üzere toplamda sınıf dışında iki saatlik derse hazırlık ve değerlendirme şeklinde işbirlikli çalışma yapmaları konusunda yönlendirilmiştir. Sınıf dışı çalışmalar işbirlikli öğrenme ve yedi ilkenin birlikte uygulandığı grupta *Edmodo* isimli bir ÖYS üzerinden takip edilmiştir. Diğer gruplarda ise yüz yüze derste sınıf dışı çalışmalarda karşılaşılan problemler ve anlaşılmayan kısımlara yönelik birinci araştırmacı tarafından uygun dönütler verilmiştir. Araştırma sürecinde tüm gruplara ayrılan süre eşittir. Yine tüm deney gruplarındaki öğrencilerin edindikleri teorik bilgileri bir ürün olarak ortaya koymaları için çeşitli etkinlikler yaptırılmıştır.

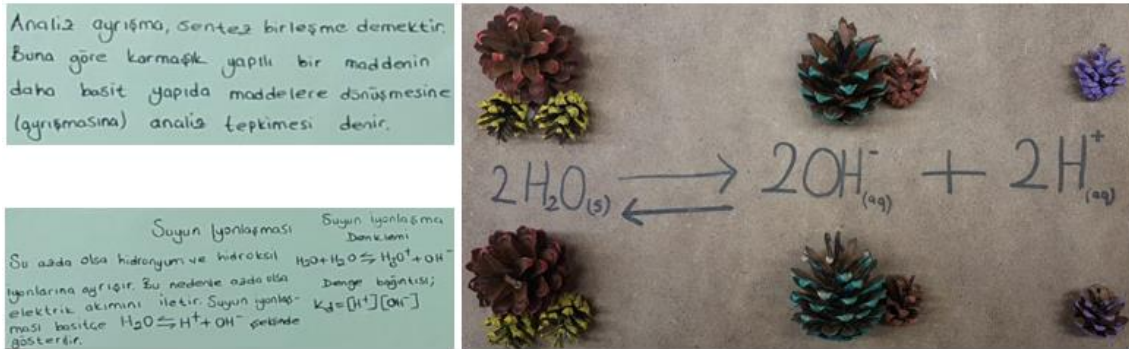
İşbirlikli Okuma Yazma Uygulama Yönteminin Uygulanması

Bu grupta (D1), işbirlikli öğrenme yöntemlerinden “okuma yazma uygulama yöntemi (OYU)” uygulanmıştır. Uygulamaya geçmeden önce ilgili haftaya ait MT ön test olarak uygulanmıştır. Daha sonra öğrenciler önceden belirlenmiş gruplarına (4-5 kişilik) geçmiş ve okuma aşamasına başlamışlardır. Bu aşamada gruplara birer adet deney föyü verilerek birlikte okumaları teşvik edilmiştir. Okuma aşamasında, gruplara 15 ila 20 dakika arasında süre verilmiştir. Bütün gruplarda okuma aşaması tamamlanınca föyler kaldırılarak yazma aşamasına geçilmiştir. Yazma aşamasında gruplardan deneye ait teorik bilgileri ve deneyin niçin yapılacağını içeren bir rapor hazırlamaları istenmiştir. Bu aşamada da araştırmacı, sınıfta dolaşarak grup üyelerini sürece katılmaları için sözlü olarak yönlendirmiştir. Araştırmacı, raporunu tamamlayan grupların raporlarını değerlendirmiş ve raporları yeterli görülen gruplar uygulama aşamasına geçmişlerdir. Uygulama aşamasında gruplar, araştırmacı tarafından ders öncesinde laboratuvardaki masalara konulmuş malzemelerle deney düzeneklerini kurmuş ve deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Deneyler yarı açık uçlu deney yaklaşımına göre gerçekleştirilmiştir (Ergin vd., 2012). Bu şekilde öğrencilerin birlikte edindikleri bilgileri uygulayarak ortaya çıkan sonucu yorumlamaları sağlanmıştır. Araştırmacı, bu aşamada grupları dolaşarak öğrencilerin ulaştıkları sonuçları tanecik düzeyle ilişkilendirme durumlarını kontrol etmiş ve gerektiğinde dönüt vermiştir. Bütün gruplar deneylerini tamamladıktan sonra öğrenilen bilgilerin farklı durumlara uygulanabilmesini görmek için o hafta ele alınan konu ile ilgili fakat deneydekinden farklı bir reaksiyon sembolik gösterimde verilerek öğrencilerin bu reaksiyonu tanecik boyutta göstermeleri istenmiş, gerekli durumlarda öğrencilere uygun dönütler verilmiştir. Son olarak MT son test olarak uygulanmış ve uygulama tamamlanmıştır. MT’ler diğer gruplarda da benzer şekilde uygulanmıştır.

İşbirlikli Okuma Yazma Uygulama Yönteminin Yedi İlke ile Uygulanması

Bu grupta (D2) uygulamalar OYU ve yedi ilke ile gerçekleştirilmiştir. OYU D1’de olduğu gibi uygulanmıştır. Yedi ilkenin bazı ilkeleri işbirlikli öğrenme yönteminde yer aldığı için ilgili ilkeler uygulamaya işbirlikli öğrenme ile konulmuştur. Bu ilkeler; öğrenciler arası işbirliğinin sağlanması (**ilke 2**), aktif öğrenmenin işe koşulması (**ilke 3**) ve öğrencilere anında dönüt verilmesi (**ilke 4**) şeklindedir. Yedi ilkenin sınıf dışında uygulamaya geçirilmesinde ise *Edmodo* (URL-1) isimli bir Öğrenme Yönetim Sistemi (ÖYS) kullanılmıştır. *Edmodo* hem web hem de mobil erişime açık bir ÖYS’dir. Bu ÖYS üzerinde bir sınıf oluşturulabilmekte bu sınıfa eklenen öğrenciler gruplara ayrılarak çalışma yapmaları sağlanmaktadır. Öğrenciler ÖYS üzerinde sınıftaki gruplarına göre gruplara ayrılmıştır. ÖYS, öğrencilerin sınıfça veya

grupça bir forum üzerinden yazılı olarak bilgi paylaşmalarına fırsat sunmaktadır. Böylece bir öğrencinin iletisine diğer öğrenciler yorum yapabilmekte ve konu hakkında tartışabilmektedirler. Yine ÖYS üzerinden öğrenciler birbirleri ve araştırmacı ile yazılı iletişim kurabilmektedirler. Aynı şekilde araştırmacı da sınıfın tamamına veya öğrenci gruplarına ÖYS aracılığıyla yazılı ileti gönderebilmektedir. Bu gruba uygulanacak yöntem hakkında bilgi verilirken *Edmodo*'nun yöntemin bir parçası olduğu, niçin ve nasıl kullanılacağı açıklanmıştır. *Edmodo* arayüz olarak yaygın kullanılan bir sosyal medya platformuna (*facebook*) benzediği (Dinçer & Balaman, 2019) için kolay anlaşılacağı düşünülerek tercih edilmiştir. Bu deney grubundaki her bir grup araştırma konularından birini seçerek proje olarak hazırlamış ve konu ile ilgili deney yapıldığı hafta deneyden sonra projelerini sınıfa sunmuşlardır. Proje içeriği; konu hakkında teorik bilgi toplanması ve konunun tanecik düzey ile ilişkilendirilmesi için öğrencilerin diledikleri malzemeleri kullanarak bir ders materyali geliştirmeleri şeklindedir (**ilke 7**). Bir öğrenci grubunun hazırladığı materyal Şekil 1'de sunulmuştur. Her proje sınıfa sunulduktan sonra araştırmacı sunum yapan gruba konu ile ilgili "neden?", "niçin?" ve "nasıl?" (örneğin, asit baz titrasyonunda renk değişimi) sorularını sorarak açıklama yapmalarını istemiştir. Bu gruptaki öğrenci grupları proje konuları ile ilgili öne çıkan bilim adamlarının (örneğin, kimyasal denge, Le Chatelier) yaşamöykülerini araştırarak tüm uygulamaların tamamlandığı hafta sınıfa sunmuşlardır. Bu şekilde öğrencilerin bilim insanlarını yakından tanıyarak kendi beklentilerini yükseltmeleri ve derse karşı çabalarının artırılması amaçlanmıştır (**ilke 6**). *Edmodo* ile öğrencilerin sınıf dışında işbirliği içerisinde çalışmalarını yürütmeleri takip edilmiş (**ilke 2**) ve öğrenme sürecine aktif katılımları (**ilke 3**) sağlanmaya çalışılmıştır. Bunun için öğrenciler haftalık olarak kendilerinin belirlediği bir saatte *Edmodo* üzerinden bilgi alış verişinde bulunmuş ve projelerini hazırlamışlardır. Yine öğrencilerin birbirleri ve araştırmacı ile iletişim kurmaları (**ilke 1**) amacıyla *Edmodo* kullanılmıştır. Öğrenciler zaman sınırı olmaksızın araştırma konuları hakkındaki sorularını *Edmodo* üzerinden araştırmacıya yönelmiş ve sorulara gününbirlik dönüt verilmiştir (**ilke 4**). Son olarak araştırmacı öğrencilerin proje çalışmalarını haftalık olarak *Edmodo* üzerinden incelemiş ve gerekli dönütler verilerek projelerin zamanında tamamlanması sağlanmıştır (**ilke 5**). Ayrıca bu incelemeler ile öğrencilerin alternatif kavramaları tespit edilerek gerekli dönütler verilmiştir (**ilke 4**).

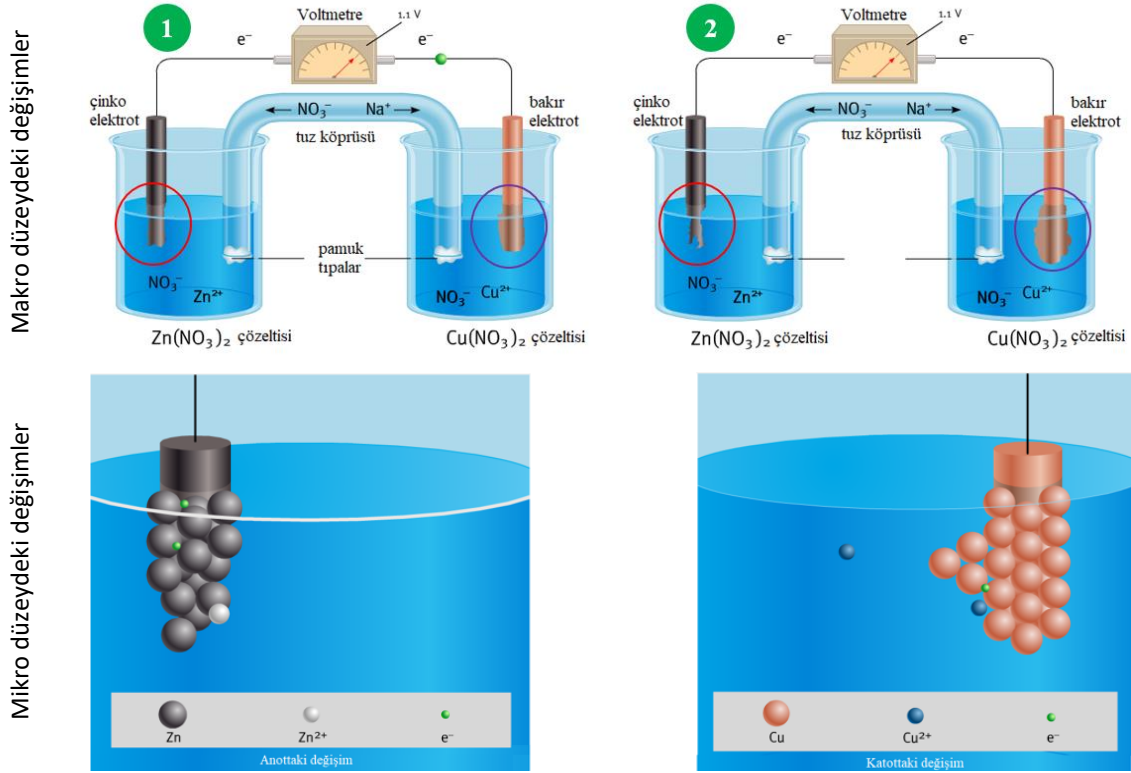


Şekil 1. Yedi İlke Kapsamında Öğrencilerin Hazırladığı Bir Ders Materyali (Suyun İyonlaşması)

