



REVIEW ARTICLE

<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jotcsc>

PROBLEMS AND SOLUTIONS IN CHEMISTRY EDUCATION

Georgios TSAPARLIS*

*Department of Chemistry, University of Ioannina,
GR-451 10 Ioannina, Greece. E-mail: gtseper@cc.uoi.gr*

Abstract: As an established research field, chemistry education is relatively a young one – its origins go back only to the 1970s. The present author has started his engagement with chemistry education since the late 1970s, and as a consequence he has followed the progress of the field over the years. This paper will focus on the challenges (the “problems”) confronting a teacher of chemistry, and on suggestions for solutions as these follow from the findings of educational research, with an emphasis on the author’s own research studies. These studies are informed by most of the theoretical and practical tools of chemistry education, such as Piagetian theory, the alternative conceptions or students’ ideas or students’ misconceptions, scientific literacy, context-based learning, cooperative learning, philosophy and history of chemistry, and the effect of the laboratory and new educational technologies. The following are the topics of the reviewed work: Teaching and learning science concepts in high school; instructional methodology; secondary chemistry curricula; structural concepts; higher-order cognitive skills (HOCS); problem solving in science, and chemistry in particular; and, last but not least, relevant chemistry education.

Keywords: Theories of science education, big ideas in chemistry education, instructional methodology; secondary chemistry curricula; structural concepts; higher-order cognitive skills (HOCS); problem solving; relevant chemistry education.

KİMYA EĞİTİMİNİN SORUNLARI VE ÇÖZÜMLERİ

Georgios TSAPARLIS

*Kimya Bölümü, Ioannina Üniversitesi
GR-451 10 Ioannina, Yunanistan. E-posta: gtseper@cc.uoi.gr*

Öz: Kapsamlı bir araştırma alanı olarak kimya eğitimi, nispeten yenidir ve kökleri sadece 1970’li yıllara dayanmaktadır. Yazarın kimya eğitimi ile ilişkisi 1970’lerin sonlarında başlamış ve böylece yazar yıllar boyunca alandaki gelişmeleri takip etmiştir. Makalede bir kimya öğretmenin karşılaştığı güçlükler (“sorunlar”) ve yazarın kendi çalışmalarına vurgu yapılarak eğitim araştırmalarından ortaya çıkan çözümlere yönelik önerilere odaklanılacaktır. Bu çalışmalar, Piaget teorisi, alternatif kavramalar veya öğrenci fikirleri ya da öğrencilerin yanlış kavramaları, bilimsel okur-yazarlık, bağlam temelli öğrenme, işbirlikçi öğrenme, felsefe ve kimya tarihi gibi kimya

* This paper is based on the invited plenary lecture given by the author at the IV Turkish National Chemical Education Conference (IV Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi), Ayvalık, Balıkesir, Turkey, 7-10 September 2015.

eğitiminin teorik ve pratik araçlarının çoğu ile laboratuvar ve yeni eğitimsel teknolojilerinin etkilerini içermektedir. Derlenen çalışmaların konuları; ortaöğretimde fen bilimleri kavramlarını öğretme ve öğrenme, öğretim yöntemleri, ortaöğretim kimya programları, yapısal kavramlar, üst düzey bilişsel beceriler (HOCS), fen bilimlerinde ve özellikle kimyada problem çözme ve son fakat aynı derecede önemli güncel konularla ilgili kimya eğitimidir.

Anahtar kelimeler: Fen bilimleri eğitimi teorileri; kimya eğitiminde büyük fikirler; öğretim yöntemleri; ortaöğretim kimya programları; yapısal kavramlar; üst düzey bilişsel beceriler (HOCS); problem çözme; güncel konularla ilgili kimya eğitimi.

INTRODUCTION

Chemistry Education as an activity has been existent “in one form or another as long as there has been chemistry” (Taber, 2015). As an established research field, however, it is relatively a young one – its origins go back only to the 1970s. As the originators of this research field we can consider the Americans J. Dudley Herron and Dorothy L. Gabel and the British Alex H. Johnstone.

J. Dudley Herron was a professor of chemical education in the Department of Chemistry of the University of Purdue. His most important contribution has been the introduction of the Piagetian ideas into the chemistry classroom (see below). In a book published in 1996, he has collected “formulas for successful teaching” (Herron, 1996) (see Figure 1a).

Dorothy L. Gabel was a professor of science education in the Department of Curriculum and Instruction of the Indiana University (Gabel, 1994) (see Figure 1b). She has made excellent work on chemistry problem solving (Gabel & Bunce, 1994).

Alex H. Johnstone was a professor of science education in the Department of Chemistry of the University of Glasgow. He has also made a great contribution to problem solving in science, but is most known for his famous “chemistry triangle” or the “chemistry triplet” (Johnstone & Wham, 1982) (see Figure 2).

Quite rightly, the above three persons were the recipients of the annual “ACS Award for Achievement in Research for the Teaching and Learning of Chemistry”¹ for the first three years 2007, 2008, and 2009 of this award, respectively.

¹ <http://www.acs.org/content/acs/en/funding-and-awards/awards/national/bytopic/acs-award-for-achievement-in-research-for-the-teaching-and-learning-of-chemistry.html>

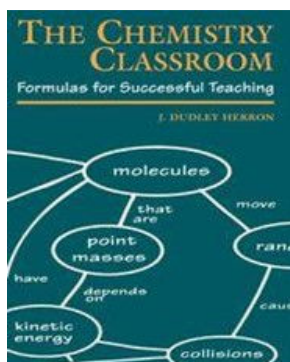


Figure 1a. The cover of the 1996 book by J. D. Herron "The Chemistry Classroom: Formulas for Successful Teaching".

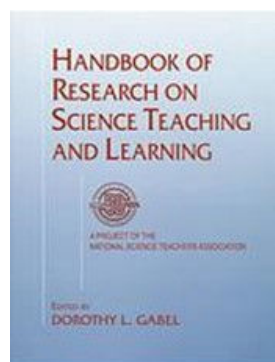


Figure 1b. The cover of "The Handbook of research on science teaching and learning" (1994), edited by D. L. Gabel.

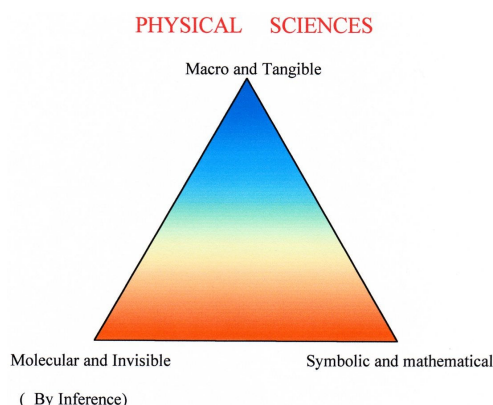


Figure 2. The Johnstone triangle for the three-level representation of chemistry and the physical sciences.

The present author has started his engagement with chemistry and science education since the late 1970s, and as a consequence he has followed the progress of the field over the years. In this presentation, I will focus on some of the challenges (the "problems") confronting a teacher of chemistry, and on suggestions for solutions as these follow from the findings of educational research, with emphasis on my own research studies.² My own research interests and work have been on the following issues: teaching and learning science concepts in high school; instructional methodology; secondary chemistry curricula; structural concepts, with emphasis on quantum

² A part of the reviewed work has been published only in Greek. In this case, references to the original publications in Greek are provided. In case of work which has been published in English, only the references in English are supplied. Note that earlier versions of the latter work have also been published previously in Greek, but the relevant references are not quoted here.

chemical concepts; physical chemistry education; higher-order cognitive skills (HOCS); problem solving in science, and chemistry in particular, with emphasis on the study of the effects of cognitive factors on problem solving; application of nonlinear methodology to science education problem solving data; and, last but not least, relevant/context-based chemistry education. These studies are informed by many of theoretical and practical tools of science education, to which I will focus attention now.

Theories in science education

Piagetian theory was the first cognitive theory that became internal to science education in the late 1970s, in that not only were the students classified into developmental levels, but scientific concepts were also classified as requiring for their understanding either concrete or formal logic (Herron, 1978; Shayer & Adey, 1981). The impact of Piagetian theory on science education was confirmed by a special issue (Vol. 2, Issue 3, 1964) of the *Journal of Research in Science Teaching* that was dedicated to Piaget, which included a paper by Piaget himself. A central tenet of Piagetian theory, in addition to the developmental levels, was (personal) constructivism, which forwarded the notion that knowledge is constructed actively by the student through a process of *cognitive conflicts / disequilibria* and the subsequent *equilibration / the accommodation* of new concepts. This process is very relevant to what has become important to science educators in recent years, that is, to *conceptual change*.

Actually, the field of science education separated itself from Piagetian theory in the 1980s, and focused on the study of *alternative conceptions* or *students' ideas* or *students' misconceptions*. Conceptual change derives from the alternative conceptions movement that has dominated and continues to dominate the field of science education since the 1980s. The alternative conceptions movement is also supported by constructivism. In point of fact, constructivism acquired many forms, beyond Piagetian personal constructivism (Bodner, 2001).

It is noteworthy that both Piagetian theory and the alternative conceptions movement were associated with the epistemological theory of constructivism. Many other educational tools from the cognitive and the affective domain have also influenced chemistry education practices, including scientific literacy, context-based learning, cooperative learning, philosophy and history of chemistry, and the effect of the laboratory and new educational technologies.

PROBLEMS AND DIFFICULTIES OF CHEMISTRY IN LOWER CHEMISTRY SCHOOL

In most countries, including Greece, lower secondary education involves three grades (7th, 8th, and 9th) – ages 12-14. The way in which the various science subjects are treated at this level varies: in many countries (e.g. England, Scotland, Ireland, Israel, and some states of Germany) an integrated science course exists.³ In some countries (e.g. Denmark), a grouping of physics with chemistry occurs or (e.g. France) of biology with geology. Finally, in many countries (e.g. Greece, and German states) the practice of separate subjects prevails.

As some of the work reviewed in this paper has been carried out in the Greek context, it is necessary to consider chemistry in the Greek secondary school (*gymnasion*), where chemistry is taught as a separate subject (and so are physics and biology), in the 8th and the 9th grades for one 45-minute period per week. A Greek peculiarity is that the time allocated to chemistry is only half of that made available for the teaching of physics, biology and geography.⁴

My first education research study (Tsaparlis, 1984a, in Greek) reported a survey of Greek teachers' perception of the difficulty of the various chemistry topics that were covered at the time of the study (the 1980s). The findings confirmed that the stoichiometry topics and concepts (RAM, RMM, mole, molar volume, balancing chemical equations, and analogical reasoning in stoichiometric calculations) were seen as the most difficult ones. Other difficult topics for the 8th grade were as follows: The periodic table; ionic and covalent bonds; structural and electronic formulas of covalent compounds; single-atom ions; multi-atom ions; ionic and molecular reactions; simple and double substitution reactions.

Piagetian theory was invoked for the explanation of the findings. Figure 3 shows the distribution of British students in Piagetian levels according to their age, as found in the 1975-1978 survey.

³ In UK, secondary schools (age 12-16) can either teach biology, physics and chemistry as separate subjects or can teach integrated science. In general, the more academic schools continue to teach the subjects separately but more and more schools seem to have deserted to the integrated approach.

⁴ Recently, an extra hour was given to physics, so the time of chemistry is now less than half of that of physics.

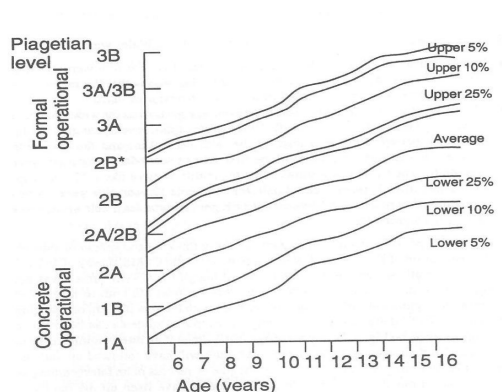


Figure 3. Concepts in Secondary Mathematics and Science (CMSS) Survey 1975-1978 (funded by the *British Social Science Research Council*).

Note that Piagetian theory was at the nucleus of a book of mine on teaching secondary physics and chemistry (Tsaparlis, 1989/1991, in Greek) (see Figure 4).



Figure 4. The cover of the book "Topics of teaching secondary physics and chemistry" (in Greek) by G. Tsaparlis (1989/1991)

Teaching and learning difficulties of fundamental chemistry concepts

In a subsequent study with beginning 10th grade students (Tsaparlis, 1991 and 1994, in Greek), the various topics tested showed the following percentages of correct responses:

- Symbols of elements (73.5%)
- Equation balancing (40.7%)
- Chemical formulas of binary compounds (11.2%)
- Placing of electrons in shells (10,5%)

- Number of electrons in ions (13.3%)
- Ionic and covalent compounds (14.0%)
- Prediction of reactions (11.0%).

With the exception of the symbols of the elements, and less so of equation balancing, the performance was very low, confirming the difficulty of the relevant concepts and topics.

Molecules, atoms, atomic and molecular structure

An important issue in science education has been the so-called big ideas in science (Harlen, 2010) (see Figure 5). The following is considered as the first big idea:

All material in the Universe is made of very small particles. ... The behavior of the atoms explains the properties of various materials. ... Chemical reactions involve the re-arrangement of atoms in substances, leading to the formation of new substances.

This big idea is the basis of chemistry and this idea is called to serve the teaching of chemistry in secondary education. However (and as many research studies, including the ones of mine reviewed above, have demonstrated), the structural concepts prove hard for many students to learn. In addition, a critical analysis of the concepts of atomic and molecular structure (Tsaparlis, 1997) confirmed students' conceptual difficulties about the structural concepts by employing the following perspectives of science education (i) the Piagetian *developmental* perspective, (ii) the Ausubelian theory of *meaningful learning*, (iii) the *information - processing theory*, and (iv) the *alternative conceptions* movement, which all led to the same disappointing conclusion.



Figure 5. Cover of “Principles and big ideas of science education”, edited by W. Harlen (2010).

Proposals for a revised curriculum

Based on the findings of the 1984a study, I made proposals for a revised Greek secondary chemistry curriculum (Tsaparlis, 1984b, 1989/1991, in Greek), which placed the emphasis on the macroscopic study of various topics, and maintained the concepts of molecule and atom, and of chemical notation but without atomic structure and bonding. In addition, I recommended avoiding complicated reactions without actual relevance to everyday life.

Instructional methodology: Two longitudinal research projects

The doctorate theses of two students of mine dealt with issues of chemistry teaching at the lower secondary level. Both studies were longitudinal (two-year long). In the first study (Zarotiadou & Tsaparlis, 2000), we compared two methods of teaching: A constructivist method (CM), based on Piaget's theory of cognitive development; and a meaningful-receptive method, based on Ausubel's theory of meaningful learning. It was found that the CM group scored statistically higher in theory in both the 8th and the 9th grades, while in stoichiometric calculations, the superiority of the CM group occurred only in the 9th grade. The effect of developmental level, of gender and of motivational traits was also examined. Finally, the students generally expressed a preference for the CM.

In the second study (Georgiadou & Tsaparlis, 2000), we experimented with a three-cycle method, which went separately over the macro, the representational, and the submicro levels of chemistry, and concluded that it should be considered seriously as a good method for introductory chemistry. In the macro cycle, which occupied half of the teaching time, the students became familiar with chemical substances and their properties. Central here was the use of experiment, while chemical notation as well as atoms and molecules were not included. Applying the spiral curriculum, the representational cycle covered the same course material, but added chemical formulas and equations. Finally, the submicro cycle brought atoms and molecules into play. Evaluation of the method by end-of-school-year tests, as well as by beginning-of-next year repeating the same tests, showed that the three-cycle method made the largest single positive effect, compared with a traditional control class and a class in which teaching methods proposed by psychologist R. Case were applied.

A new program of studies and new textbook packages (1997-98)

In 1997-98, a new program of studies for Greek lower secondary chemistry was introduced and new textbook packages were written that adopted the proposals of educational research. The

program retained atoms and molecules, but avoided the details of atomic and molecular structure. Also, stoichiometry was removed completely. An integral part of the new program was the execution of a number of experiments by the students; to this purpose, laboratory manuals were included in the book packages and the establishment and the fitting out of school labs was implemented. In 2001, I presented second thoughts of mine about lower secondary chemistry (Tsaparlis, 2001, in Greek). In these, I distinguished the aims of the course into three kinds: (1) aims of theoretical/formal chemistry; (2) aims of practical abilities; (3) aims of chemistry in context.

An integrated science program for the 7th grade

In Greece, while general science is taught in the 5th and the 6th grades, physics and chemistry were absent from the 7th grade (but a physics course was added recently). To overcome this deficiency, I proposed an integrated program of physics and chemistry for the 7th grade. A relevant book (in Greek), which includes experiments, theory, simple knowledge, and more demanding questions was written in collaboration with a colleague (Tsaparlis & Kampourakis, 2000). Basic features were the following: The spiral curriculum; qualitative treatment of concepts; taking account of student misconceptions; experimental-constructivist teaching and learning; simplicity of phenomena and principles; exclusion of atoms and molecules, of equations, and of graphs; and connection with everyday life. The program went on trial during 1998-99 and 1999-2000 in eleven schools, involving 24 teachers and about 1500 students. In subsequent work, biology lessons were incorporated into each of the ten units of the above book of integrated physics and chemistry (Tatsi and Tsaparlis, 2011, in Greek), and the output was subjected to a preliminary evaluation by experienced education and science experts (Tatsi & Tsaparlis, 2013, in Greek).

A chemistry course for the 8th Grade

A novel introductory lower-secondary chemistry course (for the 8th grade) that aims at the application of theories of science education, and in particular of conceptual/meaningful learning and of teaching methodology that encourages active and inquiry forms of learning was proposed (Tsaparlis, Kolioulis, & Pappa, 2010). The program is made of six units (matter and soil, water, chemical reactions, air, molecules, atoms) that contain twenty-four lessons. Special emphasis is paid to the meaningful introduction of the concepts of molecule and atom; this introduction is delayed until the last two units of the course (see the relevant lessons in Table 1). A textbook was written and subjected to a preliminary evaluation by four experienced Greek science teachers (Tsaparlis, Kolioulis, & Pappa, 2010).

Table 1 The contents (lessons) of units E and F of the book "Chemistry for the 8th Grade" by G. Tsapalis & D. Kolioulis.

<i>UNIT E. Molecules</i>	<i>UNIT F. Atoms</i>
17. The concept of molecule in solids and liquids	20. The first two laws of chemistry
18. Ever-moving molecules	21. The concept of atom
19. The concept of molecule in gases	22. Chemical formulas and the mole concept
	23. The concept of chemical equation

Linking the macro and the micro worlds in the laboratory – Gases and the importance of the history of chemistry

Very important for the understanding of chemistry and the connection of the macroscopic level with the representational/symbolic and submicro levels are experiments with gases. Very relevant here is the history of chemistry. It took many years and the genius of various scientists for gases to take up their proper place in the study of chemistry (Levere, 2001). Joseph Priestley (1733-1804) discovered new kinds of air, including carbon dioxide (fixed air) and oxygen. Gases were central to Antoine-Laurent Lavoisier's (1743-1794) chemical revolution (see Figure 6). One of his key experiments was about the composition of water. In addition, he proposed the oxygen theory of combustion, overthrowing the phlogiston theory. The vast amount of data that was supplied by the experimental study of gases provided John Dalton the tools to develop the atomic theory, thus connecting the macro level of chemistry with the submicro one. The representational mode was also of great help, so it is not strange that Dalton had invented atomic symbols (Levere, 2001, p. 86).

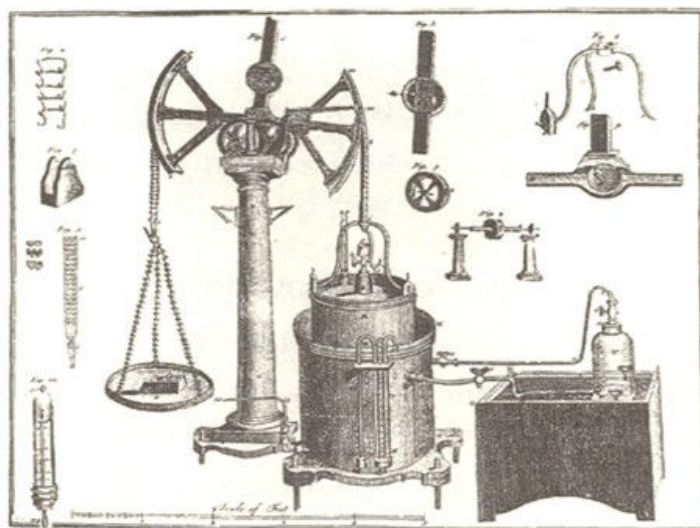


Figure 6. Lavoisier's gasometer (Levere, 2001).

The linking of the macro and the micro worlds of chemistry in the laboratory is treated in a chapter I have written (Tsaparlis, 2009) for an edited book entitled "*Multiple representations in chemical education*" (Gilbert & D. Treagust, 2009) (see Figure 7a). In addition, in another chapter (Tsaparlis, 2014), in an edited book entitled "*Learning with understanding in the chemistry classroom*" (Devetak & Glažar, 2014) (see Figure 7b), I describe a large number of demonstrations and experiments that can contribute to the active/meaningful/conceptual learning about the linking of the macro with the submicro level of chemistry.

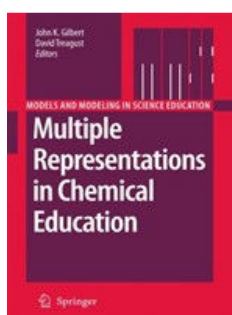


Figure 7a. The cover of the book on Multiple representations in chemical education, edited by J. Gilbert and D. Treagust (2009)

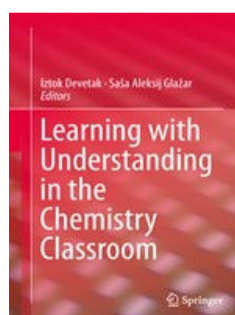


Figure 7b. The cover of the book on Learning with Understanding in the Chemistry Classroom, edited by I. Devetak & S. A. Glažar (2014)

Revision of formal curriculum in Greece (2014) – Chemistry for 7th and 8th grade

The present author was the coordinator of a committee that worked out a new program of studies for chemistry of the 7th and 8th grades in Greece, within the project "Education and Lifelong Education – New School (21st Century School)" (Tsaparlis *et al.*, 2014, 2016, in Greek). The main aims were as follows: (i) The re-arrangement of the topics and a rational organization of the material in the school books; (ii) the combination of the change of the program of studies with proper educational material (print and electronic). The methodology combines the macroscopic approach with the submicroscopic and the symbolic levels of chemistry, conceptual understanding, inquiry learning, laboratory teaching, and connection with everyday life. See Table 2 for the contents and the organization of this course.

Table 2. The contents and the organization of chemistry for the Greek 8th and 9th grades (2014).

Chemistry for the 8th grade (One period per week / 26 periods of 45 minutes each)

Introduction: Materials and their physical states (2 periods). 1) From soil and subsoil to chemical substances (5 periods). 2) From water to solutions (5 periods). 3) From water to atoms – From the macroworld to the microworld (7 periods). 4) From air to oxygen and to combustions (4 periods). 5) Pollution of the environment and how to deal with it (3 periods).

Chemistry for the 9th grade (One period per week / 26 periods of 45 minutes each)

Introduction: Classification of the elements – Periodic table (2 periods). 1) The chemistry of carbon and of life (9 periods). 2) Acids, bases and salts (10 periods). 3) (Chemical) elements with a special interest for chemistry and for everyday life (5 periods).

A delay of the introduction of structural and symbolic concepts (atoms and molecules) was attempted by placing these concepts in the third unit of the 8th grade, entitled "From water to atoms – From the macroworld to the microworld" (out of a total of five units). At the macroscopic level (before introducing atoms and molecules), emphasis is placed on distinguishing between substances and mixtures of substances, the separation of mixtures into their component substances, and the concept of substance (on the basis of fixed physical constants). Following these, we study chemical reactions, first between solid substances (lead nitrate plus potassium iodide) (de Vos & Verdonk, 1985), and then the thermal decomposition of solid substances (carbon carbonate, mercury (ii) oxide, sugar). At this point, we assumed that the use of the mass spectrometer ("the chemists's elemental analyzer") for the determination if a given substance is a

chemical element or a chemical compound (Taber, 2012a) would be very useful (see Figure 8).⁵ Chemical reactions in aqueous solutions [e.g. lead nitrate (aq) plus potassium iodide (aq)] are studied in the second unit entitled "From water to solutions". The classic experiment of the electrolysis of water is used for introducing the concept of atom (in addition, the thermal decomposition of water into its constituent elements is also considered). Chemical notation follows: formulas of compounds, submicro-representations / models of molecules, and chemical equations with models and symbols. The next unit deals with the study of gases, and the final one with the pollution of the environment (pollution of soil, of water, and of air).

Regarding the program for the 9th grade, a main feature is that, in accordance with Johnstone's practice and arguments⁶ (Johnstone, Morrison, & Reid, 1981; Johnstone, 2000) of the teaching of organic chemistry before acid-base chemistry and the study of some chemical elements and their properties.

In conclusion, the aim of the new program of study for the Greek 8th and 9th grades is to achieve that students develop a liking for the chemistry course through its many useful applications, but also that they are supplied with the necessary basic knowledge, which will help them move to the more advanced upper secondary chemistry course.

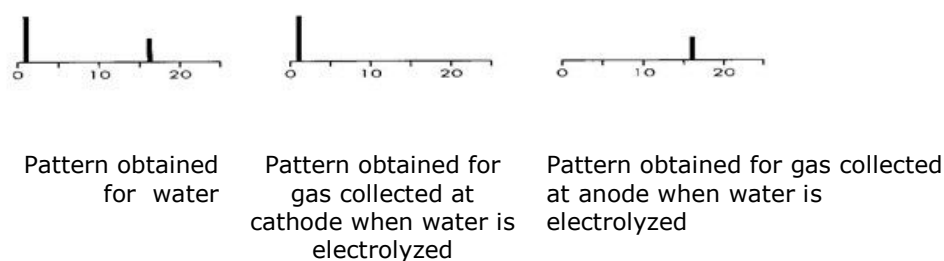


Figure 8. The chemist's elemental analyzer: mass spectra of water, elemental hydrogen and elemental oxygen (Taber, 2012a)

⁵ This material is from the book "Teaching Secondary Chemistry" (new 2nd edition), edited by Taber (2012b) (see figure 9).

⁶ Organic chemistry involves only a few elements, while bonding in organic compounds is simple: a carbon atom makes four bonds; a hydrogen atom makes one bond; an oxygen atom makes two bonds; and a nitrogen atom makes three bonds.



Figure 9. The cover of the book "Teaching Secondary Chemistry" (new 2nd edition), edited by K. S. Taber (2012).

CHEMISTRY IN UPPER SECONDARY EDUCATION

As in many countries, upper secondary education in Greece involves three grades (10th, 11th, and 12th) – ages 15-18. The 10th grade is an orientation year, with common curriculum for all students, while in the 11th and the 12th grades, in addition to general education subjects, students have to follow one out of three specialized streams.⁷ All three science subjects (physics, chemistry, and biology) are treated as separate courses both as general education subjects, and in the specialized streams of study.

Three early studies identified Greek students' strengths and difficulties with chemistry, based on testing beginning first-year chemistry students (Tsaparlis, 1981, 1985a, 1985b, in Greek). The 1985b study used the findings of the 1981 and 1985a studies to identify some of the main difficulties of chemistry in upper secondary school (*lykeion*). Difficulties were detected about the following: The naming of compounds and the writing of chemical formulas; ionic and covalent compounds; polar and non-polar compounds; ionic and molecular reactions; oxidation numbers ($n = 121$).

Of special interest was the topic of chemical equilibrium ($n = 85$). In a question that asked for the expression of the chemical equilibrium constant K for the equilibrium reaction $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$, 70.1% of the students gave the correct answer, while 5.7% wrote the reverse expression ($1/K$), and 4.6% each wrote $(2\text{NH}_3)^2/(\text{N}_2)(3\text{H}_2)^3$ and $(\text{NH}_3)^2/(\text{N})(\text{H})^3$. The application of the Le Châtelier

⁷ A reform of the upper secondary program in Greece, which contains differences from the previous courses, has recently been introduced.