İşbirlikli Okuma Yazma Uygulama Yönteminin Animasyonlar İle Uygulanması

Bu deney grubunda (D3) OYU ve animasyonlar birlikte uygulanmıştır. Animasyonlar, çeşitli web sitelerinden alınmıştır (URL-2, 2016; URL-3, 2016; URL-4, 2016; URL-5, 2016; URL-6, 2016). Animasyonların konu kavram ve kazanımlarına uygunluğu ikisi kimya biri fen eğitimi alanında üç uzman tarafından incelenmiştir. Animasyonların teknik özellikleri bir bilgisayar ve öğretim teknolojileri alan uzmanı tarafından incelenmiştir. Animasyonlar kimyasal/fiziksel reaksiyonları tanecik düzeyde gösterecek tasarıma sahiptir. Animasyonların web üzerinden oynatılması için gereken yazılım 2021 yılı itibarıyla ilgili şirket tarafından desteklenmemektedir (URL-7, 2022). Bu sebeple araştırmada kullanılan animasyonlardan birine ait görseller (animasyonda elektrokimyasal hücrenin bileşenlerindeki değişiklikleri makro ve mikro seviyede göstermektedir) Şekil 2'de sunulmuştur. OYU, D1 grubundaki gibi uygulanmıştır. Animasyonlar, sürece OYU'nun uygulama aşaması tamamlandıktan sonra dâhil edilmiştir. Uygulama aşamasından sonra animasyonlar sınıfa bilgisayar ve projeksiyon aracılığıyla sunulmuştur.

Animasyon sunumundan sonra gruplara animasyondaki “reaksiyonun aşamalarının neler olduğu” “bu aşamalarda gerçekleşen reaksiyonların türü”, “reaksiyonun başlangıcında ve sonunda, madde miktarları ve fazların nasıl etkilendiği” sorularını içeren bir çalışma yaprağı verilerek grup tartışması yapmaları ve çalışma yaprağındaki soruları cevaplandırmaları istenmiştir. Araştırmacı, çalışma yaprağındaki soruları cevaplayan grupları dolaşmış ve cevapları incelemiştir. Öğrencilere “neden?”, “niçin?” ve “nasıl?” sorularını yönelterek cevaplarını nasıl gerekçelendirdiklerini kontrol etmiştir. Gerekli durumlarda öğrencilere dönüt verilerek uygulama tamamlanmıştır.



Şekil 2. Elektrokimyasal Pildeki Değişimi Makro Ve Mikro Boyutta Gösteren Animasyonun Bir Kısmı

İşbirlikli Okuma Yazma Uygulama Yönteminin Modeller İle Uygulanması

Bu grupta (D4) OYU yöntemi ve modeller birlikte uygulanmıştır. OYU diğer gruplardaki gibi uygulanmıştır. OYU'nun uygulama aşamasından sonra öğrencilerden deneylerde gerçekleşen olayları oyun hamurları ve top-çubuk modelleriyle tanecik boyutta modellemeleri istenmiştir. Öğrenciler ilk olarak deneydeki reaksiyonu bir kâğıda sembolik gösterimle yazmışlardır. Daha sonra reaksiyonun türüne göre modeldeki taneciklerin büyüklüğüne hangi rengin hangi taneciği temsil edeceğine ve kullanılacak sembollere grup tartışmasıyla karar verilmiştir. Model önce sembolik gösterimin yer aldığı kâğıda çizilmiştir. Daha sonra modelin hangi kısmını kimin yapacağı belirlenerek çalışmaya başlanılmıştır. Modellerini tamamlayan gruplar çalışmalarını araştırmacıya sunmuşlardır. Örnek bir model Şekil 3'te sunulmuştur. Araştırmacı, tamamlanan modelleri kontrol etmiş ve anlaşılmayan/açıklanamayan kısımlar için gruplara dönüt vermiştir.



Şekil 3. $AgNO_3$ ve KI çözeltilerinin karıştırılması ile gerçekleşen reaksiyonun modellenmesi

Veri Analizi

Analiz öncesinde Modül Testlere (MT) birer kod verilmiştir. Örneğin, D1-Ö3 birinci deney grubu üçüncü sıradaki öğrenciyi göstermektedir. Elde edilen veriler incelendiğinde verilerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiş, bu doğrultuda veriler betimleyici istatistik ve parametrik testlerden tek yönlü varyans analizi ile çözümlenmiştir. Normal dağılımla birlikte varyansların homojen dağıldığı durumlarda post-hoc testlerinden Scheffe testi varyansların homojen dağılmadığı durumlarda Games-Howell testi uygulanarak çoklu karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırmaların açık bir şekilde ortaya konabilmesi için uygulama etkisi, eta-kare (η^2) etki büyüklüğü katsayısı ile hesaplanmıştır.

Bulgular

Bu kısımda Modül Testlerden (MT) elde edilen nicel bulgular sunulmuştur. Ayrıca öğrencilerin kavramsal anlamalarını açıkça ortaya koymak için her bir MT'nin ön test ve son test uygulanmasındaki çizimlerde tespit edilen alternatif kavrama örneklerine yer verilmiştir. Tüm deney gruplarında benzer alternatif kavramalar tespit edildiği için *çizim şekilleri* bakımından gruplar arasında farklılaşma olmadığının hatırd tutulması yerinde olacaktır.

MT₁'den elde edilen bulgular

MT₁'in ön ve son test olarak uygulanmasından elde edilen betimleyici istatistikler ve ANOVA sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1.

MT₁ Ön Test ve Son Testte Elde Edilen Verilerin Betimleyici İstatistikleri ve ANOVA Sonuçları

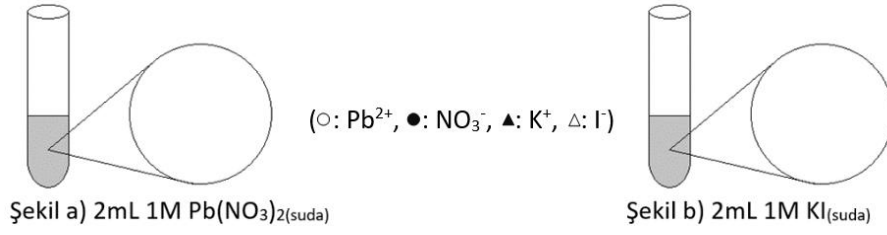
Testler	Gruplar	N	X*	SS	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	p
Ön test	D1	26	18.42	10.07					
	D2	22	17.00	7.33					
	D3	23	17.43	9.40					
	D4	21	18.43	8.61					
	Gruplar arası				41.964	3	13.988	.174	0.91
	Gruplar içi				7088.949	88	80.556		
	Toplam				7130.913	91			
Son test	D1	26	20.62	8.00					
	D2	22	36.18	6.64					
	D3	23	34.22	7.23					
	D4	21	28.90	13.84					
	Gruplar arası				4669.648	3	1556.549	18.251	0.00
	Gruplar içi				7505.341	88	85.288		
	Toplam				12174.989	91			
Anlamlı fark		D1-D2**, D1-D3**, D1-D4**							

*Maksimum 50 puandır. **Anlamlı farkın lehine olduğu grubu gösterir.

Tablo 1'e göre ön testte ve son testte en yüksek ortalamaya sahip grupların sırasıyla D4 ve D2 olduğu görülmektedir. MT₁'in ön test olarak uygulanmasından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiştir ($F_{(3-91)} = 0.174$; $p > 0.05$). Son testte gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmiştir ($F_{(3-91)} = 18.251$; $p < 0.05$). Bu farkın hangi grup lehine olduğunu belirlemek için Games-Howell testi uygulanmıştır. Games-Howell testine göre D2, D3 ve D4 ile D1 arasında D2, D3 ve D4 lehine istatistiksel anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. Bu sonucun ortaya çıkmasında bağımsız değişkenlerin rolünün eta-kare değeri ($\eta^2=0.38$) ile geniş düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

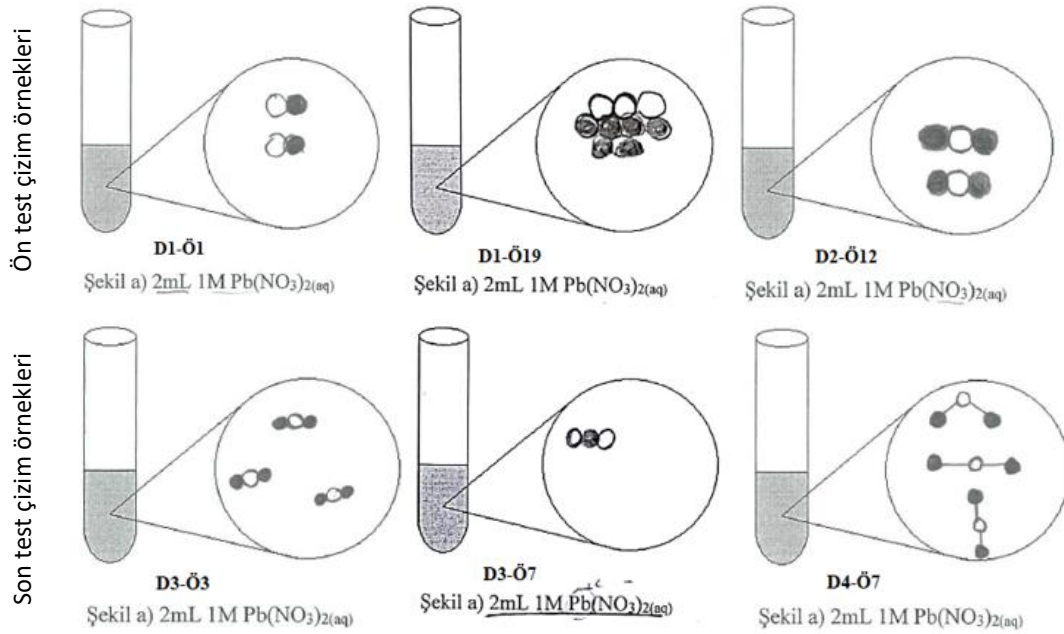
MT₁'in ön-son test olarak uygulanmasından elde edilen alternatif kavrama örnekleri

Soru 1: Aşağıda Şekil a'da verilen 2mL 1M Pb(NO₃)₂ ile Şekil b'de verilen 2mL 1M KI çözeltilerini tanecik boyutta çiziniz.



Şekil a kısmı için öğrencilerden çözeltideki Pb^{2+} iyonlarının NO_3^- iyonlarının yarısı oranında, iyonların homojen dağıldığı ve su molekülleri ile çevrili oldukları için birbirlerinden uzakta olacak şekilde çizmeleri beklenmektedir. Şekil b kısmında ise K^+ ve I^- iyonlarından eşit sayıda çizilmesi, iyonların homojen dağıldığı ve su molekülleri ile çevrili oldukları için birbirlerinden uzakta gösterilmesi beklenmektedir.