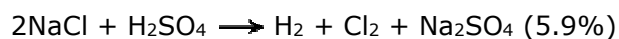
principle on the effect of increase of temperature on the yield of the same reaction (given the thermochemical equation $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 + 22 \text{ kcal}$) resulted in 82.4% correct answers, while 14.1% of the students predicted wrongly that the yield would increase. On the other hand, the correct answers dropped to 45.9% when the effect of an increase of temperature on the rate of the same reaction ($\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$) was investigated, with 48.2% of students providing wrong answers: no effect: 37.6%; decrease of rate: 10.6%. A misconception was seen to be at work here:

Le Châtelier's principle was being applied to reaction rate, when actually it could only be used to predict the direction of a reaction.

In the Anglophone literature, this misconception was reported in a study by Banerjee (1991), according to which students reasoned that when the temperature is increased in an exothermic reaction, the rate of the forward reaction decreases (see also Sözbilir, Pinarbasi, & Canpolat, 2010).

The topic of ionic equilibria is causing considerable difficulty to many students: Asked if HCO_3^- (aq) is an acid, a base, or an ampholyte, only 5.9% of students ($n = 85$) provided the correct answer (ampholyte), while 44.7% did not respond, and 49.4% gave wrong answers (29.4%: acid; 18.8%: base). Asked about the acidity of an aqueous solution of NH_4Cl (acidic, basic or neutral solution), 31.8% of students gave the correct answer (acidic), while 11.8% did not respond, and 56.5% gave wrong answers (29.4%: basic; 27.1%: neutral)

Prediction of the products of inorganic reactions revealed erroneously thinking by a relatively small number of students, who assumed that as long as the products of a reaction are legitimate substances, then the resulting reaction is acceptable (it can actually occur), as the following results demonstrate ($n = 127$):



Note that the above equations are balanced correctly.

Problems were also detected with the writing of chemical formulas, e.g.: ZnCl (15.3%) MnCl (4.7%).

Conceptual understanding about the particulate and structural concepts of matter

The particulate nature of matter is very important to the disciplines of science as well as to school science curricula, having been identified as a *core idea* of the science content standards, with great emphasis placed in teaching certain of its aspects in Grades 8 through 12 (*National Science Education Standards* / National Research Council, 1996).

At this point let me distinguish between the terms *particulate* and *structural* concepts of matter. For various elaborate definitions⁸ see Tsaparlis and Sevan (2013a). Most authors, however, maintain the term “particulate” to refer to particles such as atoms and molecules that are assumed “structureless”. “Structure” can be defined as the distribution of the electrons in an atom (electron configuration) or the arrangement and bonding of the atoms in molecule. Therefore, the term “structural concepts” is used to describe “*atomic*” and “*molecular structure*” (Tsaparlis & Sevan, 2013a).

An edited volume by Tsaparlis & Sevan (2013b), entitled “Concepts of Matter in Science Education” (see Figure 10), deals in depth with the particulate and structural concepts of matter. The book is divided into six parts. Part I takes a learning progressions approach to studying how students develop understanding of the particulate nature of matter. Part II deals with the mental models held by preservice teachers, practicing teachers, and many educational levels of students, about various aspects related to the particulate nature of matter or phenomena requiring an understanding of matter’s particulate nature. Part III focuses on the production and use of educational technology tools for aiding students in understanding the particulate nature of matter. Parts IV and V treat two fundamental ideas of chemistry that build on understanding of the PNM: chemical reactions and chemical phenomena and chemical structure and bonding. Finally, Part VI contains, on the one hand, an historical development of the concept of matter, and on the other hand, a synthesis of the ideas that have been presented in the book and the problems that have been raised, hoping to supply new knowledge that could result from realizing coherence and dissonance across a related set of research studies and reviews.

⁸ For instance: The particulate nature of matter is used to describe phenomena ranging in size from individual atoms up to the nanoscale, in other words, objects between about 0.1 and 100 nm. Atoms or molecules constitute the so-called submicro level, with a scale between 0.1 and 1 nm.



Figure 10. The cover of the book on “Concepts of Matter in Science Education”, edited by G. Tsapalis and H. Sevan (2013).

A main feature of the actual school chemistry of today, as it is taught and tested all over the world by many if not most teachers, is that it places the emphasis on learning rules and algorithms, which enable conscientious students to respond with success to examination questions, including relatively complicated computational questions. Examples of such ‘dexterity’ are the placing of electrons in electron shells and sub-shells or in atomic orbitals, the rote learning of oxidation numbers of the elements, the writing of chemical formulas, the balancing of chemical equations, the calculation of heats of reactions, *etc.* If we turn, however, to matters of conceptual understanding, we realize that our students are as a rule ignorant and cannot answer questions such as: why chlorine appears with so many oxidation numbers, why spontaneous endothermic reactions exist, and why reactions lead in general to equilibrium?

Concentrating on the structural concepts, we present to students as absolute truth the foundation of the whole edifice of chemistry. Students have to accept the teacher’s word for questions such as:

- How do we know that molecules and atoms exist?
- What data forced us to accept that the molecules of several elements are diatomic?
- How the chemical formulae of compounds are determined?
- How did we discover the structure of the atom and nucleus?
- How electric charge and the mass of the electron were measured?
- How the atomic numbers of the elements were determined?
- On what experimental evidence the placing of electrons in shells and in orbitals was based?
- What is an atomic or a molecular orbital?
- How do we know that atoms in molecules vibrate, and that molecules in gases and in liquids rotate?

The states-of-matter approach (SOMA) and a context-based approach to upper secondary chemistry

Within a project for revising the upper secondary curricula in Greece, the present author as a member of a special committee contributed to the proposal of a chemistry program for all students in the 10th and 11th grades. For the 10th grade, chemistry was introduced through the separate study of the three states of matter [the states-of-matter approach (SOMA)] (Tsaparlis, 2000). There are three major units in the program, namely: Air, gases, and the gaseous state; Salt, salts, and the solid state; Water, liquids, and the liquid state. A relevant book was written (as part of a master's thesis) which was then submitted to a preliminary evaluation by teachers (Tsaparlis & Pyrgas, 2011).

The introduction in SOMA of the gaseous state first was based on the following facts: it is the simplest / the best understood by scientists; it is suitable for studying atoms and molecules; the elements and compounds which are, under normal conditions, in the gaseous state have small and simple molecules; we work with only few non-metals (H, O, N, halogens, and noble gases) and compounds (H₂O, O₃, NH₃, NO_x, CO, CO₂, H₂S, SO₂, HCl, and gaseous hydrocarbons); we start with the covalent bond (Johnstone, Morrison, & Reid, 1981; Johnstone, 2000); gas laws are included in the study; intermolecular forces are either absent or weak. By placing the solid state second we study the ionic bond, crystals, salts, metal oxides, metals and the metallic bond, the periodic table and oxidation numbers, but also covalent and amorphous solids. Finally, water, hydrogen and intermolecular bonding, liquid organic compounds, aqueous solutions, as well as acids and bases, and simple and double replacement reactions in aqueous solutions can be studied within the liquid state.

For the 11th grade, the program moved into the connection of chemistry with life and its applications. As part of another master's thesis, a book has recently been written which covers the 11th grade chemistry (Tsaparlis & Stergiou, 2014, 2016 in Greek). The material is based on the above program of studies, and specifically on the connection of chemistry with life and applications. It is divided into three major units: A: Organic chemistry (with four chapters: one on fossil fuels, two chapters on basic organic chemistry, and one chapter on polymers, plastics, and modern materials; b: Chemistry and our life (three chapters, one on drugs, one on foods and nutrition, and one on biomolecules); and c: Chemistry and energy (two chapters, one on electrochemical energy and one on nuclear energy and renewable forms of energy). The 11th grade course, was influenced greatly by one of the first books to adopt a contextual approach to chemistry (Sherman & Sherman, 1983).

Based on the available instructional time and on the evaluation of the book by experienced upper secondary chemistry students (Tsaparlis and Stergiou, 2016, in Greek), I suggest reducing and re-organizing the material as it is shown in Table 3 (note that nuclear energy and renewable forms of energy have been omitted).

Table 3. Modified material and its organization of chemistry for the 11th grade chemistry.

UNIT A	UNIT B	UNIT C
CHEMISTRY AND ENERGY	Organic chemistry	Chemistry and life
A 1 Energy transfer in chemical reactions	B 1 Hydrocarbons	C 1 Drugs
A 2 Fuels	B 2 Polymers, plastics, and new materials	C 2 Foods and nutrition
A 3 Electrochemical energy	B 3 Alcohols– ethers – aldehydes and ketones– acids and esters	C3 Biomolecules

PROBLEM SOLVING

Problems vs. Exercises / HOCS vs. LOCS

At the outset, I must distinguish between what is known as *exercises* and what is known as (*“real”*) *problems*. In the case of exercises, one applies a well-known procedure, which has usually been practiced (an *algorithm*). On the other hand, the ‘real’ problems or complex problems are not algorithmic, of which the solution requires the contribution of a number of mental resources. In a school context, a task can be an exercise or a real problem depending on the subject’s expertise and on what had been taught. A task could be an exercise for a student, while the same task would be a problem for another student (Niaz, 1995).

Very relevant here is the distinction of cognitive skills into *Higher-Order Cognitive Skills* (HOCS) and *Lower-Order Cognitive Skills* (LOCS) (Zoller, 1993; Zoller & Tsaparlis, 1997). It has been demonstrated that students perform considerably lower on questions requiring HOCS than on those requiring LOCS. In addition, performance on questions requiring HOCS may not correlate with that on questions requiring LOCS (Zoller & Tsaparlis, 1997).

Complex tasks that require the use of HOCS are those which require both algorithmic ability and a deeper conceptual understanding. HOCS are hard to be taught and require special interventions (Zoller & Tsapalis, 1997).

Problem solving: Effect of selective cognitive factors

Various researchers have examined the effect of a number of cognitive factors (variables) in the solution of problems in chemistry and more generally in science. In this review, I will focus on the following cognitive variables: Scientific reasoning (developmental level in the Piagetian sense), working memory capacity; functional mental capacity (*M*-capacity); and disembedding ability (*i.e.*, the degree of perceptual field dependence–independence).

Scientific reasoning is a measure of a student's level of intellectual development. In the past, the term 'developmental level' has been used instead. Working-memory capacity and functional *M*-capacity refer to the information-holding and information-processing capacity, but there are different underlying models and tasks for measuring them.

A predictive model in problem solving refers to the *working memory overload hypothesis*, and states that a subject is likely to be successful in solving a problem if it has a mental demand (*M*-demand) which is less than or equal to the subject's WM capacity (*W*) ($M \leq W$) (Johnstone, 1984; Johnstone & El-Banna, 1986). The model provided a reasonable explanation of students' failure, but it was not applicable to all kinds of empirical data.

Tsapalis (1998) examined the limitations of the model and stated the necessary conditions that must be fulfilled in order for it to be valid. These are: (1) the partial steps must be *available* in long-term memory, and (easily) *accessible* from it; (2) the model must be valid for actual problems, and not only for familiar 'problems' (exercises). [Familiarity with a problem, and/or 'chunking' of a problem into familiar chunks reduces the *M*-demand and thus improves student performance.] In a follow-up study, simple organic chemical synthesis problems, with a simple logical structure and varying *M*-demand were studied (Tsapalis & Angelopoulos, 2000), *e.g.* suggest a synthesis of *formaldehyde*, HCHO, from *sodium acetate*, CH₃COONa. The data showed the pattern of the expected drop in performance, and this was more striking in the case of the students without previous training in this kind of problems (see Figure 11).

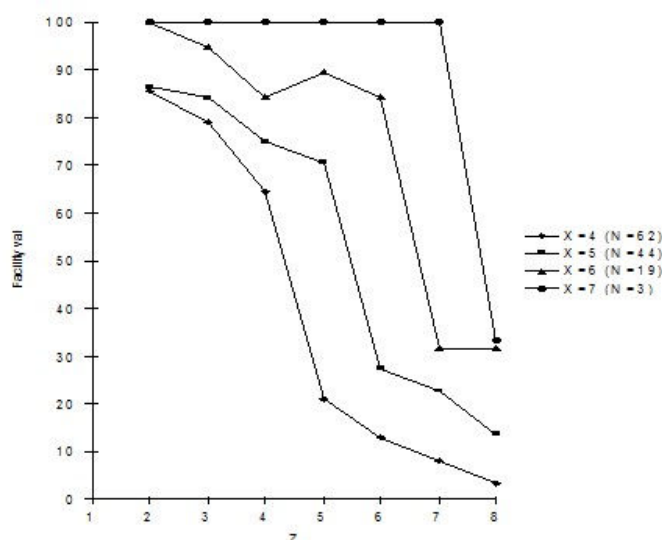


Figure 11. Twelfth-grade student performance (facility values) in organic-synthesis problems of varying mental demand (Z -demand), according to the measured working-memory capacity X of the students. The data is for students without previous training in this kind of problems.

A decline in student performance might occur not only because of the limitation of their working memory capacity but also because of the interference of variables, such as *disembedding ability* (degree of field dependence/independence), which play an essential role in science problem solving.

The degree of field dependence/independence, which is actually the ability to separate *signal* from *noise*, acts as a moderator variable to information processing. Field dependent students appear to possess lower WM capacity and/or M -capacity because they process simultaneously irrelevant information. It has been found that disembedding ability is involved in situations that require conceptual understanding alone (especially in demanding cases), and in combination with chemical calculations (Demerouti, Kousathana, & Tsaparlis, 2004).

Tsaparlis (2005) carried out a correlation study of the effect of selective cognitive factors on non-algorithmic quantitative problem solving in university physical chemistry. An example of the problems used is provided below:

The equilibrium pressure of gaseous hydrogen (H_2) over a mixture of solid uranium (U) and solid uranium hydride (UH_3) at $500^\circ C$ is 1.04 mm Hg. Calculate the standard free energy of formation of $UH_3(s)$ at $500^\circ C$ (Ritchie, Thistlethwaite, & Craig, 1975).

Table 4 shows the results of a quasi meta-analysis in terms of values of various estimators of common correlation for the four cognitive factors employed.

Table 4. Estimators of common correlation for various cognitive factors in the case of non-algorithmic quantitative problem solving in university physical chemistry (Tsaparlis, 2005).

Estimator of common correlation (n = 250)	Scientific reasoning	Working memory capacity	Functional M-capacity	Field dependence/independence
ρ_1	0.043	0.177*	0.348***	0.326***
ρ_2	0.068	0.165*	0.307***	0.318***
ρ_3	0.074	0.176*	0.306***	0.322***
ρ_4	0.099	0.203**	0.291***	0.320***

*Statistically significant correlations ($p < 0.05$). **Statistically significant correlations ($p < 0.01$).

***Statistically significant correlations ($p < 0.002$).

The effects of the cognitive factors under examination vary with the nature and complexity of the problem and under different assessment formats as well. Tsaparlis, Kousathana, and Niaz (1998) examined the effect on student performance of the manipulation of the logical structure (specified by the number of *operative/logical schemata* entering the problems) (see Table 5), as well as of the *M*-demand of chemical equilibrium problems. Simple regression analyses showed that developmental level was the main predictor variable in most cases.

For instance, for problem (4,6) (four logical schemata and an *M*-demand of 6), developmental level alone can explain 38.0% of the variance, working memory 23.3% functional *M*-capacity 14.0%, field dependence/independence 8%. All cognitive variables were correlated with achievement only when the logical structure was fairly complex and even when the *M*-demand was relatively low. Working memory maintained some importance, while the developmental level played the dominant part. Note that the students had an extended practice with them (the 'training effect'), so the problems were of the algorithmic type for the students.

The effect of developmental level on conceptual understanding and problem-solving ability has also been examined in the area of acid-base equilibria (Demerouti Kousathana and Tsaparlis, 2004) and it was found to be connected with most cases of concept understanding and applications, but less so with situations involving complex conceptual situations and/or chemical calculations.

Table 5. Logical schemata and *M*-demand in molecular-equilibrium problems.

Schema 1: The process of establishment of the chemical equilibrium.

Schema 2: The condition of chemical equilibrium.

Schema 3: The case of gaseous systems, with use of partial and total pressures as well as of K_p

Schema 4: The disturbance of the equilibrium and the establishment of a new equilibrium.

RELEVANT CHEMISTRY EDUCATION

Relevance in science education has a number of connotations, with most notable being (i) the embedding of science into contexts connected to students lives, (ii) the meeting of student needs, and (iii) the inclusion of real-life applications for individuals and society. In general, relevant chemistry education is more general than, although closely related to, the so-called "context-based chemistry education"⁹. The importance of relevance and context-based approaches to science education is made evident by the existence of three international educational projects that aim at enhancing students' interest in science and technology: *Relevance of Science Education* (ROSE); *Popularity and Relevance of Science Education for scientific Literacy* (PARSEL); and *Professional Reflection Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science* (PROFILES).¹⁰

A recent edited volume by Eilks and Hofstein (2015) is dedicated to the theme of relevant chemistry education (see Figure 12). In this book, relevance is manifested in three dimensions: individual, societal, and vocational relevance. Furthermore, each of the three dimensions covers both intrinsic and extrinsic components, as well as present and future aspects. According to the editors of the book, the three dimensions are not independent of each other, but are interrelated and partially overlap. A review of this book is available (Tsaparlis, 2015).

⁹ Issue no, 9 of volume 28 (2006) of the *International Journal of Science Education* was a special issue on the theme of "Context-based chemistry education". It had a theoretical article on the nature of 'context' in chemistry education (Gilbert, 2006), which was followed by specific context-based approaches in the USA, England, Israel, Germany, and the Netherlands.

¹⁰ PARSEL and PROFILES share a three-step teaching model as follows: (1) *contextualization* (a scenario that deals with an everyday issue or concern); (2) *de-contextualization* (the scientific ideas and problems to be solved); (3) *re-contextualization* (consolidation of science learning by bringing the science gained into the everyday issue being discussed).

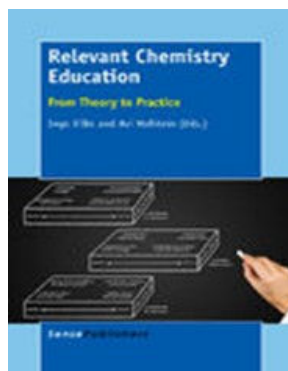


Figure 12. The cover of the book “Relevant Chemistry Education – From Theory to Practice”, edited by Eilks and Hofstein (2015).

Connection of the taught chemistry with students’ everyday life

Two studies on the connection of the taught chemistry with students’ everyday life - one on lower-secondary education (Tsaparlis & Vlachou, 1987, in Greek) the other on upper-secondary education (Tsaparlis & Vlachou, 1991, in Greek) revealed very poor knowledge; for instance, 97% of lower-secondary students ignored the content of a liquefied-gas bottle, 96% ignored the content of a fire extinguisher, 89% could not explain what a bleaching liquid was, and 81% were unsure of what petrol is. In the case of upper-secondary students, 77% ignored the gas or gases contained in a liquefied gas, 64% the content of a fire extinguisher, 60% failed to appreciate that sulfuric acid is the electrolyte in lead batteries, and 57% that benzoic acid is a common food preservative.

Coupling of secondary chemistry to the PARSEL modules

Chemistry, as a secondary school subject for all, should aim to provide students with chemical literacy and chemical culture, to develop higher-order cognitive skills, and to be a useful, interesting, and enjoyable subject (Tsaparlis, 2000). As such it should target at both the cognitive and the affective domains. Within the affective domain, the current trend is towards a contextual approach to teaching and learning. PARSEL¹¹ is a project which has produced educational materials that are available free of charge on the Internet, at: <http://icaseonline.net/parsel/www.parsel.uni-kiel.de/cms/indexe435.html?id=home>.

The modules aim to promote scientific literacy and to enhance popularity and relevance of science teaching and learning. The materials in the form of modules (*e.g. Growing plants: does the soil*

¹¹ *Popularity And Relevance of Science Education for scientific Literacy.*

matter?; Milk: keep refrigerated; Should vegetable oil be used as fuel?) cover a range of student levels (Grade 7 upwards) and science subjects. The materials have been developed by a consortium involving eight European Universities (from Estonia, Denmark, Germany (2), Greece, Israel, Portugal and Sweden) and the International Council of Associations for Science Education (UK).

A personal retrospective comment on relevant chemistry education

In the year 1988, during a Greek conference, influenced greatly by the Sherman and Sherman (1983) contextual approach to chemistry, I made a presentation about "*chemistry and tomorrow's citizens*", about "*chemistry as a general education subject at the threshold of the 21st century*" (Tsaparlis, 1988, in Greek). The following were the concluding comments of my presentation:

"We live in a chemical world, ... (where) a general public, ... adopts an attitude hostile to chemistry, (where) people are scared by the word 'chemistry'... It is a necessity that this public ... considers critically the chemical view of life, (and) the capabilities and the problems of chemistry. (In this way), chemistry will become an interesting, practical, useful subject, in one word, a most urgent subject".

POSTSCRIPT: Return to the big ideas in chemistry education

De Jong and Talanquer (2015) categorize big ideas into contextual and conceptual ones. Contextual big ideas can be general (e.g. chemistry for sustainability) or specific (e.g. ozone layer chemistry), while conceptual big ideas belong to chemistry (e.g. bonding, chemical equilibrium) or are about chemistry (nature and methods of chemistry). The authors discuss various sets of early and recent big ideas, with latest being the ones proposed by Talanquer & Pollard (2010): Chemical identity - Structure-property relationship - Chemical causality - Chemical mechanism - Chemical control - Benefits-costs-risks. Big ideas in the chemistry classroom are guided and constrained by a set of curricular perspectives, with each perspective characterized by a dominant conception about chemistry as follows: Fundamental Chemistry (FC) perspective; Knowledge Development in Chemistry (KDC) perspective; Chemistry, Technology, and Society (CTS) perspective. In addition, De Jong and Talanquer (2015) focus on educators' and students' views of big ideas in chemistry. Their findings indicated the dominant influence on teachers' beliefs of current chemistry curricula, which strongly focus on teaching and learning conceptual big ideas *of* chemistry. Nevertheless, the teachers considered important to also pay attention, although to a lesser extent, to contextual big ideas and to conceptual big ideas *about* chemistry.

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to thank Prof. Dr. Canan Nakiboğlu, organizer of the IVth Turkish National Chemical Education Conference, for providing him the opportunity not only to be an invited speaker at the conference, but also to meet the large and very active Turkish chemistry education research community.

REFERENCES

In English

- Banerjee (1991). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 13, 487-494.
- Bodner G. (2001). The many forms of constructivism. *Journal of Chemical Education*, 78, 1107.
- De Jong O. & Talanquer V. (2015). In I. Eilks & A. Hofstein A. (eds.) (2015). *Relevant chemistry education: from theory to practice*. Rotterdam: Sense Publishers
- Demerouti M., Kousathana, M. & Tsapalis G. (2004). Acid-base equilibria, Part II: Effect of developmental level and disembedding ability on students' conceptual understanding and problem solving ability. *The Chemical Educator*, 9, 132-137.
- Devetak I. & Glažar S. A. (eds.) (2014). *Learning with understanding in the chemistry classroom*. Dordrecht: Springer.
- de Vos W. & Verdonk A. H. (1985). A new road to reactions, Part I. *Journal of Chemical Education*, 62, 238-240.
- Eilks I. & Hofstein A. (eds.) (2015). *Relevant chemistry education*. Rotterdam: Sense.
- Gabel D.L. (ed.) (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan.
- Gabel D.L. & Bunce D. M. (1994). Research on chemistry problem solving. In D. L. Gabel (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, pp. 301-326. New York: Macmillan.
- Georgiadou A. and Tsapalis G. (2000). Chemistry teaching in lower secondary school with methods based on: a) psychological theories; b) the macro, representational, and submicro levels of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 277-289.
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of "context" in chemistry education. *International Journal of Science Education*, 28, 957-976.
- Gilbert J. K. & Treagust D. (eds.), *Multiple representations in chemical education*. Dordrecht: Springer.
- Harlen W. (ed.) (2010). *Principles and big ideas of science education*. Hatfield, Herts: Association for Science Education. (Available on the ASE website <http://www.ase.org.uk/resources/big-ideas/>, along with an updated (2015) edition)
- Herron J. D. (1978). Piaget in the classroom. *Journal of Chemical Education*, 55, 165-170.
- Herron J. D. (1996). *The chemistry classroom: formulas for successful teaching*. An American Chemical Society Publication.
- Johnstone A. H. (1984) New stars for the teacher to steer by? *Journal of Chemical Education*, 61, 847-849.
- Johnstone A.H. (2000). Teaching chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice*, 1, 9-15.
- Johnstone A. H. & El-Banna H. (1986). Capacities, demands, and processes – a predictive model for science education, *Education in Chemistry*, 23, 80-84.

- Johnstone A.H., Morrison T.I., & Reid N. (1981). *Chemistry about us*. London: Heinmann Educational Books.
- Johnstone A. H., & Wham A. J. B. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*, 19 (3), 71-73.
- Levere T. H. (2001) *Transforming matter – A history of chemistry from alchemy to the buckyball*. Baltimore and London: John Hopkins University Press.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington DC: National Academy Press.
- Niaz M. (1995). Relationship between student performance on conceptual and computational problems of chemical equilibrium, *International Journal of Science Education*, 17, 343–355.
- Ritchie I. M., Thislethwaite P. J. & Craig R. A. (1975). *Problems in physical chemistry*. Sydney: Wiley (Australasia).
- Shayer M. & Adey P. (1981). *Toward a science of science teaching*. London: Heinman.
- Sherman A. & Sherman S. J. (1983). *Chemistry and our changing world*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Sözbilir M., Pinarbasi T., & Canpolatm N. (2010). Prospective chemistry teachers' conceptions of chemical thermodynamics and kinetics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6, 111-120.
- Taber K. S. (2012a). Key concepts in chemistry. In K. S. Taber (ed.), *Teaching secondary chemistry* (new 2nd edition), pp. 1-47. London: Association for Science Education / Hodder Education.
- Taber K. S. (ed.) (2012b). *Teaching secondary chemistry* (new 2nd edition). London: Association for Science Education / Hodder Education.
- Taber K. S. (2015). Advancing chemistry education as a field (editorial). *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 6-8.
- Talanquer V. & Pollard J. (2010). Let's teach how we think instead of what we know. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 74-83.
- Tsaparlis G. (1997). Atomic and molecular structure in chemical education: a critical analysis from various perspectives of science education *Journal of Chemical Education*, 74, 922-925.
- Tsaparlis G. (1998). Dimensional analysis and predictive models in problem solving. *International Journal of Science Education*, 20, 335-350.
- Tsaparlis (2000). The States-Of-Matter Approach (SOMA) to high-school chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 161-168]
- Tsaparlis G. (2005). Non-algorithmic quantitative problem solving in university physical chemistry: a correlation study of the role of selective cognitive variables. *Research in Science and Technological Education*, 23, 125-148.
- Tsaparlis G. (2009). Learning at the macro level: the role of practical work. In: J. K. Gilbert & D. Treagust (eds.), *Multiple representations in chemical education*, pp. 109-136. Dordrecht: Springer.
- Tsaparlis (2014). Linking the macro with the submicro levels of chemistry: demonstrations and experiments that can contribute to active/meaningful/ conceptual learning. In Devetak, I. & Glažar, S. A. (eds.), *Learning with understanding in the chemistry classroom*, pp. 41-61. Dordrecht: Springer.
- Tsaparlis, G. (2015). Concepts, theoretical constructs, models, theories and the varied and rich practice of "Relevant chemistry education". Book review of: *Relevant chemistry education*, Ingo E. & Hofstein A. (eds.), Rotterdam: Sense, 2015. *Studies in Science Education*. Published online: 13 Nov 2015.
- Tsaparlis G. & Angelopoulos V. (2000). A model of problem-solving: Its operation, validity, and usefulness in the case of organic-synthesis problems. *Science Education*, 84, 151-153.
- Tsaparlis G. & Kampourakis C. (2000). An integrated physics and chemistry program for the 7th grade. *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 281-294.
- Tsaparlis G., Kolioulis D., & Pappa E. (2010). Lower-secondary introductory chemistry course: a novel approach based on science-education theories, with emphasis on the macroscopic

- approach, and the delayed meaningful teaching of the concepts of molecule and atom. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 107-117 (plus Supplementary Information).
- Tsapalis G., Kousathana M., & Niaz M. (1998). Molecular-equilibrium problems: Manipulation of logical structure and of M-demand, and their effect on student performance. *Science Education*, 82, 437-454
- Tsapalis G. & Pyrgas E. (2011). The states-of-matter approach (SOMA) to high-school chemistry: textbook and evaluation by teachers. ESERA e-Proceedings, Strand 4. Lyon, France.
<http://www.esera.org/publications/esera-conference-proceedings/science-learning-and-citizenship/strand-4/>
- Tsapalis G. & Sevia H. (2013a). Concepts of matter – complex to teach and difficult to learn. In G. Tsapalis G. & H. Sevia (eds.), *Concepts of matter in science education*, pp. 1-8. Dordrecht: Springer.
- Tsapalis G. & Sevia H. (eds.) (2013b). *Concepts of matter in science education*. Dordrecht: Springer.
- Zarotiadou E. & Tsapalis G. (2000). Teaching lower-secondary chemistry with a Piagetian constructivist and an Ausbelian meaningful-receptive method: a longitudinal comparison *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 37-50.
- Zoller U. (1993). Are lecture and learning compatible? maybe for LOCS: unlikely for HOCS, *Journal of Chemical Education*, 70, 195–197.
- Zoller U. & Tsapalis G. (1997). Higher and Lower-Order Cognitive Skills: The Case of Chemistry. *Research in Science Education*, 27, 117-130.