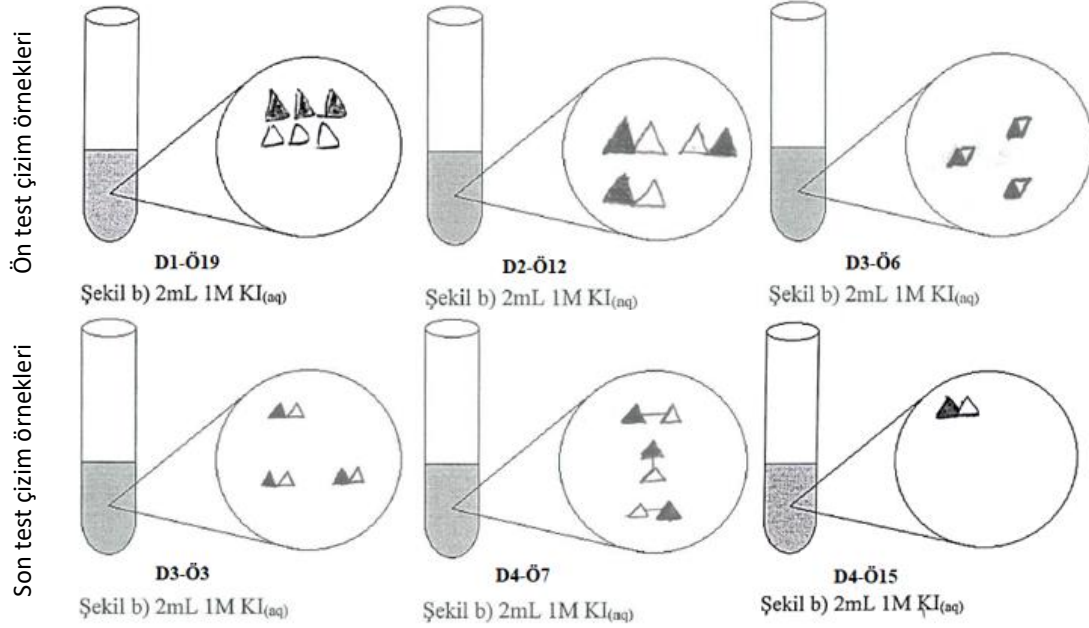
Birinci sorunun Şekil a kısmı ile ilgili alternatif kavrama içeren örnekler Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 4. MT_1 Soru 1, Şekil a Kısmı ile İlgili Alternatif Kavrama İçeren Çizim Örnekleri

Şekil 4'teki çizimler incelendiğinde; öğrencilerin çözelti içindeki kurşun ve nitrat iyonlarını bitişik şekilde çizdikleri (tüm örnek çizimler), iyonları heterojen forma göre çizdikleri görülmektedir (D1-Ö19). Bazı öğrenciler kurşun ve nitrat iyonları arasındaki orana dikkat etmişlerdir (D1-Ö19, D2-Ö12, D3-Ö3, D4-Ö7). Fakat bazı öğrencilerin katsayıları yanlış ilişkilendirdikleri görülmektedir (D3-Ö7). Ayrıca bir öğrenci bir bileşiğin moleküllerinin farklı moleküler geometriye sahip olacak şekilde çizmiştir (D4-Ö7).

Şekil b kısmı ile ilgili alternatif kavrama içeren örnekler Şekil 5'te sunulmuştur.

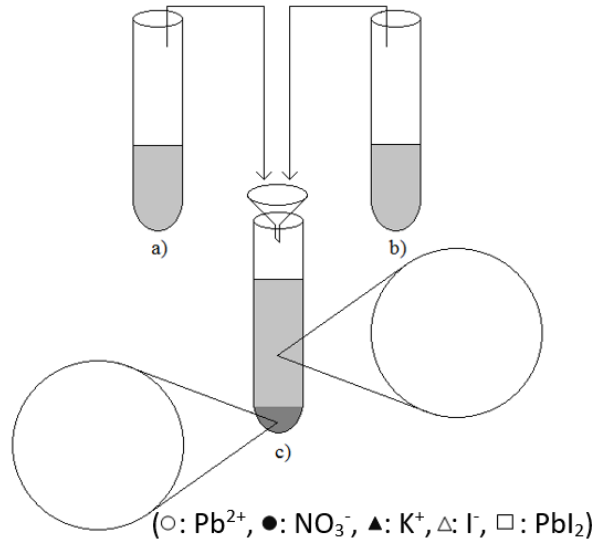


Şekil 5. MT_1 Soru 1, Şekil b Kısmı ile İlgili Alternatif Kavrama İçeren Çizim Örnekleri

Şekil 5'teki çizimler incelendiğinde; bazı öğrenciler potasyum ve iyot iyonları arasındaki orana dikkat etmiş, fakat iyonları heterojen dağılıma göre çizmişlerdir (D1-Ö19). Bazı öğrenciler ise farklı iyonlar arasındaki orana dikkat etmelerine rağmen iyonları bitişik çizmişlerdir (D2-Ö12, D3-Ö6, D3-Ö3, D4-Ö7, D4-15). Bazı öğrenciler ise, potasyum iyodürü iyonlarına ayırmadığı gibi tanecikleri farklı şekilde birleştirerek çizmiştir (D4-Ö7).

Soru 2:

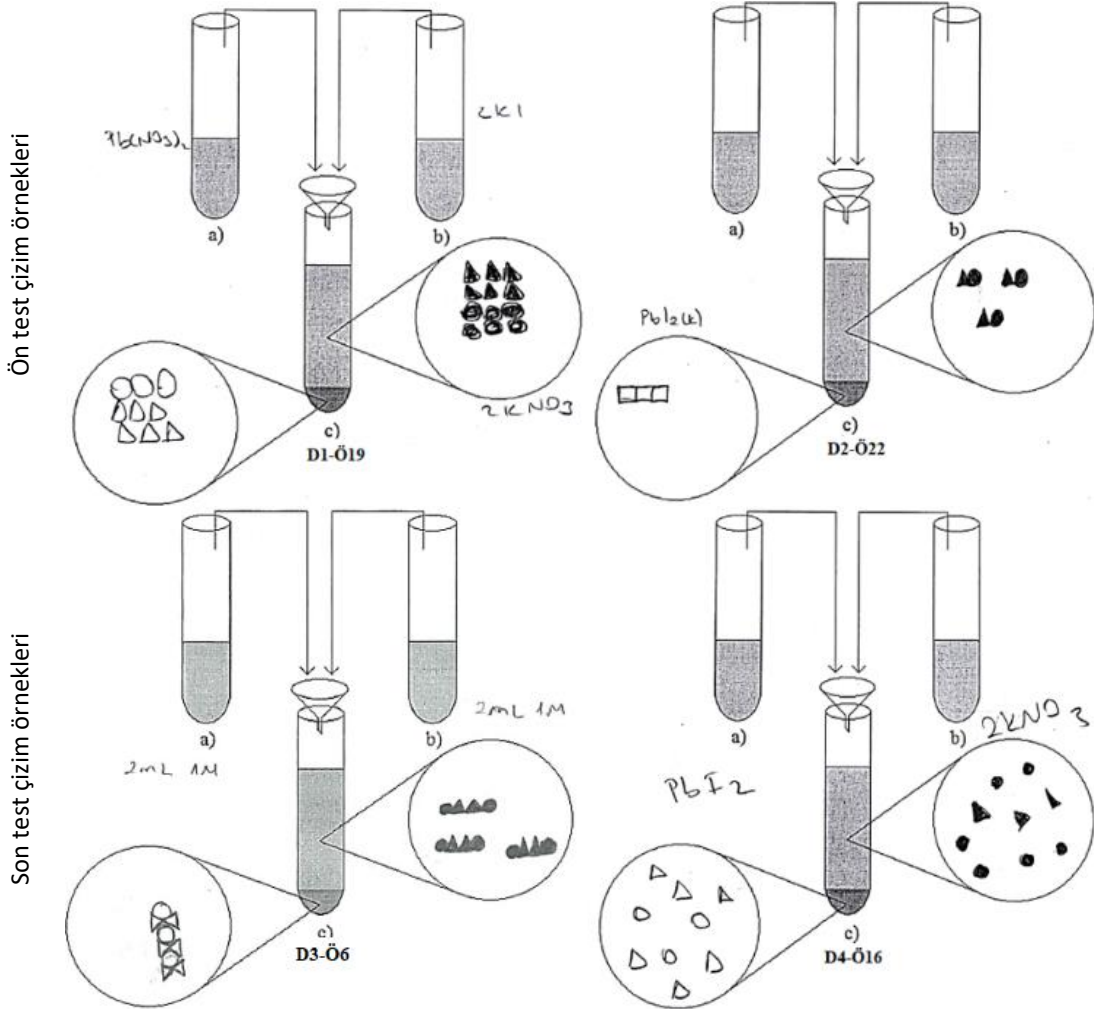
Aşağıdaki a deney tüpündeki 2mL 1M $Pb(NO_3)_2$ çözeltisi ile b deney tüpündeki 2mL 1M KI çözeltisi bir cam huni yardımıyla c deney tüpünde karıştırılıyor ve $Pb(NO_3)_2(Suda) + 2KI(Suda) \rightarrow PbI_2(k) + 2KNO_3(Suda)$ denklemine göre reaksiyon gerçekleşiyor. Karışımın son hâlinde hangi tanecik türlerinin olduğunu gösteriniz.



Bu soruda öğrencilerden çökeltme reaksiyonu sonrasında PbI_2 molekül sayısının K^+ ve NO_3^- iyonlarının yarısı oranında K^+ ve NO_3^- iyonlarından ise eşit sayıda çizilmesi beklenmektedir. PbI_2 katı hâlde olduğu için

taneciklerinin birbirine oldukça yakın, K^+ ve NO_3^- iyonlarının ise su ile çevrili oldukları için birbirlerinden uzakta çizilmesi beklenmektedir.

Bu soru ile ilgili alternatif kavrama içeren örnekler Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. MT₁ Soru 2 İlgili Alternatif Kavrama İçeren Çizim Örnekleri

Şekil 6'daki çizimler incelendiğinde; bazı öğrenciler, iyot ve kurşun iyonlarının dibe çökeceği fakat yeni bir bileşik oluşturmayacakları şekilde aynı zamanda çözelti kısmında kalan nitrat ve potasyum iyonlarını da heterojen bir şekilde çizmişlerdir (D1-Ö19). Bazı öğrenciler çözelti içindeki potasyum ve nitrat iyonlarını bitişik şekilde göstermişlerdir (D2-Ö22, D3-Ö6). Bazı öğrenciler ise çökelti hâlindeki kurşun (II) iyodürü oluşturan tanecikleri çözeltideki iyonlar şeklinde çizmiş, çözelti kısmındaki iyon sayılarının oranına dikkat etmemişlerdir (D4-Ö16).

MT₂'den elde edilen bulgular

MT₂'nin ön ve son test olarak uygulanmasından elde edilen betimleyici istatistikler ve ANOVA sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2.*MT₂ Ön Test ve Son Testte Elde Edilen Verilerin Betimleyici İstatistikleri ve ANOVA Sonuçları*

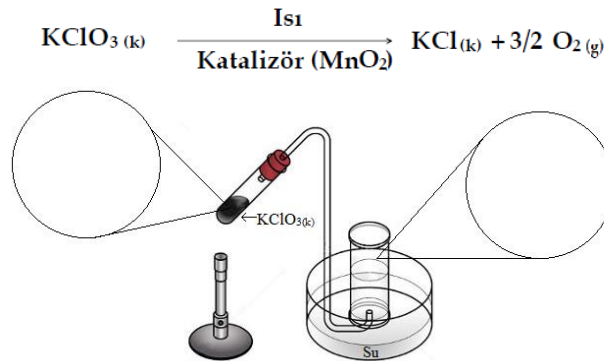
Testler	Gruplar	N	X*	SS	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	p
Ön test	D1	22	19.73	10.28					
	D2	24	20.42	8.45					
	D3	23	23.87	11.73					
	D4	23	24.52	13.59					
	Gruplar arası					398.618	3	132.873	1.067
	Gruplar içi				10954.545	88	124.483		
	Toplam				11353.163	91			
Son test	D1	22	24.95	10.51					
	D2	24	36.17	8.85					
	D3	23	36.22	8.46					
	D4	23	35.87	8.93					
	Gruplar arası					2075.658	3	691.886	8.174
	Gruplar içi				7448.810	88	84.646		
	Toplam				9524.467	91			
Anlamlı fark		D1-D2**, D1-D3**, D1-D4**							

*Maksimum 50 puandır. **Anlamlı farkın lehine olduğu grubu gösterir.