In Greek

- Tatsi A. & Tsapalis G. (2011). Restructuring of lower-secondary biology on the basis of instructional integration and coordination of the science subjects – Textbook of introductory science for the 7th grade, Proceedings of the 7th Greek Conference on Science Education and New Technologies in Education, pp. 92-101. Alexandroupolis, Greece.
http://www.enepnet.gr/index.php?page=proceedings-conference&proceeding_conference_id=8
- Tatsi A. & Tsapalis G. (2013). In corporation of biology lessons in an introductory physical science textbook for the 7th grade: Evaluation by specialists in education and in science. Proceedings of the 8th Greek Conference on Science Education and New Technologies in Education, pp. 690-700. Volos, Greece.
http://www.enepnet.gr/index.php?page=proceedings-conference&proceeding_conference_id=9
- Tsapalis G. (1981). Comparative study of the chemical knowledge of new (Greek) chemistry students according to two tertiary entrance examination systems. *Chimica Chronica*, 46 (14) 40-45.
- Tsapalis G. (1984a). Chemistry in (Greek) lower secondary school (*gymnasion*) Part A' : Teachers' opinions. *Logos & Praxis*, Issue No. 22, 78-96 (plus corrections, Issue No. 23-24).
- Tsapalis G. (1984b). Chemistry in (Greek) lower secondary school (*gymnasion*) – Part B' : Contribution to a reform of the program of studies. *Logos & Praxis*, Issue No. 23-24, 138-143.
- Tsapalis G. (1985a). Tertiary entrance examinations and chemistry: Comparison with previous (Greek) examination systems. *Synchroni Ekpaideusi*, Issue No. 21, 69-76.
- Tsapalis G. (1985b). Some of the difficulties of chemistry at (Greek) upper secondary school (*lykeion*). *Synchroni Ekpaideusi*, Issue No. 24, 40-48.
- Tsapalis G. (1988). Chemistry and tomorrow's citizens – Chemistry as a general education subject at the threshold of the 21st century. *Proceedings of 12th Panhellenic Chemistry Conference*, pp. 1-6. Thessaloniki, Greece: Association of Greek Chemists and Aristotle University of Thessaloniki.
- Tsapalis G. (1989/1991). *Topics in Physics and Chemistry Teaching for Secondary Education*. Athens Greece: Grigoris Publications.
- Tsapalis (1991). SOS from lower-secondary chemistry. *Chimica Chronica*, 53 (4) 111.

- Tsapalis (1994). SOS from lower-secondary chemistry. *Proceedings of the 4th Greek-Cypriot Chemistry Conference – Chemistry and Education*, pp. 135-140. Ioannina: Association of Greek Chemists and University of Ioannina.
- Tsapalis G. (2001). First and second thoughts about teaching (Greek) lower secondary chemistry. In: P. Kokkotas (ed.), *Teaching of science at the beginning of 21st century: problems and perspectives*, pp. 93-104. Athens, Greece: Grigoris Publications.
- Tsapalis G., Georgiadou A., Kafetzopoulos C., Lefkopoulou S., & Fantaki G. (2014). The new program of studies for (Greek) lower secondary education and proposed educational material. *Proceedings of the 1st Greek Conference on Educational Material for Mathematics and Science*, pp. 152-160. Rhodes, Greece: University of the Aegean. (<http://ltee.org/sekpy2014/>)
- Tsapalis G., Georgiadou A., Kafetzopoulos C., Lefkopoulou S., & Fantaki G. (2016). The new program of studies for (Greek) lower secondary education: aims, features, menas, description and commenting. *Proceedings of the 9th Greek Conference on Science Education and New Educational Material*. Thessaloniki, Greece. To be available at: www.enepnet.gr/index.php?page=proceedings-conferences
- Tsapalis G. & Stergiou E. (2014). Educational material (textbook) for 11th grade chemistry on the basis of connection of the course with life and applications. *Proceedings of the 1st Greek Conference on Educational Material for Mathematics and Science*, pp. 620-636. Rhodes, Greece: University of the Aegean. (<http://ltee.org/sekpy2014/>)
- Tsapalis G. & Stergiou E. (2016). Chemistry for general education for the 11th (Greek grade: Preliminary evaluation of educational material based on connection with life and applications. *Proceedings of the 9th Greek Conference on Science Education and New Educational Material*. Thessaloniki, Greece. To be available at: www.enepnet.gr/index.php?page=proceedings-conferences.
- Tsapalis G. & Vlachou, S. (1987). Chemistry and life in (Greek) secondary education – Part A, Chemistry and life in lower-secondary school (*gymnasion*). *Nea Paideia*, No. 44, 152-163.
- Tsapalis G. & Vlachou S. (1991). Chemistry and life in (Greek) secondary education – Part B, Chemistry and life in upper-secondary school (*lykeion*). *Nea Paideia*, No. 59, 161-174.

Altı Şapkalı Düşünmeye ve Örnek Olaya Dayalı Çalışma Yapraklarının Eleştirel Düşünme Becerisi Açısından İncelenmesi: Isı ve Sıcaklık¹

Çiğdem ŞAHİN, Nuray ÇAKMAK

Giresun Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Giresun, Türkiye.

Yazışmaların yapılacağı yazar: Çiğdem ŞAHİN, e-posta: hcsahin38@gmail.com

Öz: Bu çalışmanın amacı örnek olaya ve altı şapkalı düşünmeye göre hazırlanan çalışma yapraklarının, öğretmen adaylarının eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesine katkısını karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Özel durum yöntemine göre yürütülen bu çalışmanın araştırma grubunu, Giresun Üniversitesi Eğitim Fakültesi İlköğretim Bölümü Fen Bilgisi Öğretmenliği Ana Bilim Dalı'nda 3. sınıfta öğrenim gören 24 ilköğretim fen bilgisi öğretmen adayı oluşturmaktadır. Araştırmada veri toplama aracı olarak çalışma yaprakları ve günlükler kullanılmıştır. Örnek olaya ve altı şapkalı düşünmeye göre ayrı ayrı hazırlanan çalışma yapraklarından ve günlüklerden elde edilen veriler doküman inceleme tekniğine göre incelenmiştir. Öğretmen adaylarının eleştirel düşünme becerilerine yönelik elde edilen nitel veriler, Kökdemir (2003) tarafından Türkçe'ye çevrilmiş olan Kaliforniya Eleştirel Düşünme Eğilimi Ölçeği'nin (CCTDI) alt faktörleri esas alınarak betimsel olarak çözümlenmiştir. Hem çalışma yapraklarından hem de günlüklerden elde edilen nitel verilere göre öğretmen adaylarının eleştirel düşünme becerilerine yönelik genellikle analitiklik ve doğruyu arama alt faktörlerinde görüş belirtmelerine rağmen, kendine güven ve meraklılık alt faktörlerinde fazla görüş belirtmedikleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Altı şapkalı düşünme, örnek olay, eleştirel düşünme becerisi, ısı ve sıcaklık.

Evaluation of the Worksheets Based on Six Thinking Hats and Case Study according to Critical Thinking Skills: Heat and Temperature

Abstract: The aim of this study was to examine the effect of worksheets based on six thinking hats and case study on improvement of prospective science teachers' critical thinking skills in a comparative manner. This study was designed on case study research method. The working group composed of 24 prospective science teachers who were studying at the 3th grade at the Elementary Department Science Teacher of Education Faculty in Giresun University. In the study, worksheets and journals were used for collecting data. Data obtained from worksheets based on six thinking hats and case study and journals were analyzed to document review technique. Qualitative data of the study about prospective science teachers' critical thinking skills were analyzed with sub-factories of California Thinking Disposition Inventory (CCTDI) which was translated to Turkish by Kökdemir (2003) as descriptively. Qualitative data of both worksheets and journals of this study showed that although prospective science teachers

¹ Bu çalışma Nuray ÇAKMAK'ın yüksek lisans tezinden üretilmiş olup UKEK2015 özet kitabında basılmıştır.

generally stated with respect to analyticity and truth-seeking sub factories of critical thinking skills, they did not state about self-confidence and inquisitiveness sub factories.

Keywords: Six thinking hats, case study, critical thinking skills, heat and temperature.

GİRİŞ

Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programının temelinde “*Tüm öğrencileri fen okuryazarı bireyler olarak yetiştirmek*” olduğu görülmektedir (MEB, 2013). Fen okur-yazarı olan bireylerden araştıran-sorgulayan, eleştirel düşünebilen, problem çözme ve karar verme becerisine, yaşam boyu öğrenme mantığına ve doğayı anlamada gerekli olan fenle ilgili beceri, tutum, değer ve anlayışlara sahip olan bireyler olmaları beklenmektedir (Çepni & Çil, 2009). Bu nedenle eleştirel düşünme becerisi, fen öğretiminin önemli bir parçasıdır.

Eleştirel düşünme becerisini temel alan fen eğitimi uygulamaları, akademik başarıyı (Akinoğlu, 2001; Alkaya, 2006; Koray, Köksal, Özdemir & Presley, 2007; Koray, Yaman & Altunçekiç, 2004; Yıldırım, 2009) ve derse karşı tutumu (Akinoğlu, 2001) arttırırken, eleştirel düşünme becerisi (Gunn & Pomahac, 2008; Turan, 2009; Yıldırım, 2009; Yoldaş, 2009), problem çözme becerisi (Altındağ, Göksel, Koray & Koray, 2012; Yıldırım, 2009; Yıldırım & Yalçın, 2008), yaratıcılık becerisi (Altındağ, Göksel, Koray & Koray, 2012; Yıldırım & Yalçın, 2008) ve bilimsel süreç becerisi (Koray, Köksal, Özdemir & Presley, 2007) gibi becerileri de geliştirmektedir. Literatürde fen konuları temel alınarak yapılan eleştirel düşünme becerisine yönelik çalışmalar incelenerek ünite veya konuların dağılımı Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Eleştirel Düşünme Becerisine Yönelik Çalışmaların, Katılımcıların Öğrenim Durumlarına ve Fen Ünitelerine/Konularına Göre Dağılımı

Öğrenim Durumu	Fen Üniteleri/Konuları	Amaç	Araştırmalar
4. sınıf öğrencileri	Maddeyi Tanıyalım	Eleştirel düşünme becerilerini temel alan fen bilgisi öğretiminin öğrenme ürünlerine etkisini incelemek.	Akinoğlu, (2001)
	Canlılar Çeşitlidir	İşbirlikli öğrenme tekniği yardımıyla eleştirel düşünme becerilerini temel alan fen bilgisi öğretiminin akademik başarıya etkisini araştırmak.	Alkaya, (2006)
5. sınıf öğrencileri	Maddenin Değişimi ve Tanınması	Gazetelerden yararlanılarak hazırlanan ders etkinliklerinin akademik başarıya, derse karşı tutuma, eleştirel düşünme becerisine etkisini belirlemek ve uygulama hakkında katılımcıların görüşlerini tespit etmek.	Bozkurt, (2010)
	Su Döngüsü	7E öğrenme modelinin eleştirel düşünme yeteneği gelişimine etkisini incelemek.	Mecit, (2006)
7. sınıf öğrencileri	Kuvvet ve Hareket	Yaratıcı drama destekli uygulamaların başarı, tutum ve eleştirel düşünmeye etkisini araştırmak.	Yağmur, (2010),
		Eleştirel düşünme becerilerini temel alan fen öğretiminin eleştirel düşünme eğilimi üzerine etkisini belirlemek.	Yıldırım Şensoy, (2011) &
8. sınıf öğrencileri	Vücudumuzda Sistemler	Eleştirel düşünme becerilerini temel alan fen öğretiminin eleştirel düşünme eğilimi üzerine etkisini belirlemek.	Yıldırım Şensoy, (2011) &
	Canlılar ve Enerji İlişkileri	Aktif öğrenmeye dayalı uygulamaların kendi kendine öğrenme becerisine, eleştirel düşünme becerisine, derse yönelik öz yeterlilik inanışlarına ve erişilerine etkisini incelemek.	Aydede, (2009)
	Maddenin Hâlleri ve Isı Yaşamımızdaki Elektrik	5E öğrenme modeli ve animasyon tekniğinin akademik başarıya, tutuma ve eleştirel düşünebilme yeteneğine etkisini araştırmak.	Gündüz Bahadır, (2012)
Lise öğrencileri	Tepkime Hızı Kimyasal Denge Çözünürlük Dengesi Asitler ve Bazlar	Bilimsel tartışmaya dayalı öğretim uygulanmasının bilimsel süreç becerisine, eleştirel düşünme becerisine ve akademik başarıya etkisini belirlemek.	Gültepe, (2011)
	Dünya Ortamı ve Canlılar	Eleştirel düşünme becerilerini kazandırmaya yönelik hazırlanan etkinliklerin çevre etiği yaklaşımına ve eleştirel düşünme eğilimine etkisini tespit etmek.	Turan, (2009)
Üniversite öğrencileri	Genel Biyoloji-II dersi konuları	Beyin temelli öğrenme kuramının akademik başarıya, tutuma, biyoloji dersine ilişkin özyeterlik algısına ve eleştirel düşünme eğilimine etkisini incelemek.	Demirhan, (2010)
	Temel Elektronik	İşbirlikli öğrenme tekniğinin eleştirel düşünme becerisini geliştirme üzerindeki etkisini incelemek.	Gokhale, (1995)

Fen Bilgisi Laboratuvar Uygulamaları dersi konuları	Eleştirel ve yaratıcı düşünme temelli öğrenmenin yaratıcılık ve problem çözme becerilerine etkisini incelemek.	Altındağ, Göksel, Koray & Koray, (2012)
	Yaratıcı ve eleştirel düşünme temelli uygulamaların bilimsel süreç becerisine ve akademik başarıya etkisini incelemek.	Koray, Köksal, Özdemir & Presley, (2007)
	Yaratıcı ve eleştirel düşünmeye dayalı uygulamanın problem çözme, akademik başarı ve laboratuvar tutum düzeyine etkisini tespit etmek.	Koray, Yaman & Altunçekiç, (2004)
	Eleştirel düşünmeye dayalı fen eğitiminin akademik başarı, eleştirel düşünme becerisi, fen öğretimine yönelik öz-yeterlik inanç ve problem çözme beceri düzeylerine etkisini belirlemek.	Yıldırım, (2009)
Çevre Sorunları	Eleştirel düşünme becerilerini temel alan fen eğitiminin problem çözme beceri düzeyleri üzerine etkisini, cinsiyet ve mezun olunan lise türünü de dikkate alarak incelemek.	Yıldırım & Yalçın, (2008)
	Eleştirel düşünme becerilerini içeren öğretimin eleştirel düşünme becerisinin kazanılmasına, erişilere ve çevreye yönelik tutuma etkisini araştırmak.	Yoldaş, (2009)

Tablo 1’de de görüldüğü gibi eleştirel düşünme becerisini geliştirmeye yönelik fen konularında çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu konulardan biri de ısı ve sıcaklıktır. Isı ve sıcaklık konusuyla ilgili olarak araştırmacılar, çalışmalarında aktif öğrenme (Aydede, 2009) ve gazetelerden yararlanarak hazırlanan ders etkinlikleri (Bozkurt, 2010) gibi uygulamaları kullanmışlardır. Isı ve sıcaklık konusunun öğrenciler tarafından iyi anlaşılabilmesi için öğretmenlerin derslerini günlük hayattan örnekler vererek işlemeleri önerilmektedir (Aytekin, 2010; Demircioğlu & Demircioğlu, 2005). Şenocak, Dilber, Sözbilir ve Taşkesenligil (2003) yaptıkları çalışmalarında, öğrencilerin ısı ve sıcaklık konusunda günlük yaşamda karşılaşılabilecekleri olaylarla ilgili soruları, teorik bilgi gerektiren sorulara oranla cevaplama hem daha fazla istekli hem de daha başarılı olduklarını tespit etmişlerdir. Isı ve sıcaklık konusu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde altı şapkalı düşünmeye ve örnek olaya dayalı uygulamalara rastlanılmamıştır. Oysaki altı şapkalı düşünmenin (Kenny, 2003) ve örnek olayın (İbrahimioğlu, 2010; Uluyol, 2011) eleştirel düşünme becerisinin gelişmesinde etkili olduğu yapılan çalışmaların sonuçlarından bilinmektedir.

Öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesinde de öğretmenlere önemli görev ve sorumluluklar düşmektedir. Dolayısıyla geleceğin öğretmenleri olacak öğretmen adaylarının, eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesine yönelik uygulamaları yaparak yaşayarak öğrenmelerinin, onların bu becerileri öğrencilerine kazandırmalarında etkili olacağına inanılmaktadır. Buradan hareketle örnek olaya ve altı şapkalı düşünmeye göre hazırlanan çalışma yapraklarının fen bilgisi öğretmen adaylarının eleştirel düşünme becerilerine katkısının, karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, fen bilgisi öğretmen adaylarının eleştirel düşünme becerilerini geliştirmeye yönelik hazırlanan bir dönemlik uygulamadan sadece ısı ve sıcaklık konusu ile ilgili örnek olaya ve altı şapkalı düşünmeye göre hazırlanan çalışma yapraklarından ve günlüklerden elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

YÖNTEM

Çalışmada örnek olaya ve altı şapkalı düşünmeye dayalı olarak hazırlanan çalışma yapraklarının uygulandığı gruplarda ortaya çıkan durumlar iki vaka şeklinde detaylı bir biçimde incelendiğinden, araştırma örnek olay (özel durum) yöntemine göre yürütülmüştür.

Çalışma Grubu

Bu araştırmanın çalışma grubunu, 2013–2014 eğitim-öğretim yılı güz döneminde Giresun Üniversitesi Eğitim Fakültesi İlköğretim Fen Bilgisi Öğretmenliği programında 3. sınıfta öğrenim gören 24 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Örnek olay etkinliğinin uygulandığı birinci grupta (ÖG1) 11 öğretmen adayı bulunurken, altı şapkalı düşünme etkinliğinin uygulandığı ikinci grupta (AG2) 13 öğretmen adayı bulunmaktadır. Çalışmada birinci gruptaki öğretmen adayları

Ö1, Ö2, Ö3,..., Ö11, ikinci gruptaki öğretmen adayları ise A1, A2, A3,..., A13 şeklinde kodlanmıştır.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada verilerin geçerliğini ve güvenilirliğini arttırmak için veri üçgenlemesi yapılmış olup veri toplama aracı olarak çalışma yaprakları ve günlüklerden faydalanılmıştır. Çalışma yapraklarından ve günlüklerden elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır.

Çalışma Yaprakları

Bu çalışmada örnek olaya ve altı şapkalı düşünmeye göre düzenlenmiş, ısı ve sıcaklık konusuyla ilgili iki çalışma yaprağı hazırlanmıştır. Çalışma yapraklarında ele alınan ısı ve sıcaklık konusu, fen bilgisi öğretmen adaylarının 3. sınıfta aldıkları fen öğretimi laboratuvar uygulamaları I dersi içeriğine paralel olarak belirlenmiştir. Çalışma grupları için ayrı ayrı hazırlanan çalışma yapraklarında ele alınan konuların içeriği hakkında kapsam geçerliğini sağlamak amacıyla her bir çalışma yaprağı için 4 alan eğitimi uzmanının (3 fen bilgisi eğitimi uzmanı ve 1 kimya eğitimi uzmanı) görüşü alınmıştır. Alan eğitimi uzmanları öğretim teknolojileri ve materyal geliştirme, öğretim ilke yöntemleri ve özel öğretim yöntemleri gibi lisans pedagojik formasyon derslerini yürütmekte olup çalışma yaprağı geliştirme, yazarak bilim öğrenme, bilimsel süreç becerileri, altı şapkalı düşünme ve örnek olay etkinlikleri konusunda deneyime sahiptirler. Fen bilgisi eğitimi uzmanlarından ikisi doçent, diğeri yardımcı doçent, kimya eğitimi uzmanı da yardımcı doçent unvanına sahiptir. Uzmanların görüşleri doğrultusunda çalışma yapraklarında yer alan soruların sayısı arttırılmış, soru köklerinde yer alan hatalar düzeltilmiş ve çalışma yapraklarına son hali verilmiştir. Çalışma yaprakları EK-1 ve EK-2'de sunulmuştur.

Altı şapkalı düşünmeye dayalı olarak hazırlanan çalışma yaprağı iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde konuyla ilgili bir soru sorulmuş ve günlük yaşamla ilgili bir senaryo sunulmuştur. İkinci bölümde ise günlük yaşamla ilgili senaryoya yönelik sorular her bir şapka rengi için ayrı ayrı hazırlanmıştır. Ayrıca öğretmen adaylarının düşüncelerini çalışma yapraklarında yazabilmeleri için her bir sorunun altında yeterli boşluk bırakılmıştır. Altı şapkalı düşünmede birey, her bir şapka renginin temsil ettiği düşünme sistemine göre durumu inceler. Altı şapkalı düşünmenin sınıf içinde kullanılması gerektiği durumlarda şapkaların rengi ve temsil ettiği düşünce tarzı öğrencilere söylenmeli, renklerin temsil ettiği düşünme biçimlerine göre ise öğrenciler kendi düşüncelerini değiştirmelidirler (Çepni, 2008; Çepni & Çil, 2009). Bu şapkaların renk ve özellikleri ise şunlardır (Çepni & Çil, 2009; Demirel, 2006; Epçaçan, Ulaş, Orhan & Gedik, 2012; Gözütok, 2007; Rizvi, Bilal, Ghaffar & Asdaque, 2011):

Beyaz Şapka: Beyaz renk kağıdı çağrıştırmaktadır. Saflığın, netliğin ve tartışmasız olarak kabul edilen bilgilerin temsilcisidir. Gerçeklere nesnel bir bakış açısıyla bakmayı amaçlar. Konuyla ilgili bilgiler verilerek okuyucunun konu hakkında bilgi sahibi olması sağlanır. Aynı zamanda

bireyleri araştırmaya sevk eden bir özelliğe de sahiptir. Bu şapkayı giyen düşünür, bir bakıma bilgisayarı taklit eder. Bireyin objektif düşünmesini gerektirir.

Kırmızı Şapka: Kırmızı renk ateşi ve sıcaklığı çağrıştırmaktadır. Tutkuların, duyguların ve sezgilerin temsilcisidir. Duygusal tepki vermeyi temele almaktadır. Bu şapkayı giyen düşünür, konuya kişisel bir bakış açısıyla yaklaşır.

Siyah Şapka: Olumsuzlukları, karamsarlıkları ve riskleri temsil eder. Bir uygulamanın tehlikeli yanlarını ve alınacak kararın neden işe yaramayacağını gösterdiğinden şapkaların en yararlısı olarak düşünülmektedir. Şeytanın avukatının yargısı olarak da görülmektedir. Bu şapka kullanılırken daima mantıklı olunmalı ve fazla kullanılarak konunun olumlu taraflarının ortaya çıkması engellenmemelidir.

Sarı Şapka: Sarı renk Güneş ışığını ve iyimserliği çağrıştırmaktadır. Olumlulukları, avantajları ve fırsatları temsil etmektedir. Yapıcı ve iyimser yönden bir bakış açısı geliştirmeyi amaçlar.

Yeşil Şapka: Yeşil renk büyümeyi, enerjiyi ve yaşamı simgeleyen bitkilerin rengidir. Yaratıcılığı ve üretkenliği temsil etmektedir. Bu şapkayı giyen düşünür, konu hakkında alternatif düşünceler, yeni görüş ve öneriler ortaya atar. Bu nedenle zihinsel olarak en fazla aktif olmayı gerektiren şapkadır.

Mavi Şapka: Mavi renk denizi, gökyüzünü ve serinkanlılığı çağrıştırır. Bu şapka ile bütün tartışılanlar ve renkler kontrol edilir, düşünce süreci gözden geçirilir ve serinkanlı bir şekilde karar verilir. Durum tüm olası yönleriyle analiz edilerek özet ve sonuçlara gidilir. Örnek olaya dayalı olarak hazırlanan çalışma yaprağı da iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm, altı şapkalı düşünmeye dayalı olarak hazırlanan çalışma yaprağının ilk bölümü ile aynı olup konuyla ilgili bir soru sorulmuş ve günlük yaşamla ilgili bir senaryo sunulmuştur. İkinci bölümde ise metindeki günlük yaşamla ilgili senaryoya yönelik sorular sorulmuştur. Öğretmen adayları kendilerine verilen örnek olay metninde yer alan bilgilerin doğruluğunu analiz ederken, aynı zamanda çalışma yaprağında yer alan soruların çözümü için hem metinden yararlanmış hem de birbirleriyle tartışarak sonuca ulaşmışlardır. Bu nedenle çalışmada yer alan örnek olaya dayalı etkinlik tüm metin grubunda yer almaktadır. Öğrenci, ihtiyaç duyabileceği tüm bilgiyi bu örnek olayda bulur ve diğer kaynaklara başvurmaya ihtiyaç duymaz. Öğrenciler tüm metin türündeki örnek olayı okur, analiz eder ve bir karara vararak aldıkları bu kararları arkadaşları önünde tartışırlar (Çepni, 2008).

Günlükler

Bu araştırmada uygulanan örnek olayın ve altı şapkalı düşünmenin etkililiğini ve de öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini belirlemek amacıyla öğretmen adaylarına günlük tutturulmuştur. Uygulamadaki ısı ve sıcaklık konusuyla ilgili etkinlikler yapıldıktan sonra, her iki grupta da

öğretmen adaylarına çeşitli sorular yöneltilmiş ve düşüncelerini günlüklere yazmaları istenmiştir. Günlüklerde yer alan soruların içeriğinin uygun olup olmadığını belirlemek amacıyla, yine çalışma yaprakları için görüşlerine başvurulmuş uzmanların görüşleri alınmıştır. Bu görüşler doğrultusunda “*Hangi eksiklerinizi gideremediğinizi düşünüyorsunuz?*” ve “*Bu etkinliğin size kazandırdıkları nelerdir?*” gibi bazı alt sorular günlük sorularına eklenmiştir. Bu sorular öğretmen adaylarının günlüklerini yazmalarında rehberlik etmek amacıyla sorulmuştur.