Tablo 2'ye göre ön testte ve son testte en yüksek ortalamaya sahip grupların sırasıyla D4 ve D3 olduğu görülmektedir. MT₂'nin ön test olarak uygulanmasından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiş ($F_{(3-91)} = 1.067$; $p > 0.05$), son testte ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmiştir ($F_{(3-91)} = 8.174$; $p < 0.05$). Bu farkın hangi grup lehine olduğunu belirlemek için Scheffe testi uygulanmıştır. Scheffe testine göre D2, D3 ve D4 ile D1 arasında D2, D3 ve D4 lehine istatistiksel anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. Bu sonucun ortaya çıkmasında bağımsız değişkenlerin rolünün eta-kare değeri ($\eta^2=0.21$) ile geniş düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

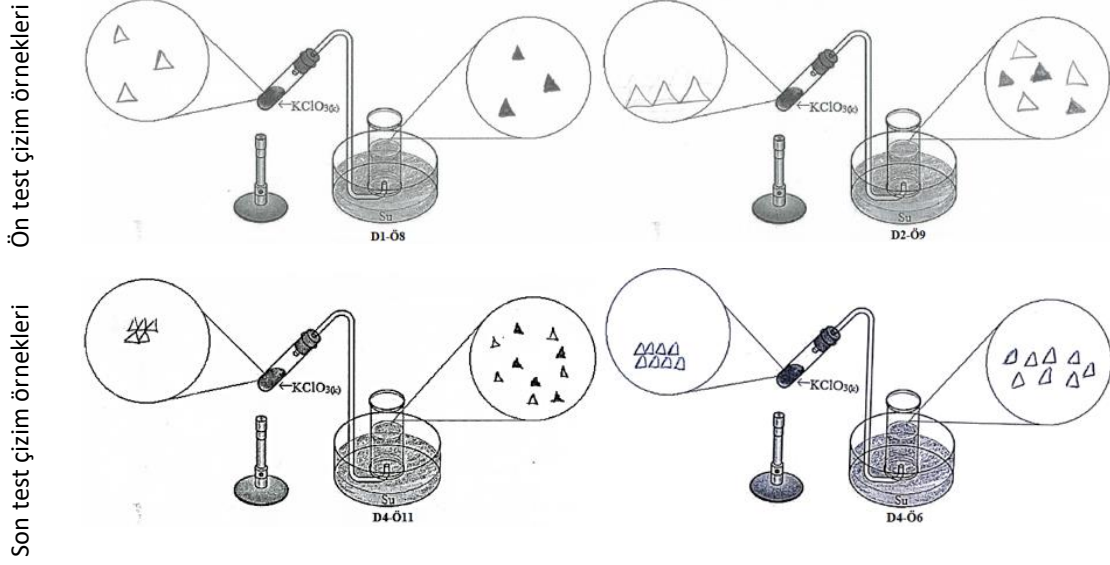
MT₂'nin ön-son test olarak uygulanmasından elde edilen alternatif kavrama örnekleri

Soru 1: Şekildeki deney tüpünde bir miktar Potasyum klorat ($KClO_{3(k)}$) bulunmaktadır. Başlangıçta deney tüpündeki $KClO_{3(k)}$ 'ı ve aşağıda verilen reaksiyona göre işlem uygulandıktan sonra suyun içerisine ters daldırılmış tüpün üst kısmındaki boşlukta bulunan maddeleri tanecik boyutta çiziniz ($KClO_{3(k)}$: Δ , O_2 : \blacktriangle , $KCl(k)$: \circ suyun içerisine daldırılmış olan tüp tamamen su ile doldurularak su dolu kap içerisinde ters çevrilmiştir).



Bu soruda $KClO_3$ ve KCl taneciklerinden eşit sayıda O_2 'den ise diğer bileşiklerin tanecik sayılarının bir buçuk katı kadar tanecik çizilmesi beklenmektedir. Ayrıca katı formdaki taneciklerin birbirine oldukça yakın, gaz maddenin taneciklerinin ise birbirinden oldukça uzak ve içerisinde bulunduğu kapta (su içerisine ters daldırılan mezürün üst kısmında) homojen olarak dağılacak şekilde çizilmesi beklenmektedir.

Bu soru ile ilgili alternatif kavrama içeren örnekler Şekil 7'de sunulmuştur.

Şekil 7. MT₂ Soru 1 ile ilgili Alternatif Kavrama İçeren Çizim Örnekleri

Şekil 7'deki çizimler incelendiğinde; öğrencilerin katı hâldeki potasyum kloratı katı forma uygun olarak çizmedikleri (D1-Ö8) ısı işlem sonrasında potasyum kloratı su içerisinde ters çevrilmiş mezürün üst kısmında oksijen gazı ile birlikte gaz formda çizmişlerdir (D2-Ö9, D4-Ö11). Bazı öğrenciler deney tüpündeki potasyum kloratı katı formda, mezürün üst kısmında ise potasyum kloratı sıvı formda olacak şekilde çizdikleri fakat oksijen gazını çizmedikleri görülmektedir (D4-Ö6). Yine örnek çizimlerde potasyum klorüre yer verilmediği görülmektedir.

MT₃'ten elde edilen bulgular

MT₃'ün ön ve son test olarak uygulanmasından elde edilen betimleyici istatistikler ve ANOVA sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3.

MT₃ Ön Test ve Son Testte Elde Edilen Verilerin Betimleyici İstatistikleri ve ANOVA Sonuçları

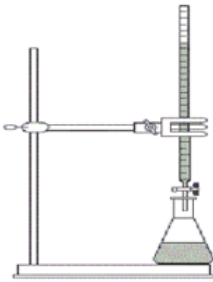
Testler	Gruplar	N	X*	SS	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	p
Ön test	D1	23	18.09	7.30					
	D2	24	17.58	7.55					
	D3	23	18.35	7.66					
	D4	22	20.00	7.26					
	Gruplar arası					74.080	3	24.693	.445
	Gruplar içi				4880.877	88	55.465		
	Toplam				4954.957	91			
Son test	D1	23	18.61	7.57					
	D2	24	38.17	7.46					
	D3	23	31.35	7.87					
	D4	22	32.77	7.82					
	Gruplar arası					4788.760	3	1596.253	27.097
	Gruplar içi				5183.893	88	58.908		
	Toplam				9972.652	91			
Anamlı fark		D1-D2**, D1-D3**, D1-D4**, D2**-D3							

*Maksimum 50 puandır. **Anamlı farkın lehine olduğu grubu gösterir.

Tablo 3'e göre ön testte ve son testte en yüksek ortalamaya sahip grupların sırasıyla D4 ve D2 olduğu görülmektedir. MT_3 'ün ön test olarak uygulanmasından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiştir ($F_{(3-91)} = 0.445$; $p > 0.05$). Son testte gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmiştir ($F_{(3-91)} = 27.097$; $p < 0.05$). Bu farkın hangi grup lehine olduğunu belirlemek için Scheffe testi uygulanmıştır. Scheffe testine göre D2, D3 ve D4 ile D1 arasında D2, D3 ve D4 lehine ve D2 ile D3 arasında D2 lehine istatistiksel anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. Bu sonucun ortaya çıkmasında bağımsız değişkenlerin rolünün eta-kare değeri ($\eta^2=0.48$) ile geniş düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

MT_3 'ün ön-son test olarak uygulanmasından elde edilen alternatif kavrama örnekleri

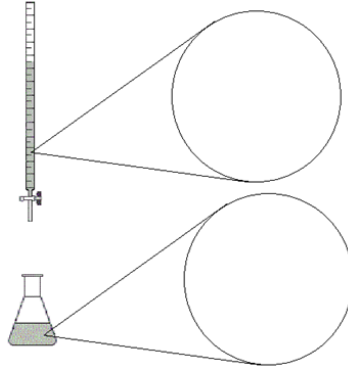
Soru 1: Aşağıda verilen titrasyon düzeneğinde büretin içine 0,4 molar 40mL Hidroklorik asit(HCl) çözeltisi konuluyor. Erlenin içine ise 20mL Sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi konuluyor. Erlen içerisine bir kaç damla fenolftalein damlatılıyor. Büretin musluğu açılarak titrasyon işlemi başlatılıyor. Büretten çözelti alınırken aynı zamanda erlen çalkalanıyor. Büretten 10mL HCl kullanılarak titrasyon işlemi tamamlanıyor.



Erlende; $NaOH(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(s)$
denkleminde göre reaksiyon gerçekleşmektedir.

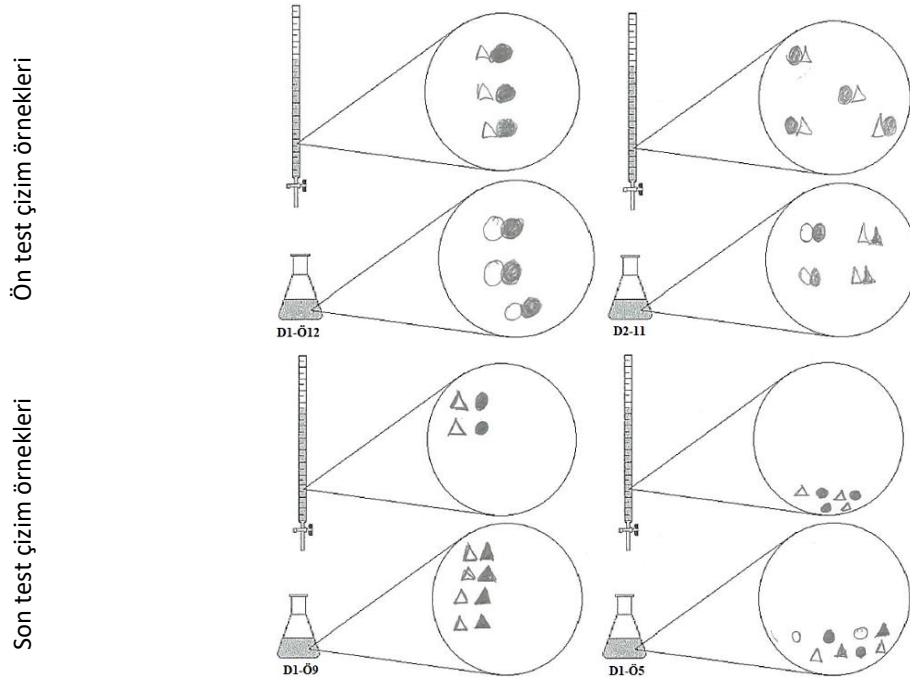
(H^+ : Δ , OH^- : \blacktriangle , Na^+ : \circ , Cl^- : \bullet , 1milimol 1 tanecik ile temsil edilecektir)

Titrasyon bittikten sonra büret ve erlendeki iyonları tanecik boyutta gösteriniz. Çiziminizde sadece reaksiyon sonrasında oluşacak suyu tanecik düzeyde gösteriniz.



Bu soruda titrasyondan önce miktarı ve konsantrasyonu verilen çözeltilerin konsantrasyonlarının tanecik düzeyde ilişkilendirilmesi titrasyondan sonra ise standart çözelti kısmında birbirine eşit sayıda H^+/H_3O^+ ve Cl^- iyonu çizilmesi beklenmektedir. Yine nötralizasyonun gerçekleştiği kısımda birbirine eşit sayıda Na^+ , Cl^- iyonları ve H_2O molekülünün tanecik düzeyde çizilmesi beklenmektedir. Ayrıca iyonlar su ile çevrili oldukları için birbirlerinden ayrı olacak şekilde çizilmelidir.