Araştırmanın Uygulanması

Araştırma, 2013–2014 eğitim öğretim yılı güz döneminde Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları I dersi kapsamında 2 saat süresince uygulanmıştır. Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları I dersi haftada 2 saat uygulama ve 2 saat teori şeklinde yürütülmektedir. Uygulama saatlerinde çalışma grubu öncelikle ısı ve sıcaklık konusuyla ilgili mevcut laboratuvar föylerindeki “Isının ölçülmesi, ısının yayılma yolları, ısı ve sıcaklık ilişkisi” başlıklı deneyleri yapmışlardır (Karslı, 2015a). Mevcut laboratuvar föylerindeki deneylerde bilimsel süreç becerilerine dayalı laboratuvar yaklaşımı esas alınmıştır (Karslı, 2015b). Deneyler temel süreç becerileri (gözlem yapma, ölçme, sınıflama, sayı uzay ilişkileri kurma ve verileri kaydetme), nedensel süreç becerileri (tahmin yapma, değişkenleri belirleme, verileri yorumlama ve sonuç çıkarma) ve deneysel süreç becerileri (hipotez kurma, verileri kullanma model oluşturma, değişkenleri değiştirme ve kontrol etme, deney tasarlama/yapma ve karar verme) dikkate alınarak hazırlanmıştır. Öğretmen adaylarının örnek olay ve altı şapkalı düşünme etkinliklerine aktif olarak katılabilmeleri için “Isının ölçülmesi, ısının yayılma yolları, ısı ve sıcaklık ilişkisi” deneylerini tamamlamaları önemli görüldüğünden, deneyler 6 ders saatinde yapılmıştır. Deneylerden sonra 2 ders saatinde ise örnek olaya ve altı şapkalı düşünmeye dayalı olarak hazırlanan çalışma yaprakları uygulanmıştır. Isı ve sıcaklıkla ilgili uygulamalar 2 haftada tamamlanmıştır. Öğretmen adayları örnek olay ve altı şapkalı düşünme ile ilgili olarak 2 ders saatinde teorik olarak bilgilendirilmişlerdir. 2 ders saatinde de ÖG1’in sürtünme kuvveti ile ilgili bir örnek olay ve AG2’nin mıknatıs ile ilgili altı şapkalı düşünme etkinliğine aktif olarak katılmaları sağlanmıştır. Çalışmanın sonunda öğretmen adayları uygulamada edindikleri deneyimlerini günlüklere yazmışlardır.

Verilerin Analizi

Çalışma yaprakları ve günlükler doküman inceleme tekniğine göre incelenmiştir. Çalışma yapraklarından ve günlüklerden elde edilen veriler betimsel olarak analiz edilmiştir. Öğretmen adaylarının günlüklere verdikleri cevaplar, Kökdemir (2003) tarafından Türkçe’ye uyarlanan Kaliforniya Eleştirel Düşünme Eğilimi Ölçeği’nde (CCTDI) yer alan 6 alt faktörün özelliklerine göre temalar oluşturularak analiz edilmiştir. Bu ölçeğin alt faktörlerinin özellikleri aşağıda açıklanmıştır (Kökdemir, 2003):

- 1. Analitiklik:** Potansiyel olarak sorun çıkarabilecek durumlara karşı dikkatli olma, zor problemler karşısında bile akıl yürütme ve nesnel kanıt kullanma eğilimini belirtmektedir. Bu

alt boyut toplam 10 maddeden oluşmaktadır. Bu alt boyutun ölçüm iç tutarlılık katsayısı (alfa) ise .75 olarak bulunmuştur.

2. **Açık Fikirlilik:** Bireyin farklı yaklaşımlara karşı hoşgörüsünü ve kendi hatalarına karşı duyarlı olmasını anlatmaktadır. Buradaki temel mantık bireyin karar verirken kendi düşüncelerinin yanında karşısındakilerin de görüş ve düşüncelerine dikkat etmesidir. Bu alt boyutta toplam 12 madde bulunmaktadır. Bu alt boyutun ölçüm iç tutarlılık katsayısı (alfa) ise .75 olarak bulunmuştur.
3. **Meraklılık:** Herhangi bir kazanç beklentisi olmaksızın kişinin bilgi edinme ve yeni şeyler öğrenme eğilimini yansıtır. Bu alt boyutta toplam 9 madde yer almaktadır. Bu alt boyutun ölçüm iç tutarlılık katsayısı (alfa) ise .78 olarak bulunmuştur.
4. **Kendine Güven:** Kişinin kendi akıl yürütme süreçlerine duyduğu güveni yansıtmaktadır. Bu alt boyut toplam 7 maddeyi kapsamaktadır. Bu alt boyutun ölçüm iç tutarlılık katsayısı (alfa) ise .77 olarak bulunmuştur.
5. **Doğruyu Arama:** Alternatifleri veya birbirinden farklı düşünceleri değerlendirme eğilimini ölçer. Doğruyu arama alt boyutundan yüksek puan alan kişinin gerçeği arama eğiliminin, soru sorma becerisinin ve kendi düşüncesine ters veriler söz konusu olduğunda bile nesnel davranma olasılığının daha yüksek olduğunu gösterir. Bu alt boyut toplam 7 maddeyi içermektedir. Bu alt boyutun ölçüm iç tutarlılık katsayısı (alfa) ise .61 olarak bulunmuştur.
6. **Sistematiklik:** Örgütlü, planlı ve dikkatli araştırma eğilimini ifade etmektedir. Bilgiye dayalı ve belli bir prosedür izleyen bir karar verme stratejisi kullanma eğilimini belirtir. Bu alt boyutta toplam 6 maddeye yer verilmiştir. Bu alt boyutun ölçüm iç tutarlılık katsayısı (alfa) ise .63 olarak bulunmuştur.

Nitel verilerin analizinde ölçüm geçerliğini sağlamak için tema veya kodlamaların kullanılması önemli görülmektedir (Yıldırım & Şimşek, 2011). Temaların belirlenmesinde iki farklı araştırmacı tartışarak birlikte karar vermişlerdir. Ayrıca verilerin geçerliğini arttırmak için temalarla ilgili günlüklerde ve çalışma yapraklarında yer alan öğretmen adayı ifadelerinden bazı alıntılara yer verilmiştir. Öğretmen adaylarının ifadelerinin kullanım sıklığı da hesaplanmıştır. Verilerin güvenilirliğini sağlamak için kodlayıcılar arası tutarlık yüzdesi hesaplanmış ve ortalama tutarlık yüzdesi % 87 olarak bulunmuştur. Bu yüzde değeri verilerin güvenilir olduğuna işaret etmektedir. Kodlamalarda tespit edilen farklılıklar için de kodlayıcılar tartışarak kodlarla ilgili ortak bir karara varmışlardır.

BULGULAR

Çalışma Yapraklarından Elde Edilen Bulgular

Tablo 2. Öğretmen Adaylarının "Isı ve Sıcaklık" Konusuna Yönelik Çalışma Yapraklarındaki Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular

Eleştirel Düşünme Becerisine Yönelik Tema		CCTDI'nın Alt Faktörleri						ÖG1 grubu – N (11)		AG2 grubu – N (13)						
		A	A	M	K	D	S	N	%	B	S	S	K	Y	M	%
		F			G	A					1	2				
Isı ve Sıcaklık Hakkında Teorik Bilgi	Isı iletim, konveksiyon ve ısıma olmak üzere 3 yolla aktarılır.	X						11	100						3	23
	Isı alınan veya verilen bir enerjidir.	X						–	–	2						15
	Isı birimleri Calori ve Joule, sıcaklık birimi derecedir.	X						–	–	2						15
	Isı, maddeyi oluşturan taneciklerin sahip oldukları enerji toplamıdır.	X						–	–	2						15
	Isı bir enerjidir. Sıcaklık ise enerji değil, ölçümdür.	X						–	–	2						15
	Isı kalorimetre kabı ile sıcaklık ise termometre ile ölçülür.	X						–	–	2						15
	Isı madde miktarına (kütle) bağlıdır, sıcaklık ise bağlı değildir.	X						–	–	2						15
	Isı aktarımı, farklı sıcaklıktaki yerlerde ısının yer değiştirmesidir.	X						–	–	2						15
	Isı farklarından yararlanarak element ve maddeler hakkında bilgi sahibi olunur.	X						–	–				1			8
	Çaydanlığın / tencerenin ve kulplarının ısınması	X				X		6	55	2				2		31
Isının İletim Yoluyla Aktarımı ile İlgili Örnekler	Tencerenin içindeki metal kaşığın ısınması	X				X		–	–	1						8
	Tencere içinde yemeğin pişirilmesi	X				X		–	–		2		1	2		38
	Tahta kaşık / plastik kapların elimizin yanmasını engellemesi	X				X		6	55				1		1	15
	Demirin eritilerek şekillendirilmesi	X				X		1	9							–
	Sıcak demir kaşığın / çay bardağının elimizi yakması	X				X		2	18			2				15
	Saç düzleştiricisi	X				X		1	9							–
	Sıcak tavada katı yağın erimesi	X				X		–	–	1						8
	Sobada kestane pişirme	X				X		–	–		1					8
	Sobanın ısınması	X				X		–	–						3	23
	Isı iyi iletilmediğinde yemek pişirmenin zorlaşması	X				X		–	–			2				15
Isının Konveksiyon Yoluyla Aktarımı ile İlgili Örnekler	Laptop soğutucuları	X				X		–	–						3	23
	Tencerede suyun ısınması	X				X		10	91							–
	Kalorifer sistemleri	X				X		6	55		2			2	3	54
	Pencereyi açtığımızda odadaki sıcak/soğuk hava değişimi	X				X		2	18							–
	Klimalar	X				X		3	27							–

Isının Isıma Yoluyla Aktarımı ile İlgili Örnekler	Banyo kazanları	X	X	5	45				-
	Volkan patlamaları	X	X	6	55				-
	Bacalardan yükselen duman	X	X	5	26				-
	Sobanın odayı ısıtması	X	X	2	18	1		3	31
	Tencerede / çaydanlıkta suyun kaynatılması	X	X	-	-	1		2	3 46
	Şofben zehirlenmesi	X	X	-	-		2		15
	Laptop soğutucuları	X	X	-	-			3	23
	Bulutların oluşması / gökyüzünde hareketleri	X	X	1	9	2		2	31
	Rüzgârların oluşumu	X	X	1	9				-
	Güneş'in çamaşırları kurutması	X	X	10	91			1	1 15
	Güneş'in evi / arabayı / Dünya'yı ısıtması	X	X	10	91	2	2	1	1 46
	Ocaktan tencereye ısı gelmesi	X	X	6	55			1	8
	UFO ısıtıcıları	X	X	10	91	2	1		3 46
	Mevsimlere göre açık veya koyu renkli kıyafetlerin giyilmesi	X	X	2	18		1		8
	Termos	X	X	3	27				-
Isı Yalıtımı	Mikrodalga fırınlar	X	X	3	27				-
	Kömürün akkor haline gelince ısı ve ışık yayması	X	X	1	9				-
	Güneş'in zararlı ışınlarının insan sağlığını olumsuz etkilemesi	X	X	-	-		2	3	38
	Küresel ısınmanın ekolojik dengeyi bozması	X	X	-	-		1	3	31
	Evlerde güneş enerjisinin sıcak su elde etmede kullanılması	X	X	-	-	1		2	23
	Binalarda ısı yalıtımı iyi yapılamadığında hava değişikliklerinden daha çok etkilenilmesi	X	X	X	X	-	-	2	2 31
	Evlerin tasarlanmasında ısı yalıtımı için zeminin yerden yüksek seçilmesi ve duvarlarda alüminyum cam yünü gibi malzemelerin kullanılması	X	X	X	X	-	-	2	15
	Evlerde ısı yalıtımlı pimaperler / iletimi düşük maddeler kullanılması	X	X	X	X	-	-		3 23
	Termal kameralar	X		X	X	-	-		2 15
	Isı yalıtımlı askeri elbiseler	X		X	X	-	-		2 15

(A: Analitiklik, AF: Açık Fikirlilik, M: Meraklılık, KG: Kendine Güven, DA: Doğruyu Arama, S: Sistematiiklik)

(AG2 grubu ve katılımcı sayıları; B: Beyaz Şapka [2], S1: Sarı Şapka [3], S2: Siyah Şapka [2], K: Kırmızı Şapka [1], Y: Yeşil Şapka [2], M: Mavi Şapka [3])

Tablo 2’de çalışma yapraklarında ısı ve sıcaklık konusuyla ilgili temalara yönelik her iki çalışma grubundaki öğretmen adaylarından kaç kişinin görüş belirttiği, ifade sıklıkları ve yüzdeleri hesaplanarak belirtilirken, bu ifadelerin CCTDI’da hangi alt faktörü temsil ettiği “X” işareti ile belirtilmiştir. ÖG1 ve AG2 grubundaki öğretmen adayları ısı-sıcaklık konusuyla ilgili çalışma yapraklarında, ısının ısıma yoluyla aktarımı temalarına (Güneş’in evi-arabayı-Dünya’yı ısıtması ve UFO ısıtıcıları) yönelik düşüncelerini sırasıyla %91 ve %46 oranında belirtmişlerdir. Bu tema ile ilgili günlüklerde yazılan ifade alıntıları; *“Güneş’in Dünya’yı ısıtması, UFO, ocaktan gelen ısı, yaz-kış giyilen kıyafetler ısımaya örnektir. (Ö18)”*, *“UFO’dan ısınırken ısıma yoluyla ısınılır. (A3)”* ve *“Güneşin araba içini ısıtması ısımaya örnektir. (A5)”* şeklindedir. Öğretmen adaylarının düşüncelerini belirttikleri en düşük frekanslı temalar şöyledir: “Isı farklarından yararlanarak element ve maddeler hakkında bilgi sahibi olunur.”, “Tencerenin içindeki metal kaşığın ısınması”, “Saç düzleştiricisi”, “Sıcak tavada katı yağın erimesi”, “Sobada kestane pişirme”, “Rüzgârların oluşumu” ve “Kömürün akkor haline gelince ısı ve ışık yayması” Öğretmen adaylarının genellikle analitiklik ve doğruyu arama alt faktörlerinde görüş belirttikleri tespit edilmiştir. Bu alt faktörlerin yanı sıra ısı yalıtımı temasında, ikinci grupta yeşil şapka grubunda yer alan öğretmen adaylarının “Isı yalıtımı sağlayacak bir ev tasarlamanız istenseydi nasıl bir tasarım yapardınız?” sorusuna verdikleri yanıtlardan meraklılık ve sistematiklik alt faktörlerine hitap eden ifadeler de rastlanılmıştır. Ayrıca A10 kodlu öğretmen adayı, ısının konveksiyon yoluyla aktarılmasıyla ilgili verdiği örneğin günlük hayatta nasıl gerçekleştiğini teorik bilgiyle ilişkilendirerek şöyle açıklamıştır: *“Isınan maddelerin hacmi arttığı için yoğunluğu azalır. Soba veya kalorifer yanan bir odada, ısınan hava yükselir ve bu şekilde oda ısınır.”* Ö6 kodlu öğretmen adayı ise *“Isınan taneciklerin kinetik enerjisi artar ve titreşim kazanıp yanında bulunan diğer taneciklerin de hareketini arttırarak iletimi sağlarlar.”* Şeklindeki ifadesiyle iletim yoluyla ısı aktarımında kinetik enerjinin rolüne değinmiştir.

Tablo 3. *Çalışma Yapraklarındaki İfadelerin Şapka Renklerine ve Örnek Olaya Göre CCTDI'nın Alt Faktörlerine Yönelik Değerlendirme Yüzdesi*
CCTDI'nın Alt Faktörlerine Yönelik Çalışma Yapraklarındaki İfade Sıklıklarının Yüzdesi

Gruplar		Analitiklik %	Açık Fikirlilik %	Meraklılık %	Kendine Güven %	Doğruyu Arama %	Sistematiklik %
ÖG1		53	-	-	-	47	-
	Beyaz	71	-	-	-	29	-
	Sarı	50	-	-	-	50	-
AG2	Siyah	42	-	8	-	42	8
	Kırmızı	57	-	-	-	43	-
	Yeşil	43	-	7	-	43	7
	Mavi	44	-	5	-	42	9

Tablo 3'te ÖG1 ve AG2 (Beyaz, Sarı, Siyah, Kırmızı, Yeşil ve Mavi Şapka Grupları) grubundaki öğretmen adaylarının çalışma yapraklarında ısı ve sıcaklık konusuyla ilgili temalara yönelik ifade sıklıkları ve bu ifadelerin hitap ettiği CCTDI'daki alt faktörler verilmiştir. ÖG1 grubundaki öğretmen adayları analitiklik (%53) ve doğruyu arama (%47) alt faktörlerinde görüş belirtirken diğer faktörlerle ilgili herhangi bir görüş belirtmemişlerdir. AG2 grubunda ise tüm şapka renklerindeki öğretmen adayları genellikle analitiklik ve doğruyu arama alt faktörlerinde görüş belirtirken, açık fikirlilik ve kendine güven alt faktörlerinde görüş belirtmemişlerdir. Meraklılık ve sistematiklik alt faktörlerinde ise siyah, yeşil ve mavi şapka grubundaki öğretmen adayları görüş belirtmişlerdir. Ayrıca alt faktörlere yönelik en yüksek yüzdelerle sahip altı şapkalı düşünme grubunun mavi, en düşük yüzdelerle sahip altı şapkalı düşünme grubunun da kırmızı şapka grubu olduğu tespit edilmiştir. Açık fikirlilik ve kendine güven alt faktörlerinde ise hem ÖG1 hem de AG2 grubundaki öğretmen adayları herhangi bir görüş belirtmemişlerdir.

Günlüklerden Elde Edilen Bulgular

Tablo 4'te ÖG1 ve AG2 grubundaki öğretmen adaylarının ısı-sıcaklık konusu işlendikten sonra yazdıkları günlüklerde "Isı ve sıcaklık kavramları hakkındaki kavram yanlışlarını düzeltme" temasına yönelik düşüncelerini sırasıyla %64 ve %62 oranında belirttikleri görülmektedir. Bu tema ile ilgili günlüklerde yazılan ifade alıntıları; *"Ben ısı ile sıcaklığı karıştırıyordum. Bunu daha iyi öğrendim. Isının nasıl ölçüldüğünü, birimlerini ve akış yönünü öğrendim. (Ö16)"* ve *"Isı ve sıcaklık kavramlarının aynı şeyler olmadığını ve günlük hayatımızda sıklıkla bu yanlışla düştüğümüzü öğrendim. Isının sıcaklık farkından dolayı transfer edilen bir enerji, sıcaklığın ise maddeyi oluşturan taneciklerin sahip olduğu ortalama kinetik enerjinin ölçüsü olduğunu öğrendim. Ayrıca her ikisinin de birimlerini ve farklı aletlerle ölçüldüğünü öğrendim. (A2)"* şeklindedir. Öğretmen adaylarının "Kalorimetre kabının ne işe yaradığını öğrenme" temasına yönelik görüşlerini ifade etme sıklığı ise ÖG1 %9 ve AG2 %0 şeklinde olup ifade sıklığı bakımından en düşük düzeye sahip olan temalardan biridir. Bu tema ile ilgili görüşünü öğretmen adayı günlüğünde *"Kalorimetre kabının ne olduğunu öğrendim. (Ö12)"* şeklinde ifade etmiştir. Ayrıca "Isı ve sıcaklık kavramları hakkındaki kavram yanlışlarını düzeltme" ve "Isının aktarımının değişik yollarla olduğunu öğrenme, eksikliklerini giderme" temalarında öğretmen adayları analitiklik, doğruyu arama ve sistematiklik kategorilerinde görüş belirtmişlerdir.

Tablo 4. Öğretmen Adaylarının "Isı-Sıcaklık" Konusuna Yönelik Günlüklerdeki Görüşlerinden Elde Edilen Bulgular

Eleştirel Düşünme Becerisine Yönelik Tema	CCTDI'nın Alt Faktörleri						ÖG1 grubu		AG2 grubu – N (13)						
	A	A F	M	K G	D A	S	N (11)	%	B	S 1	S 2	K	Y	M	%
Isı ve sıcaklık kavramları hakkındaki kavram yanılgılarını düzeltme	X				X	X	7	64	1	2	1	1		3	62
Isının aktarımının değişik yollarla olduğunu öğrenme, eksikliklerini giderme	X				X	X	7	64	1	1	1			2	38
Sınıf içi tartışmalar sırasındaki farklı fikirlere açık olma		X					2	18	1	1					15
Kalorimetre kabının ne işe yaradığını öğrenme	X					X	1	9							0
Sorulara ve olaylara şüpheli ve sorgulayıcı yaklaşma					X		9	82			2	1	1	2	46
Kendi bilgilerinin doğruluğuna inanma				X			2	18	1	2			2		38
Isının aktarım yollarının günlük hayattaki yerine ilgi duyma			X				3	27		1	1				15

(A: Analitiklik, AF: Açık Fikirlilik, M: Meraklılık, KG: Kendine Güven, DA: Doğruyu Arama, S: Sistematiiklik)

(AG2 grubu ve katılımcı sayıları; B: Beyaz Şapka [2], S1: Sarı Şapka [3], S2: Siyah Şapka [2], K: Kırmızı Şapka [1], Y: Yeşil Şapka [2], M: Mavi Şapka [3])

Tablo 5. Günlüklerdeki İfadelerin Şapka Renklerine ve Örnek Olay Yöntemine Göre CCTDI'nın Alt Faktörlerine Yönelik Değerlendirme Yüzdesi

Gruplar		CCTDI'nın Alt Faktörlerine Yönelik Günlüklerdeki İfade Sıklıklarının Yüzdesi					
		Analitiklik %	Açık Fikirlilik %	Meraklılık %	Kendine Güven %	Doğruyu Arama %	Sistematiiklik %
ÖG1		25	3	5	3	38	25
	Beyaz	33	11	–	11	22	22
	Sarı	23	8	8	15	23	23
AG2	Siyah	22	–	11	22	22	22
	Kırmızı	25	–	–	–	50	25
	Yeşil	–	–	–	67	33	–
	Mavi	29	–	–	–	41	29

Tablo 5'te hem ÖG1 hem de AG2 öğretmen adaylarının günlüklerinde en fazla analitiklik, doğruyu arama ve sistematiklik alt faktörlerinde görüşlerini belirttikleri, en az ise açık fikirlilik ve meraklılık alt faktörlerinde görüşlerini belirttikleri görülmektedir. Kendine güven alt faktöründe ise en fazla yeşil şapka grubunun görüş belirttiği, kırmızı ve mavi şapka gruplarının ise bu alt faktörde görüş belirtmedikleri görülmektedir. ÖG1 grubu öğretmen adaylarının ise en az açık fikirlilik ve kendine güven alt faktörlerinde, en fazla sıklıkta ise doğruyu arama alt faktöründe görüş belirttikleri görülmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Öğretmen adaylarının çalışma yapraklarından elde edilen nitel verilere göre CCTDI'nın alt faktörlerinden genellikle analitiklik ve doğruyu arama alt faktörlerinde görüş belirttikleri tespit edilmiştir (bkz. Tablo 2). Öğretmen adaylarının ısı ve sıcaklık hakkında teorik bilgiler vermeleri ve ısıнын aktarım yollarına günlük hayattan örnekler bulmaları, onların nesnel kanıtları veya bilgileri kullanabildiklerini (analitiklik), var olan verileri ve kavramları objektif olarak değerlendirebildiklerini (doğruyu arama) göstermektedir. Öğretmen adaylarının günlüklerinden elde edilen nitel veriler incelendiğinde ise analitiklik, doğruyu arama ve sistematiklik alt faktörlerinde görüş belirttikleri anlaşılmıştır (bkz. Tablo 4). Hem çalışma yapraklarında hem de günlüklerde öğretmen adaylarının kendine güven ve meraklılık alt faktörlerinde fazla görüş belirtmedikleri tespit edilmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde de katılımcıların kendine güven boyutunda düşük (Kökdemir, 2003), analitiklik boyutunda ise yüksek puanlara sahip oldukları (Certel, Çatıkkaş & Yalçınkaya, 2011; Genç, 2008; Semerci, 2010) görülmektedir. Ayrıca AG2 grubundaki öğretmen adaylarının çalışma yapraklarında yer alan ifadelerinden elde edilen temalar ve yüzdeler (bkz. Tablo 2 ve 3) şapka renklerine göre incelendiğinde siyah, yeşil ve mavi şapka gruplarının meraklılık ve sistematiklik alt faktörlerine yönelik eleştirel düşünme becerilerine az da olsa bir katkı sağladığı söylenebilir. Bu katkının, yeşil şapka grubunun ısı yalıtımına uygun bir ev tasarlamaya çalışarak yeni fikirler üretmeye çalışması, siyah şapkanın olayların dezavantajlarını bulmaya çalışması ve mavi şapkanın da tüm şapka gruplarını değerlendirmeye çalışması sebebiyle öğretmen adaylarını yeni bilgiler edinmeye, planlı ve dikkatli araştırma yapmaya yönlendirmesi sayesinde olduğu düşünülmektedir. Günlüklerden elde edilen verilerde de kendine güven alt faktöründe yeşil şapkanın ve sistematiklik alt faktöründe ise mavi şapkanın öğretmen adaylarına olumlu yönde katkı sağlaması (bkz. Tablo 4 ve 5) bu durumu desteklemektedir.

Isı ve sıcaklık kavramlarının birbirine karıştırılarak öğrenme zorluğu yaşanan kavramlar olması, öğretmen adaylarının kendi bilgilerine ve akıl yürütme süreçlerine güvenmelerini (kendine güven) zorlaştırmış olabilir. Nitekim araştırmacılar çalışmalarında ısı ve sıcaklık ile ilgili kavram yanlışlarını belirlemişler (Alwan, 2011; Buluş Kırıkkaya & Güllü, 2008; Havu-Nuutinen, 2007; Karamustafaoğlu, Özmen & Ayvaci, 2004; Paik, Cho & Go, 2007; Uzoğlu & Gürbüz, 2013; Yumuşak, 2008) ve çoklu zekâ kuramına dayalı etkinlikler (Erkaçan, Moğol & Ünsal, 2012),

tahmin et-gözle-açıkla yöntemi (Öner Sünkür, İlhan & Sünkür, 2013) kavramsal değişim metinleri (Baser & Geban, 2007; Gürbüz, 2008), kavram haritaları (Çakır Olgun, 2008), 5E modeli (Turgut & Gürbüz, 2011), probleme dayalı öğrenme (Bayram, 2010) gibi çeşitli uygulamalarla bu yanılgıları gidermek için mücadele etmişlerdir.

Özetle gerçekleri araştırmak için merak eğiliminden yoksun, doğruyu arama isteği olmayan ve kendi zihinsel süreçlerine güvenmeyen bireylerin kişisel karar verme süreçlerinde sağlıklı adımlar atmaları oldukça zor görünmektedir (Kökdemir, 2003). Bu nedenle öğretmen adaylarının çalışma yapılarında ve günlüklerinde daha az belirttikleri eleştirel düşünmenin alt faktörlerinden olan açık fikirlilik, meraklılık ve kendine güven hususlarına gereken önemin gösterilmesi ve bu alt faktörlere yönelik düşünme becerilerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaların yapılması gerektiğine inanılmaktadır.