Bu soru ile ilgili alternatif kavrama içeren örnekler Şekil 8'de sunulmuştur.



Şekil 8. MT₃ Soru 1 ile ilgili alternatif kavrama içeren çizim örnekleri

Şekil 8'deki çizimler incelendiğinde; öğrencilerin, büretteki ve titrasyon sonucu erlendeki iyonları bitişik çizdikleri görülmektedir (D1-Ö12, D2-Ö11). Bazı öğrencilerin, titrasyon sonucunda erlenede sadece suyu oluşturan hidronyum ve hidroksit iyonlarının olacağı şekilde çizim yaptıkları (D1-Ö9) bazı öğrencilerin ise titrasyon sonucunda erlenede oluşan suyu tanecek boyutta gösteremedikleri gibi başlangıçta verilen madde miktarlarına da dikkat etmedikleri görülmektedir (D1-Ö5).

MT₄'ten elde edilen bulgular

MT₄'ün ön ve son test olarak uygulanmasından elde edilen betimleyici istatistikler ve ANOVA sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4.

MT₄ Ön Test ve Son Testte Elde Edilen Verilerin Betimleyici İstatistikleri ve ANOVA Sonuçları

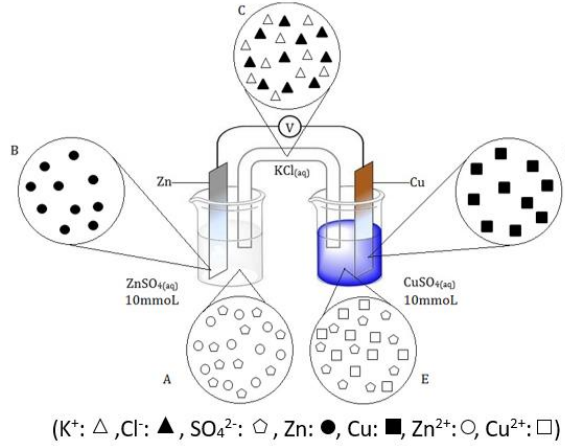
Testler	Gruplar	N	X*	SS	Karelerin Toplamı	df	Karelerin Ortalaması	F	p	
Ön test	D1	21	11.33	4.67						
	D2	24	11.83	5.21						
	D3	22	11.45	4.75						
	D4	16	11.19	4.86						
	Gruplar arası					4.831	3	1.610	.067	0.97
	Gruplar içi					1887.892	79	23.897		
Toplam					1892.723	82				
Son test	D1	21	14.90	8.99						
	D2	24	36.92	8.94						
	D3	21	28.62	14.21						
	D4	16	37.13	10.10						
	Gruplar arası					6732.533	3	2244.178	19.393	0.00
	Gruplar içi					9026.345	78	115.722		
Toplam					15758.878	81				
Anlamlı fark		D1-D2**, D1-D3**, D1-D4**								

*Maksimum 50 puandır. **Anlamlı farkın lehine olduğu grubu gösterir.

Tablo 4'e göre ön testte ve son testte en yüksek ortalamaya sahip grupların sırasıyla D2 ve D4 olduğu görülmektedir. MT₄'ün ön test olarak uygulanmasından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiş ($F_{(3-82)} = 0.067$; $p > 0.05$) son testte ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmiştir ($F_{(3-81)} = 19.393$; $p < 0.05$). Bu farkın hangi grup lehine olduğunu belirlemek için Scheffe testi uygulanmıştır. Scheffe testine göre D2, D3 ve D4 ile D1 arasında D2, D3 ve D4 lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. Bu sonucun ortaya çıkmasında bağımsız değişkenlerin rolünün eta-kare değeri ($\eta^2=0.42$) ile geniş düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

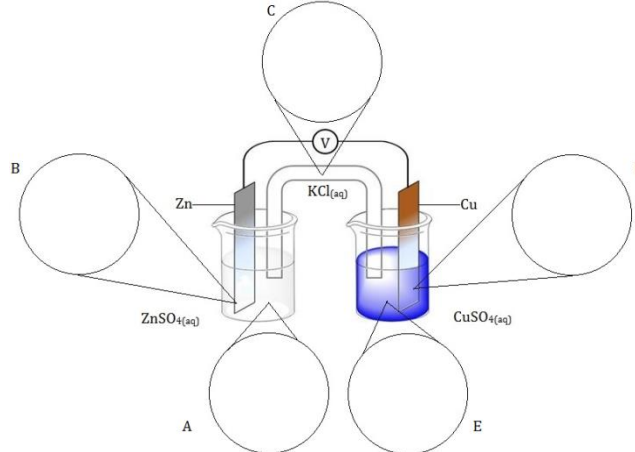
MT₄'ün ön-son test olarak uygulanmasından elde edilen alternatif kavrama örnekleri

Soru 1:



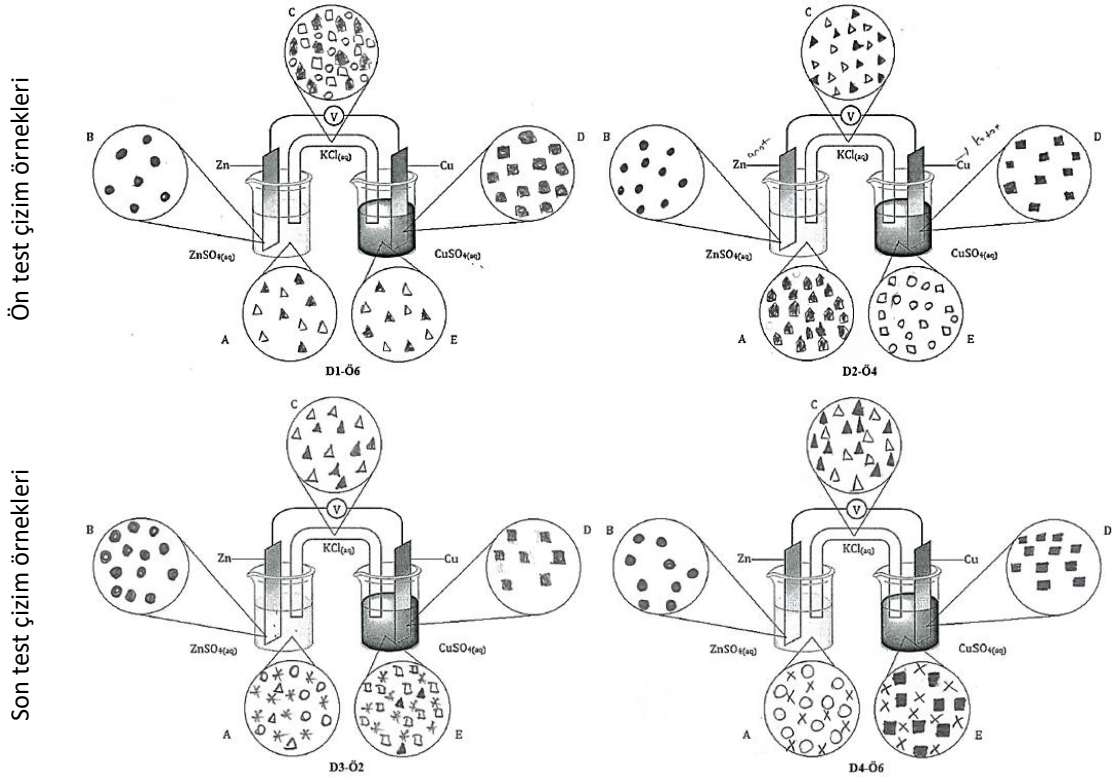
Şekilde bir elektrokimyasal pil verilmiş ve pil çalışmaya başlamadan önce pili oluşturan kısımlarda bulunan maddeler tanecik boyutta gösterilmiştir.

Yukarıdaki şekilde verilen pil bir süre çalıştırılıp sonra durduruluyor. Pil durdurulduğunda A, B, C, D ve E balonlarında son durumda hangi taneciklerin ve hangi miktarda bulunduğunu tanecik boyutta gösteriniz.



Bu soruda çinko elektrotun (anot) çözeltide kalan kısmındaki tanecik sayısında azalma, elektrolit çözeltisinde Zn^{2+} iyon sayısında artış ve yine bu çözelti içerisine tuz köprüsünden gelen Cl^- iyonlarının çizilmesi beklenmektedir. Bakır elektrotun (katot) çözeltideki kısmında tanecik sayısında artma, elektrolit çözeltisinde Cu^{2+} iyon sayısında azalma ve bu çözelti içerisine tuz köprüsünden gelen K^+ iyonların çizilmesi beklenmektedir. Aynı zamanda tuz köprüsündeki iyonlar elektrotların bulunduğu çözeltilere geçtiği için buradaki her iki iyon türünün sayısı azaltılarak çizim yapılmalıdır.

Bu soru ile ilgili alternatif kavrama içeren örnekler Şekil 9'da sunulmuştur.



Şekil 9. MT₄ Soru 1 Alternatif Kavrama İçeren Çizim Örnekleri

Şekil 9'daki çizimler incelendiğinde; öğrencilerin anotta tanecik sayısının azalacağı, katotta tanecik sayısının artacağı fakat tuz köprüsündeki iyonların elektrolitlere eşit olarak dağılacağı ve pildeki geri kalan iyonların tamamının tuz köprüsüne geçeceği (D1-Ö6) elektrokimyasal pilin çalışması sonucunda elektrotlarda ve tuz köprüsünde bir değişiklik olmayacağı, sülfat iyonlarının anotun bulunduğu çözeltide çinko ve bakır iyonlarının ise katotun bulunduğu çözeltide toplanacağı şekilde çizim yaptıkları görülmektedir (D2-Ö4). Bazı öğrenciler, indirgenme reaksiyonunun çinko elektrotta olacağı şekilde çizim yapmış ve dolayısıyla tuz köprüsünden pozitif yüklü iyonların çinko elektrotun bulunduğu çözeltilere negatif yüklü iyonların ise bakır elektrotun bulunduğu çözeltilere geçecek şekilde çizim yapmışlardır (D3-Ö2). Bazı öğrenciler ise elektrokimyasal pilin çalışması sonucunda tuz köprüsündeki iyonların tuz köprüsünde kalacağı şekilde çizim yapmış ve aynı zamanda tuz köprüsündeki pozitif yüklü iyon sayısını bir azaltarak negatif yüklü iyon sayısını bir artırarak çizim yaptıkları görülmektedir (D4-Ö6).

Tartışma ve Sonuç

Bu araştırmada, işbirlikli öğrenmenin animasyonlar, modeller ve yedi ilke ile ayrı ayrı uygulanmasının kavramsal anlamaya etkisi incelenmiştir. Bu kısımda ilk olarak uygulanan yöntemlerin ulaşılan sonuca etkileri tartışılmıştır. İkinci olarak her bir Modül Test ile ilgili anlamalar ilgili literatürle tartışılarak sunulmuştur.

Araştırma bulgularına göre işbirlikli öğrenmenin yedi ilke ile birlikte uygulanmasının, işbirlikli öğrenmenin modellerle birlikte ve işbirlikli öğrenmenin animasyonlarla birlikte uygulanmasının kavramsal anlamayı daha fazla arttırdığı açıkça görülmektedir. Modül Testlerin hepsinde D1 grubu ile D2, D3, D4 grupları arasında D2, D3, D4 grupları lehine anlamlı farklılık belirlenmiştir. Eta-kare değerleri bu uygulamaların sonuçlar üzerindeki etkisinin geniş düzeyde (Cohen, 1988) olduğunu desteklemektedir. Diğer ikili karşılaştırmalarda MT₃'te D2 ile D3 arasında D2 lehine anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. MT₄ haricinde diğer testlerde ortalama puanın en çok arttığı deney grubu D2 olmuştur. MT₄ ise en fazla artış D4 grubunda olmuştur. İşbirlikli öğrenmenin yedi ilke ile uygulandığı grupta bir Öğrenme Yönetim

Sistemi (ÖYS) kullanılması öğrencilerin birbirleri ve öğretmenle iletişimini daha fazla artırmıştır. Bu durumun öğrencilerin sosyal etkileşimlerini daha fazla artırarak öğrenmelerinde olumlu etki oluşturduğu düşünülmektedir. Çünkü sosyal etkileşimler, kavramsal yapıların zihinde oluşturulmasını olumlu etkilemektedir (Weir, 2004). Yine bu gruptaki öğrenciler ÖYS ile sınıf dışında daha fazla işbirliği yapma imkânı bulmuşlardır. D2 grubunda çalışmaların ÖYS ile takip edilmesi ve gerekli durumlarda dönüt verilmesi sınıf dışı etkinliklerin zamanında yapılmasını sağlamıştır. Bu uygulamaların öğrencilerin kavramsal anlamalarını artırmış olduğu çıkarımı yapılabilir. Aynı zamanda araştırma dâhilindeki konularla ilgili proje hazırlayarak sınıfta sunmaları ve bu sunumların tartışılması esnasında dönütler almaları sebebiyle diğer gruplardaki öğrencilerden daha fazla dönüt aldıkları söylenebilir. Dönütlerin öğrenmede sonraki adımlara rehberlik ettiği göz önünde bulundurulduğunda grubun başarısında dönütlerin etkili olduğu çıkarımı yapılabilir (Brown vd., 2016). Diğer bir husus ise öğrencilerden makro-mikro ve sembolik boyutu birbirleriyle ilişkilendirirken diledikleri malzemeleri kullanarak bir materyal geliştirmiş olmalarıdır. Bu materyallerin geliştirilmesi sürecinde öğrencilerin mevcut bilgilerinin tespit edilmesi ve uygun dönütlerin verilmesi kavramsal anlamalarını artırmış olabilir. Çünkü materyal geliştirme sürecince öğrencilerin ön bilgilerinin tespit edilmesi ve uygun dönütlerin verilmesi kavramsal anlayışlarını olumlu şekilde etkilemektedir (Karataş vd., 2003).

Modellerin işbirlikli öğrenme ile uygulandığı grupta ise öğrencilerin modelleri bizzat yapmalarının anlamalarında etkili olduğu yorumu yapılmıştır. Yaseen'in (2018) yürüttüğü ve modellerin öğrenciler tarafından geliştirilmesinin öğrenmelerini olumlu yönde etkilediği sonucuna erişilen araştırma bu yorumu desteklemektedir. Aynı zamanda kimyasal olayların moleküler düzeyde görselleştirilmesi (Cloonan vd., 2011; Hoe & Subramaniam, 2016) ve mikroskobik boyutta gerçekleşen reaksiyonların öğretiminde makroskopik boyutta yeniden düzenlenebilir modeller kullanılması öğrencilerin kavramsal anlamalarına yardımcı olmaktadır (Cloonan vd., 2011; Yaseen, 2018). Animasyonların işbirlikli öğrenme ile uygulandığı grupta, animasyonların mikro boyuttaki durumları görünür hâle getirmesinin tanecik boyutta anlamaya yardımcı olduğu söylenebilir. Ancak bu gruptaki öğrencilerin kavramsal anlama seviyelerinin D2 ve D4 grubundan daha düşük düzeyde olması öğrencilerin animasyonlara müdahale edememeleri ve bir yönüyle pasif izleyici pozisyonunda kalmaları ile ilişkilendirilerek yorumlanmıştır. Fakat literatürde birçok araştırmada animasyonların tanecik düzeyde anlamaya yardımcı olduğu belirlenmiştir (Karacop & Doymuş, 2013; Özmen, 2011; Williamson & Abraham, 1995). Ayrıca tüm deney gruplarında MT'lerde çizim şekli olarak benzer yanılgılar tespit edilmiştir. Bu durum öğrencilerin kavramsal bilgi bakımından benzer oldukları şeklinde yorumlanmıştır. Bu bulgu, Şimşek vd. (2008) tarafından yürütülen bir araştırma ile örtüşmektedir.

MT₁'in birinci sorusu ile ilgili çizimler incelendiğinde iyonik yapılı kurşun (II) nitrat ve potasyum iyodür sulu çözeltilerinde öğrencilerin bu bileşikleri iyonlarına ayırmadan çizdikleri görülmüştür. Bu bulgu Izzati ve Rochmah (2020) ve Kelly'nin (2016) araştırmalarının bulguları ile örtüşmektedir. İlgili araştırmalarda öğrencilerin iyonik yapılı bileşiklerin sulu çözeltilerinde iyonların birbirinden ayrılmadığı şeklinde bir kavramsal anlayışa sahip oldukları bulunmuştur. Bu durum öğrencilerin, çözeltideki farklı tür yüklere sahip iyonların elektrostatik çekim kuvvetiyle bir araya geldiklerini düşündükleri şeklinde yorumlanmıştır. İlgili literatürde farklı öğrenim seviyelerindeki öğrencilerle yapılan birçok araştırmada da çözünme ile ilgili çok sayıda kavram yanılgısı tespit edilmiştir (Akgün, 2009; Çalık & Ayas, 2005). MT₁'in ikinci sorusunda öğrencilerin hangi iyonların çökeceğini hangi iyonların çözeltide kalacağını bilmedikleri için hata yaptıkları görülmektedir. Bu duruma metalik aktiflik konusundaki bilgi eksikliği sebep olmuş olabilir. Çünkü ön öğrenmelerdeki eksikler daha ileri düzeydeki konuların anlaşılmasını olumsuz etkilemektedir (Akgün, 2009).

MT₂'deki çizimler incelendiğinde, öğrencilerin fiziksel ve kimyasal değişimin aynı anda gerçekleştiği şekilde çizim yaptıkları görülmektedir. İlgili literatürde daha önce bu şekilde bir kavram yanılgısı ile karşılaşmamıştır. Öğrencilerin fiziksel ve kimyasal değişim konularını anlamada güçlük çektikleri ve çok sayıda kavram yanılgısına sahip oldukları birçok araştırmada ortaya konulmuştur (Kıngır & Geban, 2014; Lemma, 2013). Bu araştırmada öğrencilerin hatalı kavramsal anlamalarının diğer bir sebebi sembolik gösterim ile mikroskobik gösterimi birbiri ile ilişkilendirememelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

MT₃'teki çizimler incelendiğinde öğrencilerin asit, baz ve tuz çözeltilerindeki iyonları bitişik şekilde çizdikleri görülmektedir. Bu bulgu Hoe ve Subramaniam'ın (2016) araştırması ile tutarlıdır. İlgili araştırmada öğrencilerin tam nötralizasyon sonucunda oluşan tuzun katyonları ve anyonlarının bitişik olmaları gerektiği şeklinde bir anlayışa sahip oldukları belirlenmiştir. Bu durum öğrencilerin farklı yüklere sahip iyonların elektrostatik çekim kuvveti ile birbirlerini çekeceklerini düşündükleri şekilde yorumlanmıştır. Ulaşılan sonuç birçok araştırma sonucuyla tutarlıdır (Hoe & Subramaniam, 2016; Tien vd., 2007).

MT₄'teki çizimlerden öğrencilerin sulu pil düzeneğinde gerçekleşen reaksiyonları anlamakta zorlandıkları görülmektedir. En fazla zorluk yaşanan kısımlar yarı pil hücrelerindeki yükseltgenme-indirgenme kavramları ve tuz köprüsünden yükseltgenme indirgenme bölgelerine hangi tür iyonların geçmesi gerektiğinin anlaşılabilmesidir. Bu durum, lise seviyesinde elektrokimya konusunun sembolik düzeyde anlatılması (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018) ile ilişkilendirilerek yorumlanmıştır. Çünkü kimyanın anlaşılması temel ve ileri seviyedeki konuların makroskopik-mikroskopik-sembolik gösterim ile ele alınmasını gerektirmektedir (Johnstone, 1982). Elektrokimya ile ilgili araştırmalarda bu araştırma bulgularına benzer şekilde öğrencilerin, yükseltgenme indirgenme reaksiyonları ve tuz köprüsü ile ilgili yanlışlıklara sahip oldukları belirlenmiştir (Acar-Sesen & Tarhan, 2011; Osman & Lee, 2013).

Modül Testlerden elde edilen diğer bir bulgu ise ön testlerde belirlenen bazı alternatif kavramaların son testlerde de devam etmesidir. Bu bulgu alternatif kavramaların değişime karşı dirençli olduğu şeklinde yorumlanmıştır (Akgün, 2009). Öte taraftan bu araştırmanın farklı temel kimya konularıyla ilgili alternatif kavramaları bir arada sunması bakımından önemli olduğu çıkarımı yapılabilir. Buradan hareketle öğretim programlarında, temel konulardaki kavram yanlışlarının ileri seviyedeki konuların öğrenilmesini olumsuz etkilediğine daha fazla dikkat çekilmesi gerektiği söylenebilir.

Sonuç olarak, işbirlikli öğrenmenin yedi ilke, işbirlikli öğrenmenin modellerle ve işbirlikli öğrenmenin animasyonlarla uygulanmasının kavramsal anlamayı daha fazla arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Sınırlılıklar ve Öneriler

Araştırmada ele alınan konular oldukça kapsamlıdır. Fakat bu araştırmada ilgili konuların belirli kısımları [çözeltiler (çözünme ve çökeltme), kimyasal reaksiyonlar (ayırışma reaksiyonu), asitler ve bazlar (titrasyon) ve elektrokimya (elektrokimyasal pilin çalışması sonucunda pilin farklı kısımlarındaki değişimler)] tanecik düzeyde ele alınmıştır. Diğer bir sınırlılık ise öğrencilerin kavramsal anlamalarının tanecik düzeydeki çizimler üzerinden değerlendirilmesidir. Bu sebeple ileride yapılacak araştırmalarda öğrencilerden çizimleri ile ilgili yazılı açıklama istenmesi ve doğru ve yanlış çizim yapan öğrencilerle çizimlerine yönelik mülakatlar yapılması kavramsal anlayışlarını daha açık bir şekilde ortaya çıkarabilir. Araştırma bulguları doğrultusunda iyonik yapılı bileşik çözeltilerinin öğretiminde cebirsel hesaplamalarla birlikte tanecik boyuta daha fazla dikkat çekilmesi önerilmektedir.

Yazar Katkı Oranı

Yazarlar, çalışmaya eşit oranda katkı sunmuşlardır.

Etik Beyan

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesinde" yer alan tüm kurallara uyulmuş ve yönergenin ikinci bölümünde yer alan "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" den hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

Çatışma Beyanı

Yazarlar çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmadığını beyan etmektedirler.