ÖNERİLER

Araştırmanın sonuçlarına göre yapılan öneriler aşağıda sunulmuştur:

1. Isı ve sıcaklık konusuna ilişkin hazırlanan örnek olaya ve altı şapkalı düşünmeye dayalı etkinliklerin üniversitede fen bilgisi ve sınıf öğretmenliği programlarında öğrenim gören öğretmen adaylarının derslerinde kullanılabileceği düşünülmektedir.
2. Bu çalışma fen bilgisi öğretmen adaylarıyla yürütülmüştür. Benzer çalışmalar farklı çalışma gruplarıyla da uygulanabilir.
3. Siyah, yeşil ve mavi şapka gruplarının diğer şapka renklerine göre sistematiklik alt faktöründe daha fazla görüş belirtmiş olmaları, beyaz-sarı şapka gruplarının açık fikirlilik ve sarı-siyah şapka gruplarının meraklılık alt faktörlerine yönelik düşüncelerini günlüklerinde yazmış olmaları dikkate alındığında, altı şapkalı düşünme uygulamalarında her bir grubun şapka renginin dönüşümlü olarak değiştirilmesi ile bütün grupların eleştirel düşünmenin tüm alt faktörlerine yönelik düşünme becerileri geliştirilebilir.
4. Çalışmada öğretmen adaylarının eleştirel düşünme becerilerinden kendine güven ve meraklılık alt faktörlerinde daha az görüş belirttikleri tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının meraklılık alt faktöründeki eleştirel düşüncelerini geliştirmek için onlara merak etmelerini sağlayacak bilim-kurgu filmleri izletilebilir ve bilimsel hikâyeler içeren kitaplar okumaları teşvik edilebilir. Ayrıca merak etmelerini sağlayacak günlük yaşamla ilgili sorular sorulabilir. Öğretmen adaylarına merak etme becerisini geliştirmek için onların her dersten sonra eleştirel yansıtıcı günlükler yazmaları sağlanabilir. Öğretmen adaylarının kendine güven alt faktöründe eleştirel düşünme becerisini geliştirmek için onların düşüncelerini özgürce ifade etmelerine ortam sunan kavram karikatürleri, grup ve sınıf tartışmaları, yaratıcı drama gibi etkinlikler de yapılabilir.
5. Eleştirel düşünme becerisini geliştirmek amacıyla örnek olay ve altı şapkalı düşünme dışında da problem çözme yöntemi, tahmin-gözlem-açıklama tekniği gibi farklı yöntem ve tekniklerden faydalanılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi EĞT-BAP-C-220413-14 numaralı proje kapsamında desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Akinoğlu, O. (2001). *Eleştirel düşünme becerilerini temel alan fen bilgisi öğretiminin öğrenme ürünlerine etkisi*. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Alwan, A.A. (2011). Misconception of heat and temperaature among physics students. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 12, 600-614. doi: 10.1016/j.sbspro.2011.02.074
- Alkaya, F. (2006). *Eleştirel düşünme becerilerini temel alan fen bilgisi öğretiminin öğrencilerin akademik başarılarına etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- Altındağ, C., Göksel, Ç., Koray, Ö., & Koray, A. (2012). Eleştirel ve yaratıcı düşünme temelli fen ve teknoloji laboratuvarı uygulamalarının problem çözme ve yaratıcılık üzerine etkisi. X. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, 27-30 Haziran 2012, Niğde.
- Aydede, M.N. (2009). *Aktif öğrenme uygulamalarının öğrencilerin kendi kendine öğrenme ve eleştirel düşünme becerileri ile öz yeterlilik inançlarına ve erişilerine etkisi*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Aytekin, Ü. (2010). *Ortaöğretim öğrencilerinin ısı-sıcaklık konusundaki bilgilerinin belirlenmesi ve bu bilgilerini günlük hayata uyarlama düzeyleri üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Baser, M., & Geban, Ö. (2007). Effectiveness of conceptual change instruction on understanding of heat and temperature concepts. *Research in Science & Technological Education*, 25(1), 115-133. doi: 10.1080/02635140601053690
- Bayram, A. (2010). *Probleme dayalı öğrenme yönteminin ilköğretim 5. sınıf öğrencilerinin fen ve teknoloji dersi "ısı ve sıcaklık" konusunda sahip oldukları kavram yanlışlarını gidermede etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Bozkurt, E. (2010). *İlköğretim 5. sınıf fen ve teknoloji dersi "Maddenin değişimi ve tanınması" ünitesinde gazetelerden yararlanılarak hazırlanan ders etkinliklerinin tutum, başarı ve eleştirel düşünme becerilerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Buluş Kırıkkaya, E., & Güllü, D. (2008). İlköğretim beşinci sınıf öğrencilerinin ısı – sıcaklık buharlaşma – kaynama konularındaki kavram yanlışları. *İlköğretim Online*, 7(1), 15-27.
- Certel, Z., Çatıkkaş, F., & Yalçınkaya, M. (2011). Beden eğitimi öğretmen adaylarının duygusal zeka ile eleştirel düşünme eğilimlerinin incelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dergisi*, 13(1), 74-81.
- Çakır Olgun, Ö.S. (2008). Examining the fifth graders' understanding of heat and temperature concepts via concept mapping. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34, 54-62.
- Çepni, S. (2008). Öğretim Yöntemleri. *Öğretim İlke ve Yöntemleri* (Çepni, S. ve Akyıldız, S., Eds.), içinde (s. 111-139), Trabzon: Celepler Matbaacılık.
- Çepni, S., & Çil, E. (2009). *Fen ve teknoloji programı (tanıma, planlama, uygulama ve SBS'yle ilişkilendirme) ilköğretim 1. ve 2. kademe öğretmen el kitabı*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Demircioğlu, H., & Demircioğlu, G. (2005). Lise 1 öğrencilerinin öğrendikleri kimya kavramlarını değerlendirmeleri üzerine bir araştırma. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 13(2), 401-414.
- Demirel, Ö. (2006). *Öğretimde planlama ve değerlendirme, öğretme sanatı*. Ankara: Pegem Yayıncılık.

- Demirhan, E. (2010). *Beyin temelli öğrenme kuramına dayalı biyoloji öğretiminin akademik başarı, tutum, öz yeterlik algısı ve eleştirel düşünme eğilimi üzerine etkisi inceleme*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Erkaçan, İ., Moğol, S., & Ünsal, Y. (2012). Çoklu zekâ kuramının lise 1. sınıf öğrencilerinin ısı - sıcaklık, genleşme ve sıkıştırılabilirlik konularındaki akademik başarılarına ve öğrenmenin kalıcılığına etkisi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9(2), 65-78.
- Epçaçan, C., Ulaş, H., Orhan, S., Epçaçan, C ve Gedik, M. (2012). Altı şapka düşünme tekniğinin ilköğretim altıncı sınıf öğrencilerinin yazma becerilerini geliştirmeye etkisi. *Akademik Araştırmalar Dergisi*, 55, 105-120.
- Genç, S.Z. (2008). Öğretmen adaylarının eleştirel düşünme eğilimleri. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 8(1), 89-116.
- Gokhale, A.A. (1995). Collaborative learning enhances critical thinking. *Journal of Technology Education*, 7(1), 22-30.
- Gözütok, D. (2007). *Öğretim ilke ve yöntemleri*. Ankara: Ekinoks Yayınları.
- Gunn, T.M. & Pomahac, G.A. (2008). Critical thinking in the middle school science classroom. *The International Journal of Learning*, 15(7), 239-247.
- Gültepe, N. (2011). *Bilimsel tartışma odaklı öğretimin lise öğrencilerinin bilimsel süreç ve eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesine etkisi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Gündüz Bahadır, E.B. (2012). *Animasyon tekniği ve 5E öğrenme modelinin 8. sınıf "Yaşamımızdaki Elektrik" ünitesinin işlenmesinde akademik başarı, tutum ve eleştirel düşünebilme yeteneklerine etkisinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Gürbüz, F. (2008). *İlköğretim 6. sınıf öğrencilerinin "Isı ve Sıcaklık" konusundaki kavram yanlışlarının düzeltilmesinde kavramsal değişim metinlerinin etkisinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Havu-Nuutinen, S.K.S. (2007). Young children's conceptions of temperature and thermometer. *The International Journal of Learning*, 14(9), 93-101.
- İbrahimoglu, Z. (2010). *6. sınıf sosyal bilgiler dersinde örnek olay kullanımının öğrencilerin akademik başarıya karşı tutum ve eleştirel düşünme becerileri üzerine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Karamustafaoğlu, O., Özmen, H., & Ayvaci, H.Ş. (2004). Isı ve sıcaklık kavramlarının öğrencilerin zihninde yapılanmasına yönelik bir örnek olay inceleme. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17, 97-109.
- Karslı, F. (2015a). Isı ve Sıcaklık. Fethiye KARSLI & Çiğdem ŞAHİN (Ed.), *Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları I-II: Bilimsel Süreç Becerilerini Geliştirmeye ve Kavramsal Öğrenmeye Katkı Sağlayabilecek Deneyler* (1. Baskı) içinde (s. 155-176), Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Karslı, F. (2015b). Laboratuvar Yaklaşımları Ve Bilimsel Süreç Becerileri. Fethiye KARSLI & Çiğdem ŞAHİN (Ed.), *Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları I-II: Bilimsel Süreç Becerilerini Geliştirmeye ve Kavramsal Öğrenmeye Katkı Sağlayabilecek Deneyler* (1. Baskı) içinde (s. 15-37), Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Kenny, L.J. (2003). Using Edward de Bono's six hats game to aid critical thinking and reflection in palliative care. *International Journal of Palliative Nursing*, 9(3), 105-112.
- Koray, Ö., Köksal, M.S., Özdemir, M., & Presley, A.İ. (2007). Yaratıcı ve eleştirel düşünme temelli fen laboratuvarı uygulamalarının akademik başarı ve bilimsel süreç becerileri üzerine etkisi. *İlköğretim Online*, 6(3), 377-389.
- Koray, Ö., Yaman, S., & Altunçekiç, A. (2004). Yaratıcı ve eleştirel düşünmeye dayalı laboratuvar yönteminin öğretmen adaylarının akademik başarı, problem çözme ve laboratuvar tutum düzeylerine etkisi. XIII. Ulusal Eğitim Bilimleri Kurultayı, 6-9 Temmuz 2004, İnönü Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Malatya.

- Kökdemir, D. (2003). *Belirsizlik durumlarında karar verme ve problem çözme*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Mecit, Ö. (2006). *The effect of 7E learning cycle model on the improvement of fifth grade students' critical thinking skills*. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2013). *İlköğretim kurumları (ilkokullar ve ortaokullar) fen bilimleri dersi (3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı*. Ankara.
- Öner Sünkür, M., İlhan, M., & Sünkür M. (2013). Sınıf öğretmenliği öğrencilerinin ısı ve sıcaklık konularındaki kavram yanlışlarının giderilmesine tahmin et-gözle-açıkla (tga) yönteminin etkisi. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 6(4), 519-534.
- Paik, S., Cho, B., & Go, Y. (2007). Korean 4- to 11-year-old student conceptions of heat and temperature. *Journal of Research In Science Teaching*, 44(2), 284-302. doi: 10.1002/tea.20174
- Rizvi, A.A., Bilal, M., Ghaffar A. ve Asdaque, M. (2011). Application of six thinking hats in education. *International Journal of Academic Research*, 3(3), 775-779.
- Semerci, N. (2010). Türkiye'nin doğu Anadolu bölgesi üniversitelerinde okuyan öğretmen adaylarının eleştirel düşünme eğilimleri. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 5(3), 858-867.
- Şenocak, E., Dilber, R., Sözbilir, M., & Taşkesenligil, Y. (2003). İlköğretim öğrencilerinin ısı ve sıcaklık konularını kavrama düzeyleri üzerine bir araştırma. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (13), 199-210.
- Turan, S. (2009). *Eleştirel düşünme becerilerini temel alan biyoloji dersinin ortaöğretim öğrencilerinin ekolojik etik yaklaşımlarına etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Turgut, Ü., & Gürbüz, F. (2011). Isı ve sıcaklık konusunda 5E modeliyle öğretimin öğrencilerdeki kavramsal değişime ve onların tutumlarına etkisi. *International Online Journal of Educational Sciences*, 3(2), 679-706.
- Uluyol, Ç. (2011). *Web destekli örnek olay yönteminde çoklu bakış açısı ve yüz yüze etkileşimin öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerine etkisi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Uzoğlu, M., & Gürbüz, F. (2013). Fen ve teknoloji öğretmen adaylarının ısı ve sıcaklık konusundaki kavram yanlışlarının belirlenmesinde öğrenme amaçlı mektup yazma aktivitesinin kullanılması. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 6(4), 501-517.
- Yağmur, E. (2010). *7. sınıf fen ve teknoloji dersinin yaratıcı drama destekli işlenmesinin eleştirel düşünme becerisi ve başarı üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (Sekizinci baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, H.İ. (2009). *Eleştirel düşünmeye dayalı fen eğitiminin öğrenme ürünlerine etkisi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Yıldırım, H.İ., Şensoy, Ö. (2011). İlköğretim 7. sınıf öğrencilerinin eleştirel düşünme eğilimi üzerine eleştirel düşünme becerilerini temel alan fen öğretiminin etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 19(2), 523-540.
- Yıldırım, H.İ., & Yalçın, N. (2008). Eleştirel düşünme becerilerini temel alan fen eğitiminin fen bilgisi öğretmen adaylarının problem çözme becerilerine etkisi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28(3), 165-187.
- Yoldaş, C. (2009). *Çevre bilimi dersinin sınıf öğretmeni adaylarının eleştirel düşünme becerileri, erişimleri ve tutumlarına etkisi*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Yumuşak, A. (2008). Fen bilgisi öğretmen adaylarının ısı-sıcaklık, mekanik ve elektrik konularındaki kavram yanlışları ve nedenlerinin araştırılması (C.B.Ü. örneği). *Milli Eğitim Dergisi*, 180, 123-132.

EXTENDED ABSTRACT

Purpose

The aim of this study was to examine the effect of worksheets based on six thinking hats and case study on improvement of prospective science teachers' critical thinking skills in a comparative manner.

Method

Case study research method was designed in this study. The working group composed of 24 Prospective Science Teachers (PSTs) who were studying at the 3th grade in the Elementary Department Science Teacher of Education Faculty, in Giresun University. In the first group was applied case study (CG1) there were 11 PSTs, and in the second group were applied six thinking hats (SG2) there were 13 PSTs. In first group PSTs were encoded O1, O2,..O11 and in the second group PSTs were encoded A1, A2, A3,...., A13.

In the study, as data collection tools, worksheets and journals were used. The data of worksheets and journals based on six thinking hats and case study were analyzed to document review technique. Quality data of the study about PSTs' critical thinking skills were analyzed with sub-factories, which are analyticity open-mindedness, inquisitiveness, self-confidence, truth-seeking, and systematicity, of California Thinking Disposition Inventory (CCTDI) which was translated to Turkish by Kökdemir (2003) as descriptively.

Results

Table 2. Results Obtained from *PSTs' Views about "Heat and Temperature" Issue in Work Sheets*

Themes on Critical Thinking Skills		CCTDI's Sub Factors						CG1 – (N=11)		SG2– (N=13)						
		A	O	I	S	T	S	N	%	W	Y	B	R	G	Bu	%
Theoretical knowledge on heat and temperature	Heat is transmitted with 3 ways are conduction, convection and radiation.	X						11	100						3	23
	Heat is energy is received or given.	X						–	–	2						15
	Heat units are calories and joules; temperature unit is degree.	X						–	–	2						15
	Heat is the total energy the particles forming the material possessed.	X						–	–	2						15

(A: analyticity, OM: open-mindedness, I: inquisitiveness, SC: self-confidence, TS: truth-seeking, S: systematicity; W: White hat, Yellow hat: Y, Black hat: B, R: Red hat, G: Green hat, Bu: Blue hat.)

Table 3. *Percentage of PSTs' statements in the Work Sheets based on Six Thinking Hats and Case Study according to CCTDI's Sub Factors*
Percentage of PSTs' statements in the Work sheets according to CCTDI's Sub Factors

Groups		Analyticity %	Open-mindedness %	Inquisitiveness %	Self-confidence %	Truth-seeking %	Systematicity %
CG1		53	–	–	–	47	–
	W	71	–	–	–	29	–
	Y	50	–	–	–	50	–
SG2	B	42	–	8	–	42	8
	R	57	–	–	–	43	–
	G	43	–	7	–	43	7
	Bu	44	–	5	–	42	9

(CG1: Case Study Group 1, SG2: Six Thinking Hats Group 2, W: White hat, Yellow hat: Y, Black hat: B, R: Red hat, G: Green hat, Bu: Blue hat.)

In Table 2 it is seen that PSTs opined at the analyticity and truth-seeking categories related to all hat colors, but they did not opine at the open-mindedness and self-confidence categories. In analyticity sub-factor, PSTs in the White hat group opined 71 % often. In truth-seeking sub-factor, PSTs in the yellow hat group opined 50 % often.

Table 4. Results Obtained from the PSTs' Journals on "Heat and Temperature" Issue

Themes on Critical thinking skill	CCTDI's Sub Factors						CG1 group (N=11)		SG2 group - (N=13)						
	A	OM	I	SC	TS	S	N (11)	%	W	Y	B	R	G	B u	%
Changing misconceptions about heat and temperature	X				X	X	7	64	1	2	1	1		3	62
Learning the transfer of heat in different ways, remedying of the deficiencies	X				X	X	7	64	1	1	1			2	38
Being open-mindedness to different ideas during class discussions		X					2	18	1	1					15
Learning what work the calorimeter	X					X	1	9							0
Being skeptical and questioning to the questions and events					X		9	82			2	1	1	2	46
Believe that their knowledge is accuracy				X			2	18	1	2			2		38
Interest in the heat transfer ways in daily life			X				3	27		1	1				15

(A: analyticity, OM: open-mindedness, I: inquisitiveness, SC: self-confidence, TS: truth-seeking, S: systematicity; CG1: Case Study Group 1, SG2: Six Thinking Hats Group 2, W: White hat, Yellow hat: Y, Black hat: B, R: Red hat, G: Green hat, Bu: Blue hat.)

In Table 4, PSTs of CG1 64% and SG2 62% opined related to "Changing misconceptions about heat and temperature" theme in their journals after heat and temperature issue teaching. In journal quoted phrase written on this theme: "I was confused between heat and temperature. I learned it better. I learned that how do heat to measure, the unit of heat and heat flow direction. (O16)" and "I learned that heat is not the same concept with temperature and we confused it in our daily life in other word we have misconception as to heat is the same concept with temperature".

Table 5. *Percentage of PSTs' statements in the Journals related with Six Thinking Hats and Case Study Groups according to CCTDI's Sub Factors*

Groups		Percentage of PSTs' statements in the Work sheets according to CCTDI's Sub Factors					
		Analyticity %	Open-mindedness %	Inquisitiveness %	Self-confidence %	Truth-seeking %	Systematicity %
CG1		25	3	5	3	38	25
	W	33	11	–	11	22	22
	Y	23	8	8	15	23	23
SG2	B	22	–	11	22	22	22
	R	25	–	–	–	50	25
	G	–	–	–	67	33	–
	Bu	29	–	–	–	41	29

A: analyticity, OM: open-mindedness, I: inquisitiveness, SC: self-confidence, TS: truth-seeking, S: systematicity; CG1: Case Study Group 1, SG2: Six Thinking Hats Group 2, W: White hat, Yellow hat: Y, Black hat: B, R: Red hat, G: Green hat, Bu: Blue hat.)

Discussion

PSTs presented theoretical knowledge on heat and temperature and examples from everyday life related with heat transfer ways, indicated that they can use information and objective evidence (analyticity), and they are able to evaluate concepts the existing data as objective (Truth-seeking). When qualitative data obtained from the PSTs' journals were examined, it is seen that PSTs opined in the analyticity, truth-seeking and systematicity categories (see Table 4). Also, it is determined that PSTs did not opine self-confidence and systematicity categories both worksheet and journals. When the researches in the literature were examined, it is pointed out that participants with low scores in the self-confidence sub-factor of the CCTDI (Kökdemir, 2003), participants with high scores in the analyticity sub-factor of the CCTDI (Certel, Çatıkkaş & Yalçinkaya, 2011; Genç, 2008; Semerci, 2010). Moreover, themes and percentages obtained from PSTs' statements in the SG2 were examined according to hat colors it can be said that black, green and blue hats provide a contribution to inquisitiveness and systematicity sub-factors of CCTDI (see Table 2 and 3).

That heat and temperature concepts are difficult of understanding and confused with each may be difficult the PSTs rely on their own knowledge and reasoning processes (self-confidence). Thus, in the literature, it is seen that researchers determined misconceptions about the heat and temperature concepts in their study (Alwan, 2011; Buluş Kırıkkaya & Güllü, 2008; Havu-Nuutinen, 2007; Karamustafaoğlu, Özmen & Ayvacı, 2004; Paik, Cho & Go, 2007; Uzoğlu & Gürbüz, 2013, Yumuşak, 2008), and they struggled to remedy these misconceptions by various activities such as activities based on multiple intelligence theory (Erkaçan, Moğol & Ünsal, 2012), Predict-Observe-Explain method (Öner Sünkür, İlhan & Sünkür, 2013) conceptual change texts (Baser & Geban, 2007; Gürbüz, 2008), concept map (Çakır Olgun, 2008), 5E model (Turgut & Gürbüz, 2011), problem based on learning (Bayram, 2010).

CONCLUSIONS

Quality data of both worksheets and journals of this study showed that although prospective teachers generally stated with respect to analyticity and truth-seeking from sub-factories of critical thinking skills, they did not state about self-confidence and inquisitiveness factories greatly.

EK-1. Örnek Olaya Dayalı Çalışma Yaprağı

HAYATIMIZDA ISI İLETİMİNİN YERİ

Isı kaç şekilde yayılabilir?



A. Siz de ev hanımının sorusunun cevabını merak ediyorsanız aşağıdaki metni inceleyiniz.

Ev hanımı olan Seher, oğlu Hasan'la birlikte pikniğe gitmek için o gün erken kalkmıştı. Yapacakları pikniğe yiyecek hazırlamak için mutfağa gitti. Dolaptan küçük bir metal tencere çıkararak yanan ocağın üzerine koydu ve içerisine bir miktar su döktü. Su ısınmaya başlayınca diğer malzemeleri de tencereye ilave etmeye başladı. Yemeğin iyi pişmesi için tahta kaşıkla iyice karıştırdı. Bu sırada ocaktan ve kaloriferden gelen ısı Seher Hanım'ı bunaltmıştı. Biraz serinlemek için mutfağın penceresini açarak içeriği havalandırdı. Yemek pişince bir bez yardımıyla tencereyi metal kulplarından tutarak yemeği ocaktan aldı ve küçük kaplara boşalttı. Hasan da annesine yardım etmek için balkonda kuruyan çamaşırları toplamaya karar verdi. Çamaşırları toplarken annesinin dün astığı bu çamaşırların bir gün içinde nasıl böyle çabuk kuruyabildiğini düşündü. Güneş'ten gelen ısı Dünya'ya nasıl ulaşır çamaşırları kurutuyordu diye aklından geçirdi. Anne ve oğul tüm işlerini bir müddet sonra bitirdi. Şimdi piknik zamanıydı... Bu yüzden hazırlanıp dışarı çıktılar.

B. Yukarıda size verilen metindeki durumu göz önüne alarak aşağıdaki soruları cevaplamaya çalışınız.

1. Yukarıda size ısı iletimiyle ilgili bir hikâye verilmiştir. Sizce ısı iletimi kaç değişik yolla gerçekleşmektedir? Açıklayınız.

.....

.....

2. Hikâyede ısı iletimiyle ilgili çeşitli örnekler bulunmaktadır. Bu örneklerde ısı nasıl aktarılmaktadır? Örnekleri ve bu örneklerin ısı iletim yollarının hangi çeşidine girdiğini bularak açıklayınız.

.....

.....

3. Seher Hanım, yemeğini pişirirken ısı iletiminden nasıl yararlanmıştır? Ocaktan gelen ısının tencereye ulaşması, oradan tencerenin içerisine ve kulplarına yayılması ve ardından da tenceredeki suyu ısıtması ısı iletimi açısından nasıl gerçekleşmektedir? Açıklayınız.

.....

.....

4. Günlük hayatımızda ısının iletimini (hikâyede yer alan örnekler dışında) nerelerde görmekteyiz? Örnek vererek açıklayınız.

.....

EK-2. Altı Şapkalı Düşünmeye Dayalı Çalışma Yaprağı

HAYATIMIZDA ISI İLETİMİNİN YERİ

Isı kaç şekilde yayılabilir?



A. Siz de ev hanımının sorusunun cevabını merak ediyorsanız aşağıdaki metni inceleyiniz.

Ev hanımı olan Seher, oğlu Hasan'la birlikte pikniğe gitmek için o gün erken kalkmıştı. Yapacakları pikniğe yiyecek hazırlamak için mutfağa gitti. Dolaptan küçük bir metal tencere çıkararak yanan ocağın üzerine koydu ve içerisine bir miktar su döktü. Su ısınmaya başlayınca diğer malzemeleri de tencereye ilave etmeye başladı. Yemeğin iyi pişmesi için tahta kaşıkla iyice karıştırdı. Bu sırada ocaktan ve kaloriferden gelen ısı, Seher Hanım'ı bunaltmıştı. Biraz serinlemek için mutfağın penceresini açarak içeriği havalandırdı. Yemek pişince bir bez yardımıyla tencereyi metal kulplarından tutarak yemeği ocaktan aldı ve küçük kaplara boşalttı. Hasan da annesine yardım etmek için balkonda kuruyan çamaşırları toplamaya karar verdi. Çamaşırları toplarken annesinin dün astığı bu çamaşırların bir gün içinde nasıl böyle çabuk kuruyabildiğini düşündü. Güneş'ten gelen ısı Dünya'ya nasıl ulaşır çamaşırları kurutuyordu diye aklından geçirdi. Anne ve oğul tüm işlerini bir müddet sonra bitirdi. Şimdi piknik zamanıydı... Bu yüzden hazırlanıp dışarı çıktılar.

B. Şimdi bu metni daha iyi irdeleyebilmek için kendi grubunuzun şapka rengine uygun olarak aşağıdaki soruları cevaplandırmaya çalışınız. Cevaplarınızı aşağıdaki boşluklara yazınız.

BEYAZ ŞAPKA SORULARI

1) Isı nedir? Isının birimleri nelerdir?

.....

.....

2) Isı nasıl ölçülür?

.....

3) Isı ve sıcaklık aynı şeyleri mi ifade etmektedir? Aynı değilse ne gibi farklılıklar vardır? Açıklayınız.

.....

4) Isı iletimi (aktarımı) nedir?

.....

5) Isı iletimi kaç değişik yolla gerçekleşmektedir? Örnekler vererek açıklayınız.

.....

.....

KIRMIZI ŞAPKA SORULARI

1) Isının hayatımızdaki yeri ve önemi hakkında ne düşünüyorsunuz? Açıklayınız.

.....
.....
.....
2) Isının aktarılabılır olması ve farklı iletilme yollarına sahip olması hakkında duygu ve düşünceleriniz nelerdir?
.....
.....
.....

SARI ŞAPKA SORULARI

1) Isının iletim yoluyla aktarılmasından nasıl faydalanmaktayız? Açıklayınız.
.....
.....

2) Isının konveksiyon yoluyla aktarılmasından nasıl faydalanmaktayız? Açıklayınız.
.....
.....

3) Isının ışıma yoluyla aktarılmasından nasıl faydalanmaktayız? Açıklayınız.
.....
.....

SİYAH ŞAPKA SORULARI

1) Isının aktarılabılır olması ve iletim yolları (iletim, konveksiyon, ışıma) hayatımızı hangi yönlerden olumsuz etkileyebilir? Açıklayınız.
.....
.....

2) Isının iletimi ve yalıtımı mümkün olmasaydı hayatımızda ne gibi zorluklar yaşardık? Açıklayınız.
.....
.....

YEŞİL ŞAPKA SORULARI

1) Isının iletim yoluyla aktarılmasına yaşamımızda nerelerde karşılaşmaktayız? Açıklayınız. (Hikâyede iletim yoluyla aktarma ile ilgili örnekler varsa onları bulunuz.)
.....
.....

2) Isının konveksiyon yoluyla aktarılmasına yaşamımızda nerelerde karşılaşmaktayız? Açıklayınız. (Hikâyede konveksiyon yoluyla aktarma ile ilgili örnekler varsa onları bulunuz.)
.....
.....

3) Isının ışıma yoluyla aktarılmasına yaşamımızda nerelerde karşılaşmaktayız? Açıklayınız. (Hikâyede ışıma yoluyla aktarma ile ilgili örnekler varsa onları bulunuz.)
.....
.....