References

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: Enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353-374. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.629013>
- Abramczyk, A., & Jurkowski, S. (2020). Cooperative learning as an evidence-based teaching strategy: What teachers know, believe, and how they use it. *Journal of Education for Teaching*, 46(3), 296-308. <https://doi.org/10.1080/02607476.2020.1733402>
- Acar-Sesen, B., & L. Tarhan (2011). Inquiry-based laboratory activities in electrochemistry: High school students' achievements and attitudes. *Research in Science Education*, 43(1), 413-435. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9275-9>
- Acar, B., & Tarhan, L. (2007). Effect of cooperative learning strategies on students' understanding of concepts in electrochemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(2), 349-373. <https://doi.org/10.1007/s10763-006-9046-7>
- Adadan, E. (2014). Investigating the influence of pre-service chemistry teachers' understanding of the particle nature of matter on their conceptual understanding of solution chemistry. *Chemical Education Research and Practice*, 15, 219-238. <https://doi.org/10.1039/C4RP00002A>
- Aghajani, M., & Adloo, M. (2018). The effect of online cooperative learning on students' writing skills and attitudes through Telegram application. *International Journal of Instruction*, 11(3), 433-448. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11330a>
- Akaygun, S. (2016). Is the oxygen atom static or dynamic? The effect of generating animations on students' mental models of atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 788-807. <https://doi.org/10.1039/C6RP00067C>
- Akgün, A. (2009). Fen öğretmen adaylarının çözelti, çözünme ve difüzyon konusundaki kavram yanılgıları ve fen tutumları ile başarıları arasındaki ilişki. *Eğitim ve Bilim*, 34(154), 26-36.
- Allred, Z. D. R., & Bretz, S. L. (2019). University chemistry students' interpretations of multiple representations of the helium atom. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(2), 358-368. <https://doi.org/10.1039/C8RP00296G>
- Bicen, H., & Taspolat, A. (2019). Students' views on the teaching process based on social media supported flipped classroom approach. *Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 10(4), 115-144. <https://doi.org/10.18662/brain/08>
- Bishoff, J. P. (2010). *Utilization of the seven principles for good practice in undergraduate education in general chemistry by community college instructors* (Publication No. 749781490) [Doctoral dissertation, University of West Virginia]. ProQuest Dissertations & Theses Global. <https://www.proquest.com/docview/749781490?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- Bolliger, D. U., & Martin, F. (2018). Instructor and student perceptions of online student engagement strategies. *Distance Education*, 39(4), 568-583. <https://doi.org/10.1080/01587919.2018.1520041>
- Boz, Y. (2009). Turkish prospective chemistry teachers' alternative conceptions about acids and bases. *School Science and Mathematics*, 109(4), 212-222. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2009.tb18259.x>
- Brown, G. T., Peterson, E. R., & Yao, E. S. (2016). Student conceptions of feedback: Impact on self-regulation, self-efficacy, and academic achievement. *British Journal of Educational Psychology*, 86(4), 606-629. <https://doi.org/10.1111/bjep.12126>
- Büyükoztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2012). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (12. Bs.). Pegem Akademi.
- Caboni, T. C., Mundy, M. E., & Duesterhaus, M. B. (2002). The implications of the norms of undergraduate college students for faculty enactment of principles of good practice in

- undergraduate education. *Peabody Journal of Education*, 77(3), 125-137. https://doi.org/10.1207/S15327930PJE7703_7
- Chan, M. (2020). A multilevel SEM study of classroom talk on cooperative learning and academic achievement: Does cooperative scaffolding matter? *International Journal of Educational Research*, 101, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101564>
- Chickering, A. W., & Gamson, Z. (1987). Seven principles of good practice in undergraduate education. *AAHE Bulletin*, 39 (7), 3-7.
- Chickering, A. W., & Gamson, Z. (1999). Development and adaptations of the seven principles for good practice in undergraduate education. *New Directions for Teaching and Learning*, 80, 75-81.
- Cloonan, C. A., Nichol, C. A., & Hutchinson, J. S. (2011). Understanding chemical reaction kinetics and equilibrium with interlocking building blocks. *Journal of Chemical Education*, 88(10), 1400-1403. <https://doi.org/10.1021/ed1010773>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Routledge.
- Costouros, T. (2020). Jigsaw cooperative learning versus traditional lectures: Impact on student grades and learning experience. *Teaching & Learning Inquiry*, 8(1), 154-172. <http://dx.doi.org/10.20343/teachlearning.8.1.11>
- Crews, T. B., Wilkinson, K., & Neill, J. K. (2015). Principles for good practice in undergraduate education: Effective online course design to assist students' success. *Journal of Online Learning and Teaching*, 11(1), 87-103.
- Çalık, M., & Ayas, A. (2005). A comparison of level of understanding of grade 8 students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 638-667. <https://doi.org/10.1002/tea.20076>
- Çavdar, O., & Doymuş, K. (2018). Karışımlar konusunun öğretilmesinde işbirlikli öğrenme yönteminin iyi bir eğitim ortamı için yedi ilke ve modellerle kullanılması. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 14(3), 325-346. <https://doi.org/10.17244/eku.328018>
- Dere, E., Avcı Yücel, U., & Yalçınalp, S. (2016). İlköğretim öğrencilerinin eğitsel bir çevrimiçi sosyal öğrenme ortamı olan Edmodo'ya ilişkin görüşleri. *İlköğretim Online*, 15(3), 804-819. <https://doi.org/10.17051/io.2016.49794>
- Ergin, Ö., Şahin-Pekmez, E., & Öngel-Erdal, S. (2012). *Kuramdan uygulamaya deney yoluyla fen öğretimi*. Dinozor kitabevi.
- Eshietedoho, C. G. (2010). *The effects of cooperative learning methods on minority ninth graders in earth and space science* (Publication No. 604991358) [Doctoral dissertation, Nova Southeastern University]. ProQuest Dissertations & Theses Global. <https://www.proquest.com/docview/604991358?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- Fırat, M. (2014). *Maddenin yapısı ve özellikleri ünitesinin öğretiminde iki farklı işbirlikli öğrenme yönteminin öğrencilerin akademik başarıları ve epistemolojik tutumları üzerine etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi], Atatürk Üniversitesi.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<352::AID-SCE3>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<352::AID-SCE3>3.0.CO;2-J)
- Hattie, J. (2015). The applicability of visible learning to higher education. *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology*, 1(1), 79-91. <https://doi.org/10.1037/stl0000021>
- Hoe, K. Y., & Subramaniam, R. (2016). On the prevalence of alternative conceptions on acid-base chemistry among secondary students: Insights from cognitive and confidence measures. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 263-282. <https://doi.org/10.1039/C5RP00146C>

- Hohenshell, M. L., & Hand, B. (2006). Writing-to-learn strategies in secondary school cell biology: A mixed method study. *International Journal of Science Education*, 28(2), 261-289. <https://doi.org/10.1080/09500690500336965>
- Izzati, S., & Rochmah, N. (2020). Analysis of students' comprehension and misconception towards the topic of salt solubility. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 6(1), 152-165. <https://doi.org/10.30870/jppi.v6i1.7324>
- Johnson, D., Johnson, R., & Smith, K. A. (1990). Cooperative learning: An active learning strategy. *FOCUS on Teaching and Learning*, 5(2), 1-8.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro and microchemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Junco, R., Heiberger, G., & Lokent, E. (2011). The effect of twitter on college student engagement and grades. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27, 119-132. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2010.00387.x>
- Karacop, A., & Doymuş, K. (2013). 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 and Technology*, 22(2), 186-203. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9385-9>
- Karataş, F. Ö., Köse, S., & Coştu, B. (2003). Öğrenci yanılgılarını ve anlama düzeylerini belirlemede kullanılan iki aşamalı testler. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(13), 54-69.
- Karpudewan, M., Treagust, D. F., Mocerino, M., Won, M., & Chandrasegaran, A. L. (2015). Investigating high school students' understanding of chemical equilibrium concepts. *International Journal of Environmental and Science Education*, 10(6), 845-863. <https://doi.org/10.12973/ijese.2015.280a>
- Karsli, F., & Çalık, M. (2012). Can freshman science student teachers' alternative conceptions of 'electrochemical cells' be fully diminished? *Asian Journal of Chemistry*, 24(2), 485-491.
- Kelly, R. M., & Jones, L. L. (2007). Exploring how different features of animations of sodium chloride dissolution affect students' explanations. *Journal of Science Education and Technology*, 16(5), 413-429. <https://doi.org/10.1007/s10956-007-9065-3>
- Kelly, R. M. (2016). ConfChem conference on interactive visualizations for chemistry teaching and learning: Insights into molecular visualization design. *Journal of Chemical Education*, 93(6), 1142-1144. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00556>
- Kingir, S., & Geban, Ö. (2014). 10th grade students' conceptions about chemical change. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 11(1), 43-62. <https://doi.org/10.12973/tused.10102a>
- Kimberlin, S., & Yezierski, E. (2016). Effectiveness of inquiry-based lessons using particulate level models to develop high school students' understanding of conceptual stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 93, 1002-1009. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b01010>
- Krell, M., Reinisch, B., & Krüger, D. (2015). Analyzing students' understanding of models and modeling referring to the disciplines biology, chemistry, and physics. *Research in Science Education*, 45, 367-393. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9427-9>
- Lemma, A. (2013). A diagnostic assessment of eighth grade students' and their teachers' misconceptions about basic chemical concepts. *African Journal of Chemical Education*, 3(1), 39-59.
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2010). *Research in education: Evidence-based inquiry*. Pearson.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). Sage Publications.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). *Ortaöğretim kimya dersi öğretim programı*. MEB Yayınları.
- Okumuş, S., & Doymuş, K. (2018). İyi bir eğitim ortamı için yedi ilkenin işbirlikli öğrenme ve modellerle birlikte uygulanmasının 6. sınıf öğrencilerinin fen başarısına etkisi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 203-238.

- Oliva, J. M., del Mar Aragón, M., & Cuesta, J. (2015). The competence of modelling in learning chemical change: A study with secondary school students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(4), 751-791.
- Osman, K., & Lee, T. T. (2014). Impact of interactive multimedia module with pedagogical agents on students' understanding and motivation in the learning of electrochemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(2), 395-421. <https://doi.org/10.1007/s10763-013-9407-y>
- Özmen, H. (2011). Effect of animation enhanced conceptual change texts on 6th grade students' understanding of the particulate nature of matter and transformation during phase changes. *Computers & Education*, 57(1), 1114-1126. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.12.004>
- Öztürk, B., & Doymuş, K. (2018). İyi bir eğitim ortamı için yedi ilke ve modellerle desteklenen işbirlikli öğrenme yöntemlerinin akademik başarıya etkisi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 1957-1976.
- Samon, S., & Levy, S. T. (2017). Micro–macro compatibility: When does a complex systems approach strongly benefit science learning? *Science Education*, 101(6), 985-1014. <https://doi.org/10.1002/sce.21301>
- Schoonen, R., Gelderen, A., Stoel, R. D., & Glopper, K. (2010). Modeling the development of L1 and EFL writing proficiency of secondary school student. *Language Learning*, 20(10), 1-49. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9922.2010.00590.x>
- Sormunen, K., Juuti, K., & Lavonen, J. (2020). Maker-centered project-based learning in inclusive classes: Supporting students' active participation with teacher-directed reflective discussions. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(4), 691-712. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09998-9>
- Sowan, A. K., & Jenkins, L. S. (2013). Designing, delivering and evaluating a distance learning nursing course responsive to students needs. *International Journal of Medical Informatics*, 82(6), 553-564. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2013.02.004>
- Şimşek, Ü., Doymuş, K., & Karaçöp, A. (2008). Çözeltiler ünitesinde uygulanan grup araştırması tekniğinin öğrencilerin maddenin tanecikli yapısını anlamalarına ve akademik başarılarına etkisi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(1), 87-99.
- Taber, K. S. (2019). Alternative conceptions and the learning of chemistry. *Israel Journal of Chemistry*, 59(6-7), 450-469. <https://doi.org/10.1002/ijch.201800046>
- Tadesse, T., Gillies, R. M., & Manathunga, C. (2020). Shifting the instructional paradigm in higher education classrooms in Ethiopia: What happens when we use cooperative learning pedagogies more seriously? *International Journal of Educational Research*, 99, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2019.101509>
- Tanis, C. J. (2020). The seven principles of online learning: Feedback from faculty and alumni on its importance for teaching and learning. *Research in Learning Technology*, 28, 2319. <https://doi.org/10.25304/rlt.v28.2319>
- Tarhan, L., & Acar-Sesen, B. (2013). Problem based learning in acids and bases: Learning achievements and students' beliefs. *Journal of Baltic Science Education*, 12(5), 565-578.
- The Ohio Learning Network. (2002). *Quality learning in Ohio and at a distance: A report of the Ohio Learning network Task Force on quality in distance learning*. http://www.olin.org/ILT/7_principles/learn_more.php
- Tien, L. T., Teichert, M. A., & Rickey, D. (2007). Effectiveness of a MORE laboratory module in prompting students to revise their molecular-level ideas about solutions. *Journal of Chemical Education*, 84(1), 175-181. <https://doi.org/10.1021/ed084p175>
- Tirrell, T. (2009). *Examining the impact of Chickering's seven principles of good practice on student attrition in online courses in the community college* (Publication No. 304862513) [Doctoral