4) Isı yalıtımını sağlayacak bir ev tasarlamamız istenseydi nasıl bir tasarım yapardınız? Isının iletimini göz önüne alarak düşününüz. Düşüncelerinizi aşağıdaki boşluklara yazınız ve tasarımınızın şeklini çiziniz.
.....
.....
.....

.....

MAVİ ŞAPKA SORULARI

1) Isı ve ısıнын iletimi hakkında edindiğiniz bilgilerden yola çıkarak genel bir değerlendirme yapınız. Bu değerlendirmeyi yaparken ısı iletiminin hayatımızı kolaylaştıran yönlerini, nasıl kullanabileceğimizi ve yaşamımızı zorlaştıran yönleri varsa bunlara karşı nasıl tedbir almamız gerektiğini düşününüz. Düşüncelerinizi aşığıdaki boşluklara açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

MAKALE

<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jotcsc>

Genel Kimya Laboratuvarında Akış Diyagramı Kullanımına Yönelik Öğretmen Adaylarının Görüşlerinin İncelenmesi¹

Canan NAKİBOĞLU, Ayşe Zeynep ŞEN, İzel AKGÜN, Merve FİDAN

Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, Balıkesir, Türkiye

ÖZ: Bu çalışmanın amacı, Genel Kimya Laboratuvarı I dersi kapsamında yürütülen deneylerin akış diyagramı kullanılarak gerçekleştirilmesine yönelik öğretmen adaylarının görüşlerinin incelenmesidir. Çalışma grubu Kimya Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda 1. sınıfta öğrenim gören 19 öğretmen adayından oluşmaktadır. 6 haftada gerçekleştirilen çalışmada, kimya öğretmen adayları 4 deney için 4 farklı akış diyagramı hazırlayarak laboratuvar dersleri sırasında kullanmışlardır. Genel kimya laboratuvarlarında akış diyagramı kullanılması konusunda öğretmen adaylarının görüşlerini almak üzere yazarlar tarafından iki anket geliştirilmiştir. İlk anket çalışma öncesinde uygulanmış olup çalışma sonunda akış diyagramlarının etkinliğini belirlemek amacıyla ikinci anket uygulanmıştır. Anketlerin analizi sonucunda, başlangıçta akış diyagramları ile ilgili hiçbir bilgisi olmayan öğretmen adaylarının, çalışma sonunda akış diyagramının ne olduğunu ve nasıl kullanıldığını öğrendikleri belirlenmiştir. Ayrıca öğretmen adaylarının neredeyse tamamının akış diyagramlarına laboratuvarda yer vermenin deneyi yürütmeyi kolaylaştırdığını ve zaman açısından tasarruf sağladığını ifade ettikleri sonucuna ulaşmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akış Diyagramı, Genel Kimya Laboratuvarı, Kimya Öğretmen Adayları

Examination of Prospective Chemistry Teachers' Thoughts About Flow Diagram Usage in General Chemistry Laboratory

Abstract: The aim of the study is to examine the prospective chemistry teachers' views about performing the experiments with flow diagram in the context of general chemistry laboratory course. There were 19 prospective chemistry teachers. Two questionnaires were developed by the authors to obtain prospective chemistry teachers' views about the flow diagram usage in the general chemistry laboratory. The flow diagram instruction was fulfilled within six weeks. The first questionnaire was administered before laboratory instruction. The prospective chemistry teachers constructed four flow diagrams for four experiments and used them during laboratory instruction. At the end of the application, the second questionnaire was administered to investigate the effectiveness of the flow diagrams. It was found that most of the prospective chemistry teachers comprehended what the flow diagram was and how they were used in the laboratories. Besides, most of the prospective chemistry teachers stated that the flow diagrams were useful for time management and the preparation for the experiments.

¹ Bu çalışma yazarlar tarafından IV. Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi'nde sunulmuştur.

Keywords: Flow Diagram, General Chemistry Laboratory, Prospective Chemistry Teachers

GİRİŞ

Kimya öğretiminin oldukça önemli bir parçası olan laboratuvar ve laboratuvar öğretimi, çok uzun yıllardır araştırmacıların ilgisini çekmiş ve bununla birlikte laboratuvar çalışmalarının amaçlarına yönelik birçok tanımlama yapılmaya başlanmıştır. Laboratuvarın fen eğitiminde tamamlayıcı bir unsur olarak gündeme gelişi 19.yy'ın ortalarına denk gelmektedir. Bu dönemde laboratuvarlar soyut kavramların somut deneyimlerle kazandırılması amacıyla yapılan etkinlikler olarak değerlendirilmekteydi (Ayas, Çepni ve Akdeniz, 1994; Hofstein ve Lunetta, 1982). Günümüzde laboratuvar çalışmalarının amaçlarının birçok ülke için neredeyse fen bilimlerinin amaçları ile özdeşleştirildiği söylenebilir. Hofstein ve Lunetta (2003) laboratuvarların amaçlarını; bilimsel kavramları anlamak, ilgi ve motivasyonu arttırmak, bilimsel uygulama becerilerini ve problem çözme becerilerini geliştirmek, bilimsel bakış açısı kazandırmak ve fen bilimlerinin doğasını anlamak şeklinde açıklamışlardır.

Johnstone (1997) "*Laboratuvarın öğrencilerin oldukça fazla bilgi ve deneyim kazanabilecekleri yer" olduğunu* ifade ederek bu deneyimlerin hem bilgi hem bilimsel süreç becerileri hem de devinışsel beceriler anlamında birçok boyutu bulunduğunu da ortaya koymuştur. Bilgi boyutunda, öğrenciler bilginin elde ediliş sürecinde aktif rol alabilirler. Bilimsel süreç becerileri boyutunda ise öğrenciler birçok beceriyi birden kullanarak bilim insanlarının çalışma prensiplerini kullanma fırsatı bulurken, devinışsel beceri boyutunda da laboratuvar malzemelerini kullanır, deney düzeneğini tasarlar ve gerekli malzemelerle deney düzeneğini kurabilirler. Laboratuvar fen eğitiminde bu anlamda oldukça önemli bir yere sahiptir. Laboratuvarda yapılan eğitimin niteliğini artırmak için dersin yürütücüsünün farklı uygulamaları kullanması gerekir. Çünkü yapılan öğretim ne kadar öğrenci merkezli olursa olsun öğrencilerin ders öncesinde hazırlık yapmasına, işlem basamaklarını belirlemesine ve uygulama sonrasında yapılan işlemleri kaydetmesine imkân tanınmadıkça tam anlamıyla amacına hizmet edemeyebilir. Örneğin ders öncesinde öğrencilerin derse hazırlıksız gelmesi laboratuvarda yapılan işlemleri anlamalarına engel olabilir (Johnstone, 1997).

Laboratuvarların aynı zamanda öğrenme ortamı olarak düşünölmeye başlanması ile birlikte, laboratuvar öğretiminde öğrencilerin başarılarını artırabilecek bir öğretimin nasıl yürütölebileceğı konusu da gündeme gelmiştir. Bu amaçla laboratuvarda kullanılacak yöntem ve teknikler geliştirilmeye ve bu konu üzerinde çalışılmaya başlanmıştır (Akkuzu ve Akçay, 2009; Bilgin ve Yahşı, 2006; Oğuz ve Maral, 2009; Sevinç, Atasoy ve Kadayıfçı, 2008). Laboratuvardaki öğretim stratejilerini inceleyen Domin (1999), kimya eğitimi tarihi boyunca laboratuvar öğretiminde dört farklı öğretim stratejisinin yaygın olarak kullanıldığını belirtmiştir. Bunlar; sunuş, araştırma, keşif ve probleme dayalı öğretim stratejileridir.

Ülkemizde farklı sınıf düzeylerindeki kimya laboratuvarlarında kullanılan öğretim stratejilerine yönelik yürütülen çalışmalar incelendiğinde, araştırmalarda birçok kimya konusu için farklı yöntem ve tekniklerin başarı ile kullandığı görülmektedir. Bu çalışmalardan birinde Bilgin ve Yahşi (2006), ilköğretim öğrencilerinin asit ve baz konularındaki kavramları anlamalarında *Ön Laboratuvar Tartışması*, *Son Laboratuvar Tartışması*, *Ön ve Son Laboratuvar tartışması* ve *de Geleneksel Laboratuvar* gibi farklı laboratuvar yaklaşımlarının etkisini incelemişlerdir. Sevinç, Atasoy ve Kadayıfçı (2008), kimya eğitimi öğrencilerinin kavramsal anlamalarına yönelik *5E öğretim modeli* ile doğrulama türü laboratuvar yaklaşımını karşılaştırmak amacıyla yaptıkları çalışmalarında, deney grubu öğrencilerinin kontrol grubu öğrencilerine göre kavramsal algılamalarının daha yüksek olduğu ve öğrencilere kendi deneylerini yapılandırma fırsatı sağlandığında ilgili kavramlara ilişkin algılamalarının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Oğuz ve Maral (2009), maddenin hâlleri konusu ile ilgili sorgulamaya dayalı laboratuvar etkinliği gerçekleştirmişlerdir. Akkuzu ve Akçay (2009) da, fen bilgisi öğretmenlerinin yapılandırmacı öğrenme teorisine dayalı TGA yöntemine göre laboratuvar aktivitesi gerçekleştirmişlerdir.

Laboratuvarların yürütülmesinde strateji, yöntem ve tekniklerin yanı sıra çeşitli grafiksel materyallerin veya grafik düzenleyicilerin de kullanıldığı görülmektedir. Hall, Strangman ve Meyer (2004), grafik düzenleyicileri öğrenme sürecinde kavramlar, gerçekler ve fikirler arasındaki ilişkiyi betimlemeyen görsel ve grafiksel gösterimler olarak tanımlarken, Graphic Organizers (2012), grafik düzenleyicileri bilgiyi görsel olarak sunma yolları olarak tanımlamıştır.

Laboratuvarlarda en fazla kullanılan grafik düzenleyicilerden birisi V-diyagramlarıdır. Novak ve Gowin (1984) tarafından önerilen V-diyagramlarının hem yurt içi hem de yurt dışında yürütülen birçok çalışmada başarı ile kullanıldığı görülmektedir (Evren, Batı ve Yılmaz, 2012; Savran Gencer, Sevim ve Kaska, 2015; Nakiboğlu ve Meriç, 2000; Nakiboğlu ve Nakiboğlu, 2002; Nakiboğlu, Benlikaya ve Kalın, 2002; Nakiboğlu ve Arık, 2005; Nakiboğlu ve Erdem, 2009; Passmore, 1998). İlk olarak Phillips ve German (2002) tarafından önerilen *I diyagramları* laboratuvar ortamında kullanılabilen diğer bir grafiksel düzenleyicidir (Akt: Tatar, Korkmaz ve Şaşmaz Ören, 2006). *I diyagramı*, *V-diyagramına* göre nispeten daha kapsamlı bir materyal olup bilimsel süreç becerilerini de işe koşturmaktadır.

Laboratuvar öğretiminde kullanılabilecek diğer bir grafiksel materyal de *akış diyagramları*dır. Herhangi bir sorunun çözümü için izlenmesi gerekli olan aritmetik ve mantıksal adımların görsel olarak simge ya da sembollerle ifade edilmiş şekline *akış diyagramı* denir. Çeşitli alanlardaki işlemlerin yönetilmesi, belgelendirilmesi, tasarlanması ve çözümlenmesinde kullanılabilen akış diyagramları aynı zamanda öğrencilerin deneyin gerçekleştirmelerinden önce laboratuvar yönergelerini uygulamalarını sağlayacak şekilde tasarlanarak laboratuvar öğretiminde de kullanılabilir (Davidowitz ve Rollnick, 2005). Akış diyagramlarının farklı uygulamaları bulunmasına rağmen fen laboratuvarında kullanımına yönelik çok fazla çalışmaya

rastlanmamaktadır. Davidowitz and Rollnick (2001), üniversite 1 ve 2. sınıf öğrencilerinin kimya laboratuvarlarında akış diyagramı hazırlayıp deneylerini gerçekleştirmelerini sağlamışlar ve öğrencilerin akış diyagramına yönelik düşüncelerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda öğrenciler, akış diyagramı kullanılarak deneyleri gerçekleştirmenin teori ve uygulama arasında bağlantı kurmalarını sağladığını belirtmişlerdir.

Akış diyagramlarında çoğunlukla adımlar simgeler şeklinde kutular içine yazılır ve adımlar arasındaki ilişkiler ve yönler oklar ile gösterilir. Rollnick vd. (2001) uygulamanın başarıyla tamamlanmasına yardımcı olduğuna inandıkları laboratuvar öncesi hazırlığın üç boyutunu tanımlamışlardır. Bu boyutlar şunlardır:

- Uygulamanın "kuş bakışı" görüntüsü. Bu, kullanılan yöntemin genel fikri ve deneyin altında yatan teorinin değerlendirilmesi anlamına gelir.
- Deneyi yapabilmek için gerekli ön koşul bilgi ve beceriler. Bu uygun olacak bilişsel ve işlemsel yapıların gerekliliği anlamına gelir.
- Deney süresince gerçekleştirilecek hem işlemsel basamakların hem de kimyanın temelini oluşturan bilginin detaylı anlaşılmasıdır.

Akış diyagramlarını deney öncesinde dolduran öğrenciler, deneyde yer alan işlem basamaklarını belirleyip ardından bir akış diyagramı oluşturdıklarında deneyi kuş bakışı bir yaklaşımla inceleyebilir, deneyin sahip olduğu gerekli teorik temelleri belirleyebilir, deneyin amacı ve yapılışı için gerekli adımları önceden bilme fırsatına sahip olurlar.

Özellikle kimya laboratuvarlarındaki işleyişe yönelik öğrencilerin neler düşündükleri uzun yıllardır birçok araştırmacının ilgisini çekmiş ve bu nedenle de öğrencilerin görüş ve tutumlarının incelendiği çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Abudim, Yuanxiong ve Mutahar, 2008; Ayas, Karamustafaoğlu, Sevim ve Karamustafaoğlu, 2002; Domin, 2007; İlhan, Sadi, Yıldırım, ve Bulut, 2009; Nakiboğlu ve Meriç, 2000; Yılmaz ve Morgil, 1999; Yılmaz, Uludağ ve Morgil, 2001; Yılmaz, 2005). Bu çalışmaların bir kısmında yeni bir yöntem veya aracın uygulamasının yapıldığı ve buna bağlı olarak öğrencilerin düşüncelerinin belirlendiği görülürken, bir kısmında da öğrencilerin genel olarak laboratuvarlara yönelik tutum ve düşünceleri araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, ülkemizde gerçekleştirilen genel kimya laboratuvarlarında akış diyagramının kullanıldığı ve buna yönelik öğretmen adaylarının görüşlerinin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Akış diyagramının karmaşık olan uygulamaları daha sistemli hale getirmesi, bu sayede zamanı daha etkili kullanmayı sağlaması ve dersin işleyişini daha eğlenceli hale getirmesi açısından etkili bir grafiksel materyal olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle gerçekleştirilen çalışmanın, akış diyagramının laboratuvar derslerinde kullanımına ilişkin ilk örnek olması anlamında büyük bir öneme sahip olduğu düşünülmektedir. Bu noktadan hareketle bu çalışmada kimya öğretmen adaylarının Genel Kimya Laboratuvarı I dersi kapsamında yer alan deneylerin akış diyagramı kullanılarak gerçekleştirilmesine ilişkin

görüşlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın problemleri şu şekilde belirlenmiştir:

- Kimya öğretmen adaylarının Genel Kimya Laboratuvarı I kapsamında yer alan deneylerin hazırlık aşamasında akış diyagramı kullanımına ilişkin görüşleri nasıldır?
- Kimya öğretmen adaylarının Genel Kimya Laboratuvarı I kapsamında yer alan deneylerin gerçekleştirilmesi aşamasında akış diyagramı kullanımına ilişkin görüşleri nasıldır?
- Kimya öğretmen adaylarının Genel Kimya Laboratuvarı I kapsamında yer alan deneylerin gerçekleştirilmesi aşamasında akış diyagramı kullanımı sonucunda zamanın kullanımına ilişkin görüşleri nasıldır?
- Kimya öğretmen adaylarının Genel Kimya Laboratuvarı I kapsamında yer alan deneylerin gerçekleştirilmesi aşamasında akış diyagramı kullanımı ile geleneksel laboratuvar föyü kullanımı arasındaki farklara ilişkin görüşleri nasıldır?

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Bu araştırmada Kimya Öğretmenliği programında öğrenim gören öğretmen adaylarının Genel Kimya Laboratuvarı I dersi kapsamında yer alan deneylerin gerçekleştirilmesi sırasında akış diyagramı kullanımına ilişkin görüşlerinin belirlenmesi amacıyla *nitel* bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Nitel araştırma desenlerinden durum çalışması modeli kullanılmıştır. Yıldırım ve Şimşek'e (2011) göre;

"...Durum çalışması nitel veya nicel yaklaşımla yapılabilir. Her iki yaklaşımda da amaç belirli bir duruma ilişkin sonuçlar ortaya koymaktır... Bir duruma ilişkin etkenler (ortam, bireyler, olaylar, süreçler vb.) bütüncül bir yaklaşımla araştırılır ve ilgili durumu nasıl etkiledikleri ve ilgili durumdan nasıl etkilendikleri üzerine odaklanılır..." (s.77)

Çalışmada öğretmen adaylarının görüşlerinin belirlenmesinin amaçlanması nedeniyle farklı sorulardan oluşan *ön görüş* ve *son görüş* formu olmak üzere iki ayrı form kullanılmıştır.

Çalışma Grubu

Çalışma grubu 2014-2015 yılında Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği programı 1. sınıfta öğrenim gören 19 öğretmen adayından (11 kız, 8 erkek) oluşmaktadır. Çalışma grubunun belirlenmesinde seçkisiz olmayan örnekleme yöntemlerinden uygun örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Uygun örnekleme yöntemi zaman, para ve iş gücü açısından var olan sınırlılıklar nedeniyle örneklemin kolay ulaşılabilir ve uygulama yapılabilir birimlerden seçilmesidir (Büyüköztürk, Kılıç Çakmak, Akgün, Karadeniz, Demirel; 2012).

Öğretmen adayları Ö1, Ö2,....,Ö19 şeklinde kodlanmıştır. Öğretmen adaylarının mezun oldukları ortaöğretim kurumunun türüne ve cinsiyete göre dağılımları Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1: Öğretmen Adaylarının Mezun Oldukları Okul Türleri ve Cinsiyetleri.

Okul Türü	Okulda Devam Edilen Bölüm Türü	Öğretmen Adaylarının Kodları	F	%
Anadolu Lisesi	-	Ö5,Ö8,Ö15, Ö17,Ö18	5	26
Düz Lise	-	Ö4,Ö7,Ö9,Ö14,Ö16	5	26
	Kimya	Ö1,Ö2,Ö6, Ö10, Ö11, Ö13, Ö19,	7	37
Meslek Lisesi	Bilgisayar Programcılığı	Ö3	1	5
	Elektrik Elektronik Teknolojisi	Ö12	1	5
Cinsiyet				
Kız		Ö1,Ö3,Ö4,Ö9,Ö10,Ö13,Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö19	11	58
Erkek		Ö2,Ö5,Ö6,Ö7,Ö8,Ö11,Ö12,Ö18	8	42
		TOPLAM	19	100

Veri Toplama Araçları ve Çalışmada İzlenen Yol

Akış Diyagramı Kullanımı ile İlgili Ön Görüş ve Son Görüş Anketlerinin Geliştirilmesi:

Çalışmada öğretmen adaylarının akış diyagramı kullanımına yönelik görüşlerini belirlemek amacıyla iki tane görüş anketi geliştirilmiştir. Öğretmen adaylarının akış diyagramları konusunda ön bilgilerini belirlemek amacıyla uygulama öncesinde araştırmacılar tarafından 5 açık uçlu soru hazırlanmış ve uzman görüşüne başvurulmuştur. Uzman görüşü sonucunda soru sayısı 6’ya çıkarılmış ve son düzenlemeler yapılmıştır. Böylece son haline getirilen *ön görüş anketi (ADKÖA)* toplam 6 açık uçlu soru içermektedir.

Genel Kimya Laboratuvarı I dersi kapsamında deneylerin 4 tanesinin akış diyagramları kullanılarak gerçekleştirilmesi sonucunda, akış diyagramına yönelik görüşlerini belirlemek amacıyla 6 açık uçlu soru hazırlanmış ve uzman görüşüne başvurulmuştur. Uzman görüşü sonucunda son düzenlemeler yapılmış ve böylece son haline getirilen *son görüş anketi (ADKSA)* toplam 6 açık uçlu soru içermektedir.

ADKÖA ile ADKSA’da yer alan sorular birbirinden farklıdır. ADKÖA ile öğretmen adaylarının ortaöğretimden getirdikleri geçmiş deneyimlerini (mezun olunan ortaöğretim kurumunun türü, bu süreçte deney yapıp yapmama durumu, eğer deney yapıldıysa bunların türleri ve ne sıklıkla yapıldığı, akış diyagramını daha önce duyup duymadıkları, eğer duymadıysa da ne olabileceğine ilişkin tahminleri) ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. ADKSA ile öğretmen adaylarının akış diyagramını kullandıktan sonraki deneyimleri ışığında akış diyagramına ilişkin

görüşlerini (akış diyagramının ne olduğu, akış diyagramı kullanımının zaman yönetimi üzerindeki etkisi, deney yapılışında akış diyagramını ya da laboratuvar föyünü tercih etme durumları, akış diyagramının kavramları anlama üzerindeki etkisi, akış diyagramını hazırlamada süreç içindeki gelişimleri) ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Kısaca ADKÖA ile öğretmen adaylarının akış diyagramı ve laboratuvar konusundaki durumları belirlenerek ve ADKSA ile elde edilen veriler yorumlanarak öğretmen adaylarının önceki bilgi ve deneyimleri de dikkate alınabilmektedir.

Çalışma sürecinde izlenen yol:

Genel Kimya Laboratuvarı I dersi kapsamında gerçekleştirilen uygulama toplam 6 hafta sürmüştür. İlk olarak öğretmen adaylarına yapılacak uygulamanın detayları açıklanmış ve tamamının çalışmaya katılmaya gönüllü oldukları belirlenmiştir. Dersi yürüten öğretim üyesinden ve Kimya Eğitimi Anabilim Dalı Başkanlığı'ndan gerekli izin alındıktan sonra, uygulama öncesi ADKÖA uygulanmış ve daha sonra akış diyagramı ile ilgili öğretmen adaylarını bilgilendirmek amacıyla bir sunu yapılmıştır. Ardından da öğretmen adaylarından örnek bir akış diyagramı hazırlamaları istenmiştir. Bu akış diyagramları analiz edilerek öğretmen adaylarının akış diyagramı hazırlama sürecini anladıklarının belirlenmesinden sonra 4 hafta boyunca öğretmen adayları o haftanın deneyine ilişkin hazırladıkları akış diyagramını kullanarak deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Akış diyagramı kullanılarak gerçekleştirilen deneyler sırasıyla; *Kütlelin Korunumu*, *Stokiyometri*, *Erime-Çözünme* ve *Efüzyon ve Difüzyon* şeklindedir. Geleneksel şekilde laboratuvar föyüne bağlı kalarak gerçekleştirilen deneyler ise; *"Kapalı Kutu, Maddenin Tanecikli Yapısı ve Atom, Katıların ve Sıvıların Yoğunluğu, Gazlı İçeceklerde Şeker Miktarı"* şeklindedir.

Bütün deneylerin tamamlanmasından sonra da ADKSA uygulanarak görüş alınmıştır.

Veri Analizi

Bu çalışmada veri analizi *içerik analizi* kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İçerik analizinde verileri tanımlama ve verilerin içinde saklı gerçeklerin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır (Gülbahar ve Alper, 2009). İçerik analizinde temelde yapılan işlem, birbirine benzeyen verileri belirli kavramlar ve temalar çerçevesinde bir araya getirmek ve bunları okuyucunun anlayabileceği bir biçimde düzenleyerek yorumlamaktır (Sözbilir, 2009). Yıldırım ve Şimşek'e (2006) göre toplanan verilerin önce kavramsallaştırılması daha sonra da ortaya çıkan kavramlara göre mantıklı bir biçimde düzenlenmesi gerekmektedir. Genel olarak içerik analizi, nitel materyalin temel tutarlılıklarını ve anlamlarını belirlemeye yönelik nitel veriyi basitleştirme ve anlamlandırma çabasını ifade etmek için kullanılır (Patton, 2002). Öğretmen adaylarının sayısının nicel olarak anlamlı olmaya ve genelleme yapabilmeye yetecek sayıda olması nedeniyle, sonuçlar hem nitel hem de frekans ve yüzde şeklinde nicel olarak sunulmuştur.

Çalışmada kodlayıcılar arası güvenilirlik şu şekilde sağlanmıştır: Öncelikle çalışmanın son iki araştırmacısı birbirinden bağımsız olarak kodlama işlemlerini gerçekleştirmiş ardından bir araya gelmiş ve sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Aralarındaki uyumun %95 oranında olduğu belirlenmiştir. Son olarak alan eğitimi uzmanı olan ilk araştırmacının da görüşünü alıp analiz bulguları son haline getirilmiştir.

BULGULAR

Ön Görüş Anketinin (ADKÖA) Analizine Ait Bulgular

Bu kısımda ön-görüş anketinde yer alan soruların her birinin analizine ait bulgular ayrı ayrı aşağıda verilmiştir. ADKÖA'da yer alan ilk soru **"Mezun olduğunuz ortaöğretim kurumunun türünü ve varsa bölüm türünü yazınız."** şeklinde olup öğretmen adaylarının mezun oldukları okul türünü belirlemek amacıyla sorulmuştur. Bu soruya ait veriler çalışma grubu başlığı altında demografik bilgilerin yer aldığı Tablo 1'de sunulmuştur.

Ardından öğretmen adaylarının ortaöğretim süresince derslerinde deney yapıp yapmadıklarının belirlenmesi amacıyla, **"Lise öğreniminiz süresince kimya derslerinizde deney yaptınız mı?"** şeklindeki ikinci soru yöneltilmiş ve bu soruya öğretmen adaylarının verdikleri yanıtların analizi de Tablo 2'te sunulmuştur.

Tablo 2 incelendiğinde öğretmen adaylarının %53'ünün ortaöğretim süresince deney yaptıkları, %47'sinin ise deney yapmadığı belirlenmiştir. Öğretmen adaylarının mezun olduğu kurumlara göre bulunan sonuçlar incelendiğinde, kimya meslek lisesi mezunu öğretmen adaylarının tamamı ile anadolu lisesi mezunu öğretmen adaylarından ikisinin (Ö8 ve Ö18) deney yaptıkları, düz lise mezunu hiçbir öğretmen adayının da öğrenim hayatları boyunca deney yapmadıkları belirlenmiştir.

Tablo 2: Öğretmen Adaylarının Lisede Deney Yapma Durumları.

Öğretmen Adaylarının Yanıtları	Öğretmen Adaylarının Kodları	Frekans	%
Evet	Ö1, Ö2, Ö6, Ö8, Ö10, Ö11, Ö12, Ö13, Ö18, Ö19	10	53
Hayır	Ö3, Ö4, Ö5, Ö7, Ö9, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17	9	47
	TOPLAM	19	100

Öğretmen adaylarının daha önce deney yapma durumlarının daha fazla netleştirilmesi ve bu deneylerin nasıl yürütüldüğünün ortaya çıkartılması amacıyla, **"Lise öğreniminiz süresince kimya derslerinde deneyleri laboratuvarda kendiniz mi yaptınız yoksa öğretmeniniz**

gösteri deneyi olarak mı yaptı?" şeklindeki üçüncü soru yöneltmiştir. Bu soruya verilen yanıtların analizi Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3: Öğretmen Adaylarının Lisede Deneyleri Gerçekleştirme Durumları.

Öğretmen Adaylarının Yanıtları	Öğretmen Adaylarının Kodları	Frekans	%
Deney yapmama	Ö3, Ö4, Ö5, Ö7, Ö9, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17	9	47
Gösteri deneyi yapma	Ö1, Ö2, Ö6, Ö8, Ö10, Ö11, Ö13	7	37
Deney yapma	Ö12, Ö18, Ö19	3	16
	TOPLAM	19	100

Tablo 3 incelendiğinde öğretmen adaylarının %37'sinin deneyleri gösteri deneyi olarak gerçekleştirdikleri, %16'sının da deneyleri laboratuvar ortamında kendi yaptıkları belirlenmiştir.

Deney yapılması kadar diğer bir önemli nokta da bu deneylerin hangi aralıklarla yapıldığıdır. Bu nedenle öğretmen adaylarına, laboratuvarlarda yaptıkları deneyleri hangi sıklıkla yaptıklarını belirlemek amacıyla, "**Eğer derslerinizde deney yapıldıysa ne kadar sıklıkla deney yapıldı?"** şeklindeki dördüncü soru yöneltmiş ve sorunun yanıtlarına ait analiz sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4 incelendiğinde öğretmen adaylarının %47'sinin hiç deney yapmadıklarını, %37'sinin sık sık deney yaptıklarını, %16'sının ise bazen deney yaptıklarını ifade ettikleri belirlenmiştir. Sık deney yapan öğretmen adaylarının tamamının kimya meslek lisesi çıkışlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4: Deneylerin Yapılma Sıklığına Yönelik Analiz Sonuçları.

Öğretmen Adaylarının Yanıtları	Öğretmen Adaylarının Kodları	Frekans	%
Hiç	Ö3, Ö4, Ö5, Ö7, Ö9, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17	9	47
Sık sık	Ö1, Ö2, Ö6, Ö10, Ö11, Ö13, Ö19	7	37
Bazen	Ö8, Ö12, Ö18	3	16
	TOPLAM	19	100

Tablo 4, Tablo 3'ten elde edilen veriler yardımıyla tekrar incelendiğinde Tablo 4'te hiç deney yapmadığını ifade eden öğretmen adaylarının Tablo 3'te de deney yapmadıklarını ifade ettikleri, Tablo 4'te sık sık deney yaptığını ifade eden öğretmen adaylarının da büyük oranda Tablo 3'te bu deneylerin gösteri deneyi şeklinde yapıldığını ifade ettikleri, Tablo 4'te bazen deney yaptığını ifade eden öğretmen adaylarının ise Tablo 3'te büyük oranda deney yaptıklarını ifade ettikleri belirlenmiştir. Her ne kadar Tablo 3 ve Tablo 4 arasında doğrudan bir paralellik olması beklense de, tablolardan da görüldüğü gibi bazı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bu durum anket çalışmalarının bir sınırlılığıdır.

Öğretmen adaylarının genel olarak ortaöğretim sürecinde deney yapmaya yönelik deneyimlerini belirleyen ilk 4 sorudan sonra, akış diyagramını daha önce duyup duymadıklarının belirlenmesi amacıyla, **"Akış diyagramı kavramını daha önce duydunuz mu, duyduysanız ne olduğunu açıklayınız."** şeklindeki beşinci soru yöneltmiştir. Bu soruya verdikleri yanıtların analizi sonucunda, öğretmen adaylarının hiçbirinin akış diyagramını daha önce duymadıkları belirlenmiştir. Bu sorudan sonra öğretmen adaylarının akış diyagramını duymamaları durumunda, **"Akış diyagramını duymadınız ise ne olduğu konusunda tahminlerinizi yazınız."** şeklindeki altıncı soruyu cevaplamaları istenmiştir. Öğretmen adaylarının bu soruya verdikleri yanıtların içerik analizine ait bulgular Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5: Akış Diyagramı Kavramı Hakkında Öğretmen Adaylarının Ön Bilgi Durumları.

Öğretmen Adaylarının Yanıtları	Öğretmen Adaylarının Kodları	Frekans	%
Sıra sıra yapılan bir deney basamağı	Ö1,Ö3,Ö6,Ö18	4	21
Akış hızı	Ö4,Ö12,Ö17,Ö19	4	21
İşlem basamağı	Ö7	1	5
Sıvının aktığı yön	Ö11	1	5
Faz Kavramı	Ö14	1	5
Bir yerden bir yere ulaşmak	Ö10	1	5
Plan/Proje	Ö13	1	5
İzlenen yol	Ö8	1	5
Sıvı ile ilgili kimyasal madde	Ö16	1	5
Deneyin nasıl yapılacağının akış şeması	Ö2	1	5
Tahminim yok/Duymadım	Ö5,Ö9,Ö15	3	16
	TOPLAM	19	100

Tablo 5 incelendiğinde akış diyagramına yönelik en fazla tahminin "sıra sıra yapılan bir deney basamağı" ile "akış hızı" (%21) şeklinde olduğu görülür. Kalan tahminler ise sadece birer öğretmen adayı tarafından söylenen "işlem basamağı", "sıvının aktığı yön", "faz kavramı", "bir yerden bir yere ulaşmak", "plan/proje", "izlenen yol", "sıvı ile ilgili kimyasal madde" ve "deneyin nasıl yapılacağının akış şeması haline gelmiş hali" şeklindedir. %16'sı ise tahminlerinin olmadığını belirtmiştir. Yapılan tahminlere bakıldığında öğretmen adaylarının bir kısmının akış kelimesini akma ve sıvı ile ilişkilendirdiği görülürken, Ö2 kodlu kimya meslek lisesi mezunu öğretmen adayının gerçeğe en yakın tahminde bulunduğu belirlenmiştir.

Son Görüş Anketinin (ADKSA) Analizine Ait Bulgular

Bu kısımda son görüş anketinde yer alan soruların her birinin analizine ait bulgular ayrı ayrı aşağıda verilmiştir. Öncelikle öğretmen adaylarının akış diyagramını anlayıp anlamadıklarını ve bu diyagram hakkında ne düşündüklerini açıklamaları istenmiştir. Öğretmen adaylarının tamamı akış diyagramını anladınız mı sorusuna evet yanıtını vermişlerdir. Bu sorudan sonra öğretmen adaylarının, **"Akış diyagramının ne olduğunu açıklayınız."** şeklindeki diğer bir soruya verdikleri yanıtların içerik analizi yapılarak bulgular Tablo 6'da verilmiş ve ardından bu açıklamalara örnek olması amacıyla da bir öğretmen adayına ait alıntı sunulmuştur.

Tablo 6: Öğretmen Adaylarının Akış Diyagramının Ne Olduğuna İlişkin Görüşleri.

Öğretmen Adaylarının Yanıtları	Öğretmen Adaylarının Kodları	Frekans	%
Hem görsel hem de ifadelerle açıklama	Ö6, Ö9, Ö10, Ö11, Ö13, Ö14, Ö15, Ö16, Ö17, Ö19	10	53
Görsel, resim ve çizim ile açıklama	Ö1, Ö2, Ö4, Ö5, Ö7, Ö18	6	32
İfadelerle açıklama	Ö8	1	5
Süreç ile açıklama	Ö3, Ö12	2	10
TOPLAM		19	100

"...Deneylerden önce deneyin yapılışını, gidişatını daha kolay görebilmemiz için resimlere döktüğümüz ve aşamaları yazdığımız modellendirme şeklidir...(Ö15)"

Tablo 6 incelendiğinde öğretmen adaylarının %53'ünün akış diyagramını hem görsel hem de ifadelerle açıklama yapılan bir araç olarak gördükleri, %32'sinin görsel, resim ve çizim ile açıklama yapılan bir araç olarak gördükleri, %8'inin ifadelerle açıklama yapılan bir araç olarak gördükleri ve % 10'unun da süreç ile ilgili açıklama yapılan bir araç olarak gördükleri belirlenmiştir.

Öğretmen adaylarından Tablo 6'daki tanımlamalar alındıktan sonra, akış diyagramının deneyler sırasında kullanımına ilişkin görüşlerini belirlemek amacıyla, "**Deney yaparken akış diyagramı kullanmak deney yapmanızı kolaylaştırdı mı yoksa zorlaştırdı mı, nedenini açıklayınız.**" şeklindeki ikinci soru yöneltilmiştir. Bu sorunun ilk kısmına öğretmen adaylarının tamamı "Kolaylaştırdı." yanıtını verirken, sorunun ikinci kısmına verdikleri yanıtların analizine ait bulgular Tablo 7'de verilerek devamında da öğretmen adaylarına ait alıntılar sunulmuştur.

Tablo 7: Akış Diyagramı Hazırlamanın Deneyi Yapmaya Katkısına Yönelik Açıklamalara Ait Bulgular.

Öğretmen Adaylarının Yanıtları	Öğretmen Adaylarının Kodları	Frekans	%
Sistemli olma	Ö2, Ö10, Ö12, Ö13, Ö15, Ö19	6	32
Görsel olma	Ö1, Ö3, Ö5, Ö8, Ö14	5	26
Önceden deneyi bilme	Ö11, Ö7, Ö17, Ö18	4	21
Ne yapacağını anlama	Ö4, Ö6, Ö9, Ö16	4	21
TOPLAM		19	100

Tablo 7 incelendiğinde öğretmen adaylarının tamamının akış diyagramı kullanmanın deney yapmayı kolaylaştırdığını ifade ettikleri belirlenmiştir. Neden olarak ise öğretmen adaylarının %32'si laboratuvarında sistemli bir çalışma sağladığını söylerken, %26'sı ise akış diyagramının görsel olması nedeniyle işleri kolaylaştırdığını söylemektedir. Öğretmen adaylarının %21'inin önceden deneyi bilmeyi sağlaması yönüyle ve yine diğer %21'inin de ne yapacağını anlamayı sağlaması nedeniyle akış diyagramının yararlı olduğunu ifade ettikleri belirlenmiştir. Bununla ilgili iki öğretmen adayının ifadesi şöyledir:

"...Tabii ki kolaylaştırdı. Ne yapacağımı bilmemi sağladı. Plan kurdurdu bir anlamda. Plansız deney mi yapılır...(Ö2)"

"...Tekrardan ne yapacağıma bakmıyordum. Kafamda bir şeyler kalıyordu. Aşamaları doğru ve karıştırmadan yapıyordum... (Ö11)"

Akış diyagramının laboratuvarda zaman yönetimi açısından bir yararı olup olmadığının belirlenmesi amacıyla öğretmen adaylarının görüşleri alınmıştır. Bu amaçla, "**Akış diyagramı kullanımının deneyi yaparken zaman yönetimi açısından; a) yararlı oldu, b) zorlaştırdı, c) ikisi arasında fark yok şeklindeki seçeneklerden hangisinin uygun olduğunu düşünüyorsunuz?**" şeklindeki sorunun ardından öğretmen adaylarına bu seçimin nedenini açıklamalarının istendiği diğer bir soru yöneltilmiştir. İlk soruya verilen yanıtların analizi sonucunda öğretmen adaylarının %89'unun yararlı olduğu şeklindeki seçeneğini tercih ettiği, %11'inin de ikisi arasında fark olmadığına ilişkin olan seçeneği tercih ettiği belirlenmiştir. Yararlı olduğunu düşünen öğretmen adaylarının nedenlerini açıklayacakları diğer bir soruya verdikleri yanıtların analizine ait bulgular Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8: Akış Diyagramının Zaman Yönetimine Katkısına İlişkin Nedenlerin Analizine Ait Bulgular.

Öğretmen Adaylarının Yanıtları	Öğretmen Adaylarının Kodları	Frekans	%
Anlamayı kolaylaştırdı	Ö5, Ö8, Ö9, Ö10, Ö12, Ö13, Ö14, Ö16, Ö18	9	47
Zamanın etkili kullanımını sağlama	Ö1, Ö4, Ö7, Ö11, Ö15, Ö17, Ö19	7	37
Uygulamaya geçirebilme	Ö6	1	5
TOPLAM		19	100

Tablo 8 incelendiğinde akış diyagramlarının kullanımını deneyi yaparken zaman yönetimi açısından yararlı bulan öğretmen adaylarından %47'si bu durumun akış diyagramlarının deneyi anlamayı kolaylaştırması nedeniyle olduğunu belirtirken, %37'si zamanı daha iyi yönetmelerini sağlaması nedeniyle olduğunu belirtmiştir. Öğretmen adaylarının %5'i ise uygulamaya geçebilme konusunda yararlı olduğuna ilişkin bir neden belirtmiştir. Konuyla ilgili öğretmen adaylarından ikisinin ifadesi şu şekildedir:

"...Deneyi daha iyi anlamak zaman yönetimimize faydalı olur...(Ö8)"

"...Yararlı oldu. Çünkü akış diyagramı kullanarak deneyde neler yapacağımızı biliyoruz. Eğer akış diyagramı yapmasaydık panik olur acele ederdik ve bu da bize daha çok zaman kaybettirirdi... (Ö19)"

Akış diyagramlarının özellikle karmaşık deneylerde etkili olabileceği düşüncesinden hareketle ve öğretmen adaylarının bu konudaki görüşlerini ortaya çıkarmak amacıyla, "**Karmaşık ve uzun deneylerde akış diyagramı kullanımı ile ilgili düşünceniz nedir? Nedeninizi; a)**

föylerden daha kullanışlı, b) föyler daha kullanışlı ve c) ikisi arasında fark yoktur şıklarından birini seçerek açıklayınız." şeklindeki dördüncü soru yöneltmiştir. Bu sorunun ilk kısmında öğretmen adaylarının %58'i akış diyagramını karmaşık deneyler için daha kullanışlı bulduklarını belirtirken, %32'si laboratuvar föyüyle arasında fark olmadığını ve %10'u da laboratuvar föyünün daha kullanışlı olduğunu belirtmiştir. Her üç yanıtla ilişkin yapılan açıklamaların analiz sonuçları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9: Akış Diyagramının Kullanışlılık Yönünden Föyler ile Kıyaslanması Durumu.

Öğretmen Adaylarının Yanıtları	Öğretmen Adaylarının Açıklamaları	Öğretmen Adaylarının Kodları	Frekans	%
Akış diyagramı daha kullanışlı	Anlaşılır olmasıyla	Ö1, Ö3, Ö8, Ö9, Ö17,	5	26
	Sistemli olmasıyla	Ö7, Ö11, Ö16, Ö19	4	21
	Görselliği yönüyle	Ö2, Ö4	2	11
Laboratuvar föyü ile arasında fark yok	İkisinin de karmaşık ve uzun olması	Ö13, Ö15, Ö18,	3	16
	İkisinin de deneyin akışını vermesi	Ö6, Ö10	2	11
	İkisinin de ön bilgi gerektirmesi	Ö12	1	5
Laboratuvar föyü daha kullanışlı	Uzun deneylerde çizim sıkıntısı yaşamamak için	Ö14	1	5
	Hazır bir gidiş aşaması olduğu için	Ö5	1	5
TOPLAM			19	100

Tablo 9 incelendiğinde akış diyagramlarını karmaşık deneylerde laboratuvar föylerinden daha kullanışlı bulan öğretmen adaylarının %26'sının akış diyagramlarının daha anlaşılır olması, %21'inin akış diyagramlarının sistemli olması ve %11'inin de görselliği önemli buldukları için bu şekilde düşündükleri belirlenmiştir. Karmaşık deneyleri akış diyagramı kullanarak veya kullanmayarak yürütme sırasında ikisi arasında fark olmadığını ifade eden öğretmen adaylarının %16'sı ikisinin de karmaşık ve uzun olması, %11'i ikisinin de deneyin akışını vermesi, %5'i ise ikisinde de ön bilgi verilmesinin gerekli olması nedeniyle bu görüşte olduklarını belirtmişlerdir. Laboratuvar föylerinin akış diyagramlarından daha kullanışlı olduğunu düşünen öğretmen adaylarının % 5'i bu durumun deneyler uzun olduğunda çizim sıkıntısı yaşamamak adına, %5'i de hazır bir gidiş aşaması olması ve yeniden akış diyagramı çizmenin gereksiz olduğunu düşünmeleri nedeniyle olduğunu belirtmiştir. Bununla ilgili üç öğrenci ifadesi şöyledir:

"...Föylerden daha kullanışlıdır. Çünkü akış diyagramı çizerek deneyi daha kolay anlıyoruz. Sadece föyden okumak yeterli olmayabilir... (Ö3)"

"...İkisi de aynı işlevi yapıyor. Bir taraftan föyler bize deney yapımını anlatırken akış diyagramı da hem resimlerle hem de açıklamalarla daha güzel anlatıyor...(Ö15)"

"...Sadece uzun deneyler için böyle düşünüyorum. Çizim aşamasında sıkıntı olduğu için...(Ö14)"

Öğretmen adaylarına 1 tanesi deneme amaçlı 4 tanesi deneyler için olmak üzere toplam 5 tane akış diyagramı hazırlanmıştır. Bu süreci değerlendirmek ve akış diyagramı hazırlama konusunda haftalar ilerledikçe nasıl bir değişim olduğunun belirlenmesi amacıyla kendilerine, **"Akış diyagramlarını hazırlarken ilk deneyden itibaren hazırlama açısından kendinizde bir değişiklik olduğunu düşünüyor musunuz?"** şeklindeki beşinci soru yöneltilmiştir. İki kısımdan oluşan bu sorusunun ilk kısmında 3 şık yer almakta olup bunlar;

- ***gittikçe daha iyi hazırladığımı düşünüyorum,***
- ***gittikçe daha sıkıcı hale geldi,***
- ***hepsini aynı şekilde hazırladım "*** şeklindedir

İlk olarak bu şıklardan birini seçmeleri ve daha sonra bu şıkkı seçme nedenini açıklamaları istenmiştir. Bu sorunun ilk kısmında öğretmen adaylarının %89'u gittikçe daha iyi hazırladıkları yönünde bir cevap verirken, %11'i hepsini aynı şekilde hazırladığını belirtmiştir. Her iki yanıtla ilişkin yapılan açıklamaların analiz sonuçları Tablo 10'da verilerek devamında öğretmen adaylarına ait alıntılar sunulmuştur. Son olarak bir öğretmen adayının(Ö9) ilk ve son deneyde hazırlamış olduğu akış diyagramları örnek olarak Şekil 1'de sunulmuştur.

Tablo 10: İlk Deneyden İtibaren Akış Diyagramı Hazırlama Konusunda Değişiklik Kazanma Durumu.

Öğretmen Adaylarının Yanıtları	Öğretmen Adaylarının Açıklamaları	Öğretmen Adaylarının Kodları	Frekans	%
Gittikçe daha iyi hazırladım	Pratikleşme	Ö2, Ö4, Ö8, Ö9, Ö10, Ö14, Ö17, Ö18	8	42
	Mantığını anlama	Ö5, Ö6, Ö7, Ö11, Ö13, Ö15, Ö16, Ö19	8	42
	Zaman yönetimi	Ö12	1	5
Hepsini aynı hazırladım	İlk ve son arasında değişiklik olmaması	Ö1, Ö3	2	11
TOPLAM			19	100

Tablo 10 incelendiğinde olumlu değişiklik gözlemlenen öğretmen adaylarının % 42'sinin bunu zamanla pratiklik kazanmaya, %42'sinin akış diyagramının mantığını anlamaya ve %5'inin de zaman yönetimini anlamalarına bağladıkları görülmektedir. Öğretmen adaylarından %11'i ilk deneyden itibaren akış diyagramlarını hazırlarken bir farklılık olmadığını ve hepsini aynı şekilde hazırladıklarını ifade etmiştir. Konuya yönelik 2 alıntı aşağıda verilmiştir:

"...Evet, gittikçe daha iyi hazırladığımı düşünüyorum. Çünkü ilk deneylerimde akış diyagramı ile ilgili pek bir şey bilmiyordum ve ne yapmam gerektiği konusunda çok düşünüyordum. Fakat zamanla kavradım ve düşüncelerim kendiliğinden kağıda döküldü...(Ö4)"

Tablo 11: Genel Kimya Laboratuvarlarında Deney Yapılışı Sırasında Akış Diyagramı Kullanılmasının Önerilmesi Durumu.

Öğretmen Adaylarının Yanıtları	Öğretmen Adaylarının Kodları	Frekans	%
Akılda kalıcı	Ö2, Ö4, Ö7, Ö8, Ö17	5	26
Zaman yönetimi	Ö9, Ö10, Ö15, Ö16	4	21
Kolaylık sağlama	Ö1, Ö6, Ö9	3	16
Hazırlık niteliğinde olması	Ö11, Ö14	2	11
Deneylerin aşamalarından oluşması	Ö3, Ö19	2	11
Verimli olması	Ö5	1	5
Görsellik/Dikkat çekme	Ö13	1	5
	TOPLAM	19	100

Tablo 11 incelendiğinde akış diyagramlarının Genel Kimya Laboratuvarı derslerinde kullanılmasını öneren öğretmen adaylarının %26'sının akılda kalıcılık, % 21'inin zaman yönetimi, %16'sının kolaylık sağlama, % 11'inin hazırlık niteliğinde olması, %11'inin deneylerin aşamalardan oluşması, %5'inin verimli olması ve %5'inin de görsellik-dikkat çekme açısından faydalı bulup öneride bulundukları belirlenmiştir. Konuyla ilgili iki öğretmen adayı şunları belirtmiştir:

"...Evet. Akılda kalıcı olduğu için kolaylık sağlar... (Ö7)"

"...Öneririm. Zamandan kazanç sağlar. Yapılacakların resmedilip aşamalandırılmasında daha iyi öğrenmeyi sağlıyor...(Ö15)"

SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışmada öğretmen adaylarının, Genel Kimya Laboratuvarı I dersi kapsamında gerçekleştirilen deneylerin bir kısmının akış diyagramı kullanılarak bir kısmının ise laboratuvar föyüne bağlı kalarak yürütülmesi sonucunda akış diyagramına yönelik görüşleri incelenmiştir. Başlangıçta öğretmen adaylarının ortaöğretim sürecinde deney yapımına ilişkin geçmiş deneyimleri incelendiğinde bu konuda yeterli düzeyde olmadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Deney yapan öğretmen adaylarının büyük çoğunluğu kimya meslek lisesi mezunu olup bunlar deneyleri kendileri yapabilen öğretmen adaylarıdır. Diğer türdeki ortaöğretim kurumlarından mezun olup da deney yapan öğretmen adaylarının, daha çok gösteri deneyi biçiminde deneyler yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle bu çalışmada öğretmen adaylarının geleneksel laboratuvar föyleri ile bir kıyaslama yapmaları istenerek laboratuvardaki deneylerin yarısı laboratuvar föyleri kullanımı ile bir diğer yarısı da akış diyagramı kullanımı ile gerçekleştirilmiştir.

Öğretmen adaylarının akış diyagramına ilişkin ön bilgileri incelendiğinde, tamamının akış diyagramından haberdar olmadıkları belirlenmiştir. Akış diyagramının ne olabileceğine ilişkin

öngörülerini irdelendiğinde yine farklılaşan, fakat ortak olarak akış diyagramının gerçek anlamından uzak olan betimlemeler yaptıkları, ulaşılan sonuçlar arasındadır. Akış diyagramının ne olduğuna ilişkin gerekli bilgilendirmenin ve bazı deneylerin akış diyagramı eşliğinde gerçekleştirilmesinin ardından öğretmen adaylarına akış diyagramının ne olduğu sorulduğunda daha akademik cevaplar verdikleri, örneğin süreci hem görsel olarak hem de ifadeyle açıkladıkları sonucuna ulaşılmıştır. Verileri desteklemek amacıyla kendilerinden akış diyagramı kullanımına ilişkin öz değerlendirme yapmaları istendiğinde, tamamının akış diyagramı kullanımını anladıkları sonucuna ulaşılmıştır.

Akış diyagramını kullandıkları süre sonunda bu materyalin katkıları hakkındaki görüşler incelendiğinde, öğretmen adaylarının tamamının akış diyagramı kullanımının deneyi kolaylaştırdığını düşündükleri sonucuna ulaşılmıştır. Bazı öğretmen adayları sistemli olma, bazıları görsel olma ve bazıları da önceden deneyi bilme anlamında akış diyagramının katkı sağladığını ifade etmişlerdir. Akış diyagramının zamanlama açısından farklılığı konusunda öğretmen adaylarının neredeyse tamamı yararlı olduğunu düşünmektedir. Elde edilen bu sonuç Davidowitz ve Rollnick (2001) tarafından gerçekleştirilen çalışmanın sonuçları ile uyum içindedir. Çalışmada benzer şekilde öğretmen adayları, kimya laboratuvarında akış diyagramı kullanımının zamanın etkili kullanımı konusunda daha faydalı olduğunu ifade etmişlerdir.

Öğretmen adaylarının akış diyagramını laboratuvar föyü kullanımı ile kıyaslamaları istendiğinde, öğretmen adaylarının çoğu akış diyagramının daha kullanışlı olduğunu belirtirken, bazı öğretmen adayları ikisi arasında fark olmadığını ve birkaç tanesi de laboratuvar föyünün daha kullanışlı olduğunu belirtmişlerdir. Akış diyagramının daha kullanışlı olduğunu düşünen öğretmen adaylarının gerekçeleri arasında anlaşılır olması, sistemli olması ve görsellik içermesi yer almaktadır. İkisi arasında fark olmadığını düşünen öğretmen adaylarının gerekçeleri arasında ise her ikisinin de karmaşık olması, deneyin akışını vermesi ve ön bilgi gerektirmesi yer almaktadır. Laboratuvar föyünün daha kullanışlı olduğunu düşünen öğretmen adaylarının özellikle uzun deneylerde akış diyagramını çizmede sorun yaşanabileceği düşüncesiyle geleneksel laboratuvar föyünü kullanışlı buldukları belirlenmiştir. Bu öğretmen adayları laboratuvar föyünde zaten hazır bir gidiş yolunun olması nedeniyle akış diyagramı hazırlanmasını gereksiz görmektedirler. Bu durum, öğretmen adaylarının çizimden ve yazmaktan sıkılmaları ve bu nedenle de daha kolay bir yol olan föyden takip etmeyi tercih etmeleri ile ilişkilendirilebilir.

Öğretmen adaylarının neredeyse tamamına yakını haftalar ilerledikçe akış diyagramı hazırlamada daha iyileştiklerini ve öğretmen adayı olarak laboratuvarında akış diyagramı kullanımını önerdiklerini ifade etmişlerdir. Buna gerekçe olarak akış diyagramının daha akılda kalıcı olması, zaman yönetimine katkı sağlaması, süreç içinde kolaylık sağlaması ve deneye bir hazırlık niteliğinde olması gösterilmiştir.. Bu gerekçeler öğretmen adaylarının akış diyagramının ne olduğunun, ne gibi katkıları olduğunun ve hazırlandığı takdirde öğrenciye ders öncesinde olabilecek faydalarının farkında olduklarını düşündürebilir. Rollnick vd. (2001) tarafından

gerçekleştirilen çalışmada benzer şekilde laboratuara hazırlıklı gelmenin uygulamalı deneyimlerden kavramsal fayda sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Gerek yurt içi gerek yurt dışında gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, akış diyagramı ile ilgili yapılan çalışmaların sınırlı olması nedeniyle çalışmanın sonuçları laboratuvar ortamında kullanılan farklı grafiksel materyallerin sonuçları ile de karşılaştırılabilir. Bunlardan örneğin V ve I diyagramı gibi grafiksel materyallerle yapılan çalışmalarda, bu tür materyallerin öğrenciler tarafından oldukça kullanışlı bulunduğu belirlenmiştir. Bu diyagramların hepsinin görsel materyaller olmaları, öğrenciye deneyler sırasında daha pratik yollar sunmaları ve deneyleri bilinçli yapmalarına katkı sağlaması gibi ortak yönleri nedeniyle akış diyagramının da kullanışlı bir materyal olabileceği söylenebilir. Tatar, Korkmaz ve Şaşmaz Ören (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada V ve I diyagramları detaylı olarak tanıtılmış, ardından benzerlikleri ve farklılıkları açısından irdelenmiştir. Bu çalışmada akış diyagramı ile ilgili elde edilen verileri, V ve I diyagramlarının benzerlikleri ile kıyaslırsak öncelikle bu tür grafiksel düzenleyicilerin hepsinin laboratuvar ortamında kullanılabilecek uygun birer eğitsel araç olduğu söylenebilir. Akış diyagramı da V ve I diyagramı gibi laboratuvar deneyleri sırasında gerçekleştirilecek işleme dair bilginin bütününe barındırır ve işlemleri sistematik olarak organize edebilir. Yine bu çalışmada belirlenen akış diyagramının zamanın etkili kullanılmasını sağlama sonucu, V ve I diyagramları için de geçerlidir. Son olarak bir diğer ortak özellik de materyallerin dersi sıkıcı olmaktan uzaklaştıran, merak uyandıran ve ezberlemeyi önleyen boyutlarının olmasıdır.