- dissertation, Colorado State University]. ProQuest Dissertations & Theses Global. <https://www.proquest.com/docview/304862513?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- Tuapawa, K. (2017). Interpreting experiences of students using educational online technologies to interact with teachers in blended tertiary environments: A phenomenological study. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(1). <https://doi.org/10.14742/ajet.2964>
- URL-1. (2016, February 17). Edmodo main page. <https://www.edmodo.com/?language=tr>
- URL-2. (2016, February 17). McGraw-Hill higher education support. http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/animations/chang_7e_esp/
- URL-3. (2016, February 19). Satriwit3 <http://www.satriwit3.ac.th/files/1210252020285154/files/decomposition.swf>
- URL-4. (2016, February 19). McGraw-Hill higher education support. <http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/flash.mhtml>
- URL-5. (2016, February 19). High school of dundee <https://pupils.highschoolofdundee.org.uk/dept/chemistry/default.aspx>
- URL-6. (2016, February 21). McGraw-Hill higher education support. <http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/flash.mhtml>
- URL-7. (2022, January 20) *We have retired Flash.* Adobe. <https://www.adobe.com/tr/products/flashplayer/end-of-life-alternative.html>
- Uzuntiryaki, E., & Geban, Ö. (2005). Effect of conceptual change approach accompanied with concept mapping on understanding of solution concepts. *Instructional Science*, 33(4), 311-339. <https://doi.org/10.1007/s11251-005-2812-z>
- Wang, Z., Chi, S., Hu, K., & Chen, W. (2014). Chemistry teachers' knowledge and application of models. *Journal of Science Education Technology*, 23, 211–226. <https://doi.org/10.1007/s10956-013-9455-7>
- Warfa, A. R. M. (2016). Using cooperative learning to teach chemistry: A meta-analytic review. *Journal of Chemical Education*, 93(2), 248-255. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00608>
- Weir, J. A. (2004). *Active learning in transportation engineering education* (Publication No. 305366413) [Doctoral dissertation, Worcester Poly Technic Institute]. ProQuest Dissertations & Theses Global. <https://www.proquest.com/docview/305366413?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- White, R. T., & Gustone, R. F. (1989). Metalearning and conceptual change. *International Journal Science Education*, 11(5), 577-586. <https://doi.org/10.1080/0950069890110509>
- Whittle, R. J., Telford, A., & Benson, A. C. (2019). Insights from senior-secondary physical education students on teacher-related factors they perceive to influence academic achievement. *Australian Journal of Teacher Education (Online)*, 44(6), 69-90. <https://doi.org/10.14221/ajte.2018v44n6.5>
- Williamson, V. M., & Abraham, M. R. (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 521-534. <https://doi.org/10.1002/tea.3660320508>
- Yaseen, Z. (2018). Using student-generated animations: The challenge of dynamic chemical models in states of matter and the invisibility of the particles. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1166–1185. <https://doi.org/10.1039/c8rp00136g>
- Yorganci, S. (2020). Implementing flipped learning approach based on 'first principles of instruction' in mathematics courses. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(5), 763-779. <https://doi.org/10.1111/jcal.12448>
- Zheng, S. L., & Campbell, M. G. (2018). Connecting key concepts with student experience: Introducing small-molecule crystallography to chemistry undergraduates using a flexible laboratory module. *Journal of Chemical Education*, 95(12), 2279-2283. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00985>

Appendix

Appendix 1/Ek 1:

An example of an experiment sheet / Bir Deney Föyü Örneği

ÇÖZELTİLER	
<p>KARIŞIMLAR</p> <p>İki ya da daha fazla maddenin herhangi bir oranda bir arada bulunmasıyla oluşan madde topluluğuna karışım adı verilir. Karışımı oluşturan maddeler bileşen olarak ifade edilir. Karışımların özellikleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Homojen ya da heterojen olabilirler. • Genel olarak farklı tür atom ve farklı tür moleküllerden oluşurlar. • Belirli bir sembol ya da formülleri yoktur. • Bileşenler kendi kimyasal özelliklerini korurlar. • Bileşenleri arasında belirli bir oran yoktur. • Belirli hal değiştirme sıcaklıkları yoktur. • Yoğunlukları karışan maddelerin oranına göre değişir. • Fiziksel yöntemlerle kendilerini oluşturan maddelere ayrılabilirler. • Saf değildirler. <p>Karışımları oluşturan bileşenlerin birbirine göre dağılımları farklı olabilir. Bir karışımda basınç, yoğunluk vb. fiziksel özelliklerin aynı olduğu bölgelere faz adı verilir. Karışımlar bir fazlı veya çok fazlı olabilir. Bir fazlı karışımlara homojen karışım, çok fazlı karışımlara ise heterojen karışım denir. Bir kaşık şeker suyla karıştırıldığında oluşan karışım tek fazlı yani homojen, zeytinyağı – su karışımı ise iki fazlı yani heterojendir.</p> <p>Karışımı oluşturan maddelerin birbiri içerisinde karışımın her noktasına eşit oranda dağılmasıyla oluşan karışımlara homojen karışım denir. Homojen karışımlar çözelti olarak da adlandırılır. Çözeltiler katı, sıvı veya gaz halinde bulunabilirler.</p> <p>Çözeltiler; çözücü ve çözünen olmak üzere iki ana bileşenden meydana gelirler. Çözeltiyi oluşturan bu bileşenlerden genellikle miktarı çok olan maddeye çözücü, miktarı az olan bileşene ise çözünen denir. Çözeltisinde su bulunan karışımlarda su çözücü olarak kabul edilir.</p>	<p>ÇÖZÜNME OLAYI</p> <p>Çözeltiyi oluşturan çözücü ve çözünen tanecikleri karışırken çözücü tanecikleri, çözünen taneciklerinin etrafını kuşatır. Dolayısıyla, her iki tür tanecik arasında bir etkileşim oluşur. Çözünen çözücü içerisinde homojen olarak dağılır. Bu olaya çözünme denir.</p> <p>Bir maddenin başka bir maddeyi çözebilmesi için, her iki maddenin moleküller arası çekim kuvvetlerinin birbirine yakın olması gerekir. Genellikle, benzer türdeki maddeler birbiri içerisinde çözünür. Yani, polar çözücüler polar yapılı maddeleri daha iyi çözerken, apolar çözücüler de apolar yapılı maddeleri daha iyi çözerler.</p> <p>CH₄, CO₂, I₂, CCl₂ ve C₂H₆ gibi moleküller apolardır ve birbiri içerisinde çözünürler. Bu tür moleküller arasındaki etkileşim London kuvvetleridir.</p> <p>H₂O, CH₃Cl, HF, H₂S gibi sıvılar ise polardır. Bu tür maddeler dipol – dipol etkileşimi oluşturarak birbiri içerisinde çözünür. Güçlü dipol – dipol etkileşimlere ilave olarak bazı moleküllerde hidrojen bağlarından dolayı moleküller arası güçlü çekim kuvvetleri görülebilir.</p> <p>Polar moleküllerin '+' ve '-' kutuplu uçları vardır. Farklı moleküllerin zıt yüklü uçları arasında moleküller arası uzaklığa bağlı olarak etkileşimler görülür.</p> <p>Çözeltilerin Özellikleri</p> <ul style="list-style-type: none"> • Çözeltiler gaz, sıvı veya katı olabilir. • Yapısında en az iki farklı tür madde vardır. • Homojen yapıya sahip olup saf değildirler. • Belirli formülleri yoktur. • Karışımı oluşturan maddelerin boyutu 1 nanometreden (1 nm= 10⁻⁹m) daha küçük olacak şekilde dağılmışsa, bu tür karışımlara çözelti denir. • Bileşenleri arasında belirli bir oran yoktur. • Çözelti kütlesi, çözücü ve çözünen kütleleri toplamına eşittir. • Katı-sıvı çözeltilerde çözelti hacmi genellikle sıvı hacmine eşittir. Çünkü hacimde gözle görülür önemli bir değişiklik olmaz. • Sıvı-sıvı çözeltilerde toplam hacim, çözeltiyi oluşturan sıvıların hacimleri toplamından küçüktür.

<ul style="list-style-type: none">• Çözeltilerin belirli bir erime ve kaynama noktaları yoktur. Bu değerler bileşenlerin karışma miktarına bağlı olarak değişir.• Çözelti oluşumunda bileşenlerin kimyasal özellikleri değişmez.• Fiziksel yöntemlerle bileşenlerine ayrıştırılabilirler.• İçerisinde iyon bulunduranları elektrik akımını iletir. İçerisinde sadece molekül bulunduranlar ise elektrik akımını iletmez. <p>DENEY 1 Deneyin Adı: Çökeltme Reaksiyonu İle Maddenin Tanecikli Yapısının Anlaşılması</p> <p>Deneyin Amacı: Farklı İki Çözeltinin Karıştırılması Sonucu Oluşan Çökme Reaksiyonu Yardımıyla Maddenin Tanecikli Yapısının Mikro Boyuttan Makro Boyuta Anlaşılmasının Sağlanması</p> <p>Genel Bilgi: Maddeler başka bir madde içerisinde kendisini oluşturan temel taneciklere ayrılarak dağılmaktadır bu olay çözünme olarak bilinmektedir. Bu tanecikler eğer 1nm(nanometre)den daha küçük boyutta dağılım gösteriyorlarsa buna homojen dağılıma ismi verilmektedir. Bazı maddeler başka bir madde içerisinde çözündüğünde tek bir faz görünümünde ve bu maddeleri oluşturan temel tanecikler mikro boyutta olduğu için çıplak gözle görülememektedirler. Fakat mevcut çözelti içerisindeki temel taneciklerden herhangi biri ile reaksiyon verebilen bir temel tanecik bulunduran farklı bir çözelti bu çözeltiye ilave edilecek olursa mikro boyutta gözlenemeyen temel tanecikler gerçekleşecek reaksiyon sonucunda yeni bir maddenin bileşeni olarak ortaya çıkacaktır. Bu şekilde mikro boyuttan makro boyuta geçiş sağlanmış olur.</p> <p>Deney Malzemeleri:</p> <ul style="list-style-type: none">• 5mL Pb(NO₃)₂ çözeltisi• 5mL KI çözeltisi• 10 mL'lik Mezür(2)• Santrifüj Cihazı• Santrifüj Tüpü (2) <p>Deneyin Yapılışı:</p> <ol style="list-style-type: none">1. 10 ml lik bir mezüre 5mL Pb(NO₃)₂ çözeltisi koyunuz.2. 10 ml lik başka bir mezüre 5mL KI çözeltisi koyunuz.3. Hazırlamış olduğunuz Pb(NO₃)₂ ve KI çözeltileri bir santrifüj tüpünde karıştırınız.4. Oluşan yeni karışımı santrifüj cihazında santrifüjleyerek gözlemlerinizi kaydediniz.	<p>Sorular:</p> <ol style="list-style-type: none">1. İki çözeltinin karıştırılmasıyla çökelek oluşumu gözlemlendi mi? Gözlemlendiyse oluşan çökelek ne olabilir?2. Oluşan yeni karışım nasıl bir karışımdır?3. İlk durumda çözeltilerdeki tanecikler gözle görülebilir seviyede miydi, neden?4. Son durumda taneciklerin varlığını gözlemlediniz mi? Nasıl? <p style="text-align: center;"></p> <p>Deney için okuma yaparken yukarıdaki soruları dikkate almanız öğrenmenize yardımcı olacaktır. Deneyinizi bitirdikten sonra soruları cevaplandırınız.</p>
--	---