Davidowitz ve Rollnick (2001) akış diyagramları ile yaptıkları çalışmada, başlangıçta akış diyagramlarının kavram haritaları gibi biliş üstü bir araç olarak düşünülmediğini, ancak çalışma sonunda öğrencilerin laboratuvar kavramsal öğrenmelerinin gelişimine katkı sağladığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada kavramsal anlama konusunda herhangi bir ölçüm yapılmadığı için akış diyagramının öğretmen adaylarının kavramsal öğrenmelerine etkisi hakkında bir şey söylemek mümkün olmamıştır. Akış diyagramlarının en önemli katkısı işlemsel anlama üzerinedir ve burada da öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun akış diyagramı kullanımı ile laboratuvar çalışmasını daha hızlı tamamladıklarını belirterek akış diyagramlarının işlemsel anlamalarına katkısını açıkça ortaya koymuşlardır.

Hofstein ve Mamlok-Naaman'ın (2007) belirttiği gibi öğrencilerin okul laboratuvarlarında faydalı uygulama içeren deneyimler yaşamadıkça, fenin anlamlı olması oldukça zordur. Akış diyagramı da öğrencilerin bilgiyi anlamlandırabilmelerine fırsat veren materyallerden bir tanesidir. Bütün bu sonuçlardan yola çıkarak akış diyagramlarının laboratuvar çalışmalarında olumlu katkıları sebebiyle kullanılması önerilmektedir. Akış diyagramı kullanılması öğrencilerin laboratuvar derslerine hazırlıksız gelmeleri ya da deneyin yapılışını çalışmamaları nedeniyle deneye yoğunlaşamamaları sorununu da çözebilir.

Gerek öğretmen adayları gerekse genel olarak diğer öğrenci gruplarının laboratuvara hazırlıksız gelmeleri, deney sırasında hatalara ve bazen de laboratuvar kazalarına neden olabilmektedir. Öğrenciler yanlış malzemeler kullanabilirler veya deney düzeneğini olması gerektiği şekilde kuramayabilirler. Akış diyagramının deney öncesinde hazırlanması, deneyde yapılacakların adım adım belirtilmesi ve önemli noktaların diyagram üzerinde vurgulanması bu hataların önüne geçilmesini sağlayabilir. Bu sayede deney yapan öğrenciler hem deney öncesinde hem de deneyin yürütülmesi sırasında daha bilinçli hareket edebilir, laboratuvar ortamında sadece yaptıkları işe odaklanıp ulaşmaları gereken sonuçlara daha sağlıklı ulaşabilir ve olası laboratuvar kazaları için önceden önlem almış olabilirler. Ancak tüm bu avantajlarının yanında çizim yeteneği yeterince gelişmemiş olan ya da sözel öğrenen öğretmen adaylarının da olabileceği düşünülürse akış diyagramının her öğrenci profili için uygun olacağını söylemek doğru bir yaklaşım olmayabilir.

Akış diyagramının öğretmen adaylarının laboratuvarlarında, özellikle ortaöğretim kimya dersi laboratuvarlarına nispeten daha yakın olan Genel Kimya dersi laboratuvarlarında kullanılması, onların aynı zamanda akış diyagramının nasıl hazırlandığı ve nasıl kullanılacağı konusunda da uzmanlaşmalarını sağlayabilecektir. Böylece ileride öğretmen olduklarında, laboratuvarlarda kendi yaptıracakları deneylerde öğrencilerine akış diyagramlarını öğretebilir ve onların da akış diyagramlarını kullanmalarını sağlayabilirler.

KAYNAKÇA

- Abudhim, F., Yuanxiang, G., & Mutahar, A. A. (2008). Assessment the environment of the chemistry laboratories at Huazhong Normal University (HZNU) in China and Jordanian University (JU) in Jordan as perceived by students. *Pakistan Journal of Social Sciences*, 5(4), 306-309.
- Akkuzu, N. ve Akçay, H. (2009). Yapılandırmacı öğrenme teorisine dayalı bir laboratuvar aktivitesi (Destilasyon yöntemi ile kaynama noktası tayini ve etil alkol su karışımının ayrılması). *Eğitimde Yeni Yönelimler-V "Öğrenmenin Doğası ve Değerlendirme" Sempozyumu*. İzmir: Özel Tevfik Fikret Okulları.
- Ayas, A., Çepni, S. ve Akdeniz, A.R. (1994). Fen bilimleri eğitiminde laboratuvarın yeri ve önemi (I). *Çağdaş Eğitim*, 204, 21-24. (Baktım, orjinalinde laboratuvar şeklinde görünüyor.)
- Ayas, A., Karamustafaoğlu, S., Sevim, S. ve Karamustafaoğlu, O. (2002). Genel kimya laboratuvar uygulamalarının öğrenci ve öğretim elemanı gözüyle değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23, 50-56.

- Bilgin, İ. ve Yahşi D. (2006). Farklı laboratuvar yaklaşımlarının ilköğretim 8. sınıf öğrencilerinin asit-baz konularındaki kavramları anlamalarına etkisinin incelenmesi. *7. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*. Ankara: Gazi Üniversitesi.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak-Kılıç, E., Akgün, Ö.E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2012). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (13. baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Davidowitz, B., & Rollnick, M. (2001). Effectiveness of flow diagrams as a strategy for learning in laboratories. *Australian Journal of Education in Chemistry*, 57,18-24.
- Davidowitz, B., & Rollnick, M. (2005). Development and application of a rubric for analysis of novice students' laboratory flow diagrams. *International Journal of Science Education*, 27(1) ,43-59.
- Domin, D. S. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.
- Domin, D. S. (2007). Students' perceptions of when conceptual development occurs during laboratory instruction. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 140-152.
- Evren, A., Batı, K. & Yılmaz, S. (2012). The effect of using v-diagrams in science and technology laboratory teaching on preservice teachers' critical thinking dispositions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 2267-2272.
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2006). *How to design and evaluate research in education* 6. Baskı. New York, NY: McGraw-Hill.
- Kimya Eğitimi Anabilim Dalı. (2014). *Genel Kimya Laboratuvarı I Föyü*. Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Graphic Organizers. (2012). <http://www.readingquest.org/strat/graphic.html> adresinden erişilmiştir.
- Gülbahar, Y. ve Alper, A. (2009). Öğretim teknolojileri alanında yapılan araştırmalar. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 42(2), 93-111.
- Hall, T., Strangman, N., & Meyer, A. (2003). *Differentiated instruction and implications for UDL implementation. National Center on Accessing the General Curriculum(NCAC): Effective classroom practices report*. Washington, DC: National Center on Accessing the General Curriculum.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.

- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2003). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2008). The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 105-107.
- İlhan, N., Sadi, S., Yıldırım, A. ve Bulut, H. (2009). Kimya öğretmen adaylarının laboratuvar uygulamaları hakkındaki düşünceleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 17(1), 153-160..
- Johnstone, A. H. (1997). Chemistry Teaching-Science or Alchemy? *Journal of Chemical Education*, 74(3), 262-268.
- Nakiboğlu, C. ve Meriç, G. (2000). Genel kimya laboratuvarlarında V-diyagramı kullanımı ve uygulamaları. *BAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 58-75.
- Nakiboğlu, N. ve Nakiboğlu, C. (2002). Enstrümental analiz laboratuvar eğitimi yönteminde yeni bir yaklaşım; V diyagramı uygulamaları. XVI. Ulusal Kimya Kongresi. Konya: Selçuk Üniversitesi.
- Nakiboğlu, C., R. Benlikaya ve Ş. Kalın. (2002). Kimya öğretmen adaylarında kimyasal kinetik konusu ile ilgili yanlış kavramaların belirlenmesinde V-diyagramlarının kullanılması. V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi. Ankara: ODTÜ.
- Nakiboğlu, C. ve Arık, R. (2006). 4. sınıf öğrencilerinin "Gazlar" ile ilgili kavram yanlışlarının V-diyagramı kullanılarak belirlenmesi. *Yeditepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi EDU7*, 1(2), 1-15.
- Nakiboğlu, C. ve Ertem, H. (2009). Laboratuvar yöntemi kullanılarak 7. sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri düzeylerinin belirlenmesi. *Eğitimde Yeni Yönelimler-5: "Öğrenmenin Doğası ve Değerlendirme Sempozyumu"*, İzmir: Özel Tevfik Fikret Okulları.
- Novak, J.D., & Gowin, D.B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Oğuz, A. ve Maral, Ş. (2009). Sorgulama temelli bir deney önerisi: maddenin halleri. *Eğitimde Yeni Yönelimler-5 "Öğrenmenin Doğası ve Değerlendirme" Sempozyumu*. İzmir: Özel Tevfik Fikret Okulları.
- Passmore, G.G. (1998). Using the Vee diagrams to facilitate meaningful learning and misconceptions. *Radiologic Science and Education*, 4(1), 11-28.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research & evaluation methods* (3. Baskı). Thousand Oaks, CA: Sage.

- Rollnick , M., Zwane, S., Staskun, M., Lotz, S., & Green, G. (2001). Improving pre-laboratory preparation of first year university chemistry students. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1053-1071.
- Savran Gencer, A., Sevim, S. ve Kaska, A. (2015). Genel biyoloji laboratuvarında Vee diyagramı uygulaması: fen bilgisi öğretmen adaylarının akademik başarılarının, öz-yeterlik inançlarının ve tutumlarının boylamsal olarak değerlendirilmesi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(52), 183-202.
- Sevinç, E., Atasoy, B. ve Kadayıfçı, H. (2008). 5E öğretim modelinin organik kimya laboratuvarı dersinde uygulanmasının öğrencilerin kavramsal anlamalarına etkisi. *VIII. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*. Bolu: Abant İzzet Baysal Üniversitesi.
- Sözbilir, M. (2009). Nitel Veri Analizi (Powerpoint slaytı).
<https://fenitay.files.wordpress.com/2009/02/1112-nitel-arac59ftc4b1rmada-veri-analizi.pdf>
adresinden erişilmiştir.
- Tatar, N., Korkmaz, H. ve Şaşmaz Ören, F. (2007). Araştırmaya dayalı fen laboratuvarlarında bilimsel süreç becerilerini geliştirmede etkili araçlar: Vee ve I diyagramları. *İlköğretim Online*, 6(1), 76-92.
- Yılmaz, A. ve Morgil, İ. (1999). Kimya öğretmenliği öğrencilerinin laboratuvar uygulamalarında kullandıkları laboratuvarların şimdiki durumu ve güvenli çalışmaya ilişkin öğrenci görüşleri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15, 104-109.
- Yılmaz, A., Uludağ, N. ve Morgil, İ. (2001). Üniversite öğrencilerinin organik kimya laboratuvar tekniğine ait temel bilgileri uygulamaların yeterliliği ve öneriler. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21, 151-157.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yılmaz, A. (2005). Lise 1 kimya ders kitabındaki bazı deneylerde kullanılan kimyasalların tehlikeli özelliklerine yönelik öğrencilerin bilgi düzeyleri ve öneriler. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28, 226-235.
- Yin, R. K. (2003). *Case Study Research: Design and Methods* (3. Baskı). Thousand Oaks, CA: Sage.

EXTENDED ABSTRACT

Johnstone (1997) asserts that laboratories are places where students can experience information overload. These experiences have many different aspects like knowledge, science process skills, and psychomotor skills. Additionally, doing an experiment cannot be enough for

success, the teacher should use different materials or provide them coming to laboratory well-prepared.

In the laboratory, graphical organizers can be used to enhance students' conceptual and procedural understanding. Strangman *et al.*, (2004) defined the graphic organizer as a visual and graphic display that depicts the relationships between facts, terms, and/or ideas within a learning task. Graphic organizers have many different types. One of them is Vee Mapping used by several researchers to enhance students' understanding in the laboratory studies. Another one is the flow diagram focused on by the researchers in the present study. Davidowitz *et al.*, (2005) asserted that flow diagrams are intended as a means of requiring students to process laboratory instructions prior to conducting experiments. Davidowitz and Rollnick (2001) tried an alternative approach with their first- and second- year university students. Students were asked to construct the flow diagrams in advance for each experiment and administered a questionnaire to investigate the success of the flow diagrams. They found that the students said that the flow diagrams had helped them to see the bigger picture.

Purpose

The purpose of the study was to examine the prospective chemistry teachers' (PCTs) thoughts about the flow diagram usage in the General Chemistry Laboratory course. The research question of the study was:

What were the thoughts of PCTs' about performing the experiments with using flow diagram within the context of General Chemistry Laboratory I ?

Method

The research was designed as a qualitative study defined by Fraenkel and Wallen (2005) as a research in which the investigator attempts to study naturally occurring phenomena in all their complexity. The participants were 19 freshmen PCTs (11 female, 8 male) who attended to the education faculty. The PCTs were graduated from different kinds of high schools like Anatolian high school and vocational high school. Data were collected by using two questionnaires developed by the authors. One of them was implemented at the beginning of the course to obtain the PCTs' background experiences, concerning laboratory, types of the experiments performed by them, and their information about the flow diagrams. The flow diagram instruction was fulfilled within six weeks. The PCTs constructed four flow diagrams for four experiments and used them during laboratory instruction. At the end of the application, the second questionnaire was administered to investigate the effectiveness of the flow diagrams. The questionnaires were both composed of seven open-ended questions.

The qualitative data were analyzed through content analysis. Content analysis is used to refer any qualitative data reduction and sense-making effort that takes a volume of qualitative material and attempts to identify core consistencies and meanings (Patton, 2002).

RESULTS

Data Gathered from the First Questionnaire

When the PCTs were asked about if they performed any experiment during their high school education, it was determined that 10 of them performed experiments, and most of them told us that the experiments were performed as a demonstration. Another question directed to the

PCTs was whether they ever heard anything about a flow diagram before and if they did, they were asked to write it down. It was determined that none of the PCTs heard anything about the flow diagrams before the instruction.

When the PCTs were asked if they could write their predictions about what a flow diagram is. It was found that 4 of the PCTs reported it could be the steps of an experiment, and 4 of them told us that it could be rate of flow, and 3 of them related that they have no prediction.

Data Gathered From the Second Questionnaire

When the PCTs were asked about if they could define what the flow diagram is. It was found that the most common definition was "explanation by visual and written expressions". When the PCTs were asked about how they performed an experiment along with flow diagram and if it affected their performance. We asked them if it made it easier or more difficult. It was determined that all of them thought using flow diagram made their performance more effective. Their explanation was like flow diagram made them much more programmed.

When the PCTs were asked about how performing an experiment along with flow diagrams affected their time management; it was determined that 17 of them thought it was useful. The most frequent explanation was that it made everything more understandable. When the PCTs were asked to compare the use of flow diagram with the regular laboratory manual in terms of usefulness in the laboratory, it was determined that 11 of them told us the flow diagram was more useful than the regular laboratory manual. The most repeated explanations were that it was more understandable and useful, and much more programmed importance of visualization.

Conclusion and Discussion

In this study, the PCTs' views about the flow diagram usage in the General Chemistry Laboratory were investigated by using two questionnaires. It was concluded that most of the PCTs comprehended what the flow diagram was and how they were used in the laboratories. Besides, most of the PCTs stated that the flow diagrams were useful for time management and the preparation for the experiments and this result was compatible with Davidowitz and Rollnick's (2001) study. Also according to the prospective chemistry teachers, using flow diagram was better than the laboratory manual to follow laboratory procedure. At this point, it can be said that using flow diagrams can enhance procedural understanding of the students in the laboratory instruction. While preparing a flow diagram, students read the procedure, join to the pre-lab discussion and understand the purpose of the experiment, so this would provide them more understand the experiment. As Rollnick *et al.* (2001) stated "...Preparedness is also important if the conceptual benefit is to be obtained from the practical experience..."

Over the years, many have argued that science cannot be meaningful for students without performing valuable practical experiences in the school laboratory (Hoftsein and Mamlok-Naaman, 2007). The quality of experiences is also important; it can be increased by using different cognitive devices. A Flow diagram is a kind of useful graphical organizer for students in terms of preparing them for the experiment, participating both pre and post lab discussions. The students' awareness of flow diagram is related to the teachers' awareness. For this reason, the preservice teachers should be taught this kind of device and they used metacognitive tools and devices in undergraduate courses. Also, the workshops concerning these kind innovations should be organized for the experienced teachers.

Lise ve Üniversite Öğrencilerinin Atomun Yapısı ile İlgili Zihinsel Modellerine Genel Bir Bakış

Sinem Demirci¹, Ayhan Yılmaz², Elvan Şahin¹

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Ankara-Türkiye.

²Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Ankara-Türkiye.

ÖZ: Atomun yapısı, gözle görülemeyen kavramları içerdiği için öğrencilerin birçoğu tarafından anlaşılması zor bir konu olmuştur. Bu nedenle öğrenciler, konuyu somutlaştırmak için zihinlerinde modeller oluşturmakta ve bu modeller öğrenmelerini etkilemektedir. Bu çalışma, ortaöğretim ve yükseköğretim öğrencilerinin atomla ilgili zihinsel modellerini belirlemeye yönelik araştırmaları inceleyerek konunun nasıl algılandığına dair bir portre oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, zihinsel modelleri içeren yayınlar taranmış ve çalışmalar içerik analizi yöntemiyle incelenmiştir. Çalışmaları ortak özelliklerine göre sınıflandırmak amacıyla temalar oluşturulmuş ve bu temalar üzerinden analizler yapılmıştır. Bazı öğrencilerin çizdikleri modellere bakıldığında, basit küre veya çekirdeğin etrafında bulunan elektronların çizildiği gözlenmiş, fakat elektron bulutu modelinin derslerde gösterilmesine rağmen az sayıda öğrencinin bu şekli çizimlerine yansıttığı rapor edilmiştir. Ayrıca mevcut çalışmalarda zihinsel modellere bakılarak öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışları da belirlenmiştir. Çalışmaları yürüten araştırmacıların büyük bir kısmı etkili öğrenme için modellemeye derslerde daha fazla yer verilmesi ve kavram yanlışlarını gidermeye yönelik müfredatlarda düzenlemelerin yapılması gerekliliğini vurgulamışlardır.

Anahtar Kelimeler: Zihinsel model, atom, içerik analizi.

ABSTRACT: Many students have considered the structure of an atom as a difficult topic since it includes abstract concepts. Therefore, students construct mental models in their mind in order to grasp the structure of atoms and these mental models interfere with their learning. This study aims to explore mental models of the high school students and university students related to the atom by examining the studies in the literature in order to portray how students perceive the structure of atoms. In this context, the studies related to the mental models were documented and analyzed by using content analysis. In order to categorize the studies with respect to some certain characteristics, the main themes were formed by the researchers and the analyses were conducted based on these themes. Examining the mental models of the students, it was observed that they drew a solid sphere or some electrons orbiting around the nucleus. Moreover, electron cloud model were the least drawn model even though it was included within the educational programs. Besides, some misconceptions were determined within the studies by examining the mental models of the students. Most of the researchers conducting these studies recommended that modeling should be included more in the instructions of the teachers. Moreover, they suggested that current educational programs should be rearranged in order to eliminate the possible misconceptions pertinent to the structure of an atom.

Keywords: Mental models, atom, content analysis.

GİRİŞ

Kimya bilim dalı, gözle görülemeyen ve dokunulamayan kavramlara ilişkin algılama seviyesini yükselten ve duyu organlarımızla direkt olarak tespit edemediğimiz bilgilerin anlamlandırılmasına da katkı sağlayan bir öğrenme alanıdır. Doğrudan göremediğimiz ve hayalde canlandırmak zorunda kaldığımız atom ve atomun yapısı, Demokritus'tan Kuantum Teorisi'ne doğru uzanan değişim sürecinde fen bilimlerinin çekirdek konularından biri olarak görülmüştür. Mikroskopik doğası itibarıyla atom soyut bir kavram olarak adlandırılmaktadır ve öğrencilerde de öğrenme güçlüğü'nün en çok yaşandığı bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Öte yandan, atom ve atomun yapısı fen bilimlerindeki elektrik, nükleer enerji gibi diğer konuların anlaşılabilmesi sürecinde de önemli bir yapı taşıdır. Bu nedenle öğrencilerin atom konusundaki öğrenme güçlüklerinin giderilip anlamlı öğrenmenin sağlanması, üst düzeyde ve daha geniş kapsamda fen bilimleri konularının anlaşılmasına katkı sağlayacaktır. Öğrencilerin bu konu üzerine bilimsel bir anlayış geliştirmesi, makro düzeydeki olguları mikro düzeydeki yapılarla ve uygun gösterimlerle zihinlerinde canlandırmalarını gerektirir. Bireylerin geliştirdikleri zihinsel modeller, kişilerin zihninde benzer kavramları ve olayları birbiriyle nasıl ilişkilendirdiğinin görselleştirmesi olarak tanımlanabilir (Greca & Moreira, 2000). Bir zihinsel model, çeşitli araştırmacılar (Örn; Greca, I. M., & Moreira, M. A. 2000; Harrison, A.G. & Treagust, D.F., 1996; Johnson-Laird, 1983) tarafından da desteklendiği gibi hiçbir zaman sabitleşip dengeye ulaşmaz ya da oluşumunu durdurmaz. Yeni bir bilginin entegrasyonu ile gelişmeye ve değişmeye devam eder. Dolayısıyla atomun yapısı konusunu öğrenme sürecinde öğrenen öğrenciler, atomun yapısını somutlaştırmak için zihinlerinde bir model oluşturmakta ve bu model de öğrenmelerini doğrudan etkilemektedir. Öğrenme sürecinin devamlılığını göz önünde bulundurduğumuzda da, öğrenciler yeni bir bilgiyle karşılaştıklarında atomun yapısı üzerine oluşturdukları zihinsel modelleri geliştirebilir ya da yeni bir model oluşturabilirler. Bireylerin bilimsel açıdan kabul edilebilir bir zihinsel model geliştirebilmesi için atomun yapısı ile ilgili kavram ve olayları birbiriyle uygun şekilde ilişkilendirip bir görsele çevirmesi gerekir. Öğrencilerdeki bilişsel gelişimler göz önüne alındığında Park ve Light (2009) tarafından da vurgulandığı gibi lise seviyesinden başlayarak atomun yapısı konusunun anlaşılabilmesi beklenmektedir.

Zihinsel modeller kişilerin bilişsel sisteminin kapasitesine ve kavramları nasıl algıladıklarına bağlı olarak şekillenir ve bizlere kişilerin sahip olduğu kavram yanılgıları hakkında ipuçları sağlayabilir. Benzer şekilde birçok çalışma atomun yapısı üzerine öğrenme güçlükleri ve kavram yanılgılarına vurgu yapmıştır. Atom, şekil açısından öğrenciler tarafından çoğunlukla "yuvarlak" (Çökelez & Yalçın, 2012; Griffiths & Preston, 1992), "top" veya "küre" (Harrison & Treagust, 1996) şeklinde açıklanmıştır. Dokusu ile ilgili olarak ise "sert" veya "katı" olarak

nitelendirilmiştir (Griffiths & Preston, 1992; Harrison & Treagust, 1996). Öğrencilerde sıklıkla rastlanan bir diğer kavram yanılgısı ise atomların boyutlarıyla ilgilidir. Yapılan araştırmalarda (Charlet-Brehelin, 1998, Çökelez & Yalçın, 2012, Harrison & Treagust, 1996) çoğu öğrenci atomun çok küçük olduğunu ya da görülemeyecek kadar küçük olduğunu belirtirken teknolojik cihazlar yardımıyla, örneğin güçlü bir mikroskop ile görülebileceğini savunmuşlardır. Atomaltı parçacıklar ile ilgili olarak Kıray (2016), fen bilgisi öğretmen adayları ile yaptığı çalışmada elektronun bir dalga mı yoksa parçacık mı olduğu konusunda net bir anlayışa sahip olmadıklarını göstermiştir. Çökelez ve Dumon ise (2005) 10-12. sınıf düzeyindeki öğrencileri hedef alarak yaptıkları araştırmada, birçok öğrencinin Lewis gösteriminden kaynaklı olarak (sembol ve elektron çiftleri) elektronların bir atom içerisinde elektron çiftleri halinde bir arada toplandıklarına dayalı bir zihinsel model oluşturduklarını ifade etmişlerdir. Ek olarak, öğrencilerin %46'sında atom ile ilgili gösterimlerin Lewis modeli ile eşleştiğini belirtmişlerdir. Oktet kuralının bu öğrenciler tarafından bir zihinsel model olarak benimsendiği öne sürülmüştür. Böyle bir model, atom içerisinde elektronların statik yapılanması ve çiftler halinde gruplaşmaları durumuna karşılık gelmektedir. Kavram yanılgıları üzerine yapılmış olan bu çalışmalar, öğrencilerin atomun yapısı konusunda bilimsel bilgi ile desteklenebilecek zihinsel model oluşturmakta zorlandıklarını göstermiştir.

Özellikle son 20 yılda atomun yapısı konusunda kavram yanılgılarını da kapsayacak şekilde öğrencilerin zihinsel modellerinin belirlenmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Ancak bu çalışmaların bulgularını yeniden düzenleyerek eğitimsel yansımalarını ortaya çıkaran bir sentez çalışmasına rastlanmamıştır. Atomun yapısı üzerine, lise ve üniversite düzeyindeki öğrencilerin zihinsel modelleri kapsamında ileriye yönelik araştırma gereksinimleri mevcut çalışmaların değerlendirilmesi ile ortaya çıkarılacaktır. Bu doğrultuda, bu çalışmanın amacı lise ve üniversite düzeyindeki öğrencilerin atomun yapısı ile ilgili zihinsel modellerine yönelik yapılmış olan mevcut çalışmaların bilimsel araştırma yöntemleri, katılımcıların öğrenim düzeyi, kavram yanılgıları (atomun şekli, büyüklüğü, yapısı), zihinsel modellerin kategorilendirilmesi ve dağılımı, eğitimsel yansımaları kapsamında bir değerlendirmesini yapmaktır. Böylece belirtilen bu alandaki bilgi birikimi ve düşünsel oluşumlar artırılırken, mevcut araştırmaların kuvvetli ve zayıf yanları vurgulanabilir ve gelecekteki araştırmalara yön verilebilir. Bir başka bakış açısıyla, atom ve atomun yapısı ile ilgili kavramların öğretiminde etkin olan bir öğretim programı hazırlanabilmesi için elde edilen ipuçları öğretmenler, öğretmen eğitimcileri ve program geliştirme uzmanlarına eğitim uygulamaları konusunda güncel kalabilmeleri için katkıda bulunur.

YÖNTEM

Bu çalışmada, lise ve üniversite öğrencilerinin atomun yapısı ile ilgili zihinsel modellerini ortaya çıkarmaya yönelik yapılan bilimsel çalışmalar içerik analizi yöntemi ile incelenmiştir. İçerik analizi, araştırmacıların insan davranışını dolaylı olarak çalışmasına olanak sağlayan bir tekniktir (Fraenkel, Wallen, ve Hyun, 2012). İçerik analizinde genel olarak yazılı veya görsel dokümanlar (ders kitapları, gazeteler, dergiler, makaleler, resimler ve/veya diğer yazılı dokümanlar) incelenmektedir. Bu yöntem, atomun yapısı ile ilgili zihinsel modelleri çalışan bilimsel araştırmaların incelenmesine, araştırmaların birbirine benzeyen sonuçlarının bir araya getirilerek analiz edilmesine ve okuyuculara genel bir çerçeve çizilmesine olanak sağladığı için seçilmiştir (Cohen, Manion ve Morrison, 2007).

Atom ve atomun yapısı ile ilgili kavram yanlışları hakkındaki alanyazın çok geniştir. Ancak bu çalışma kapsamında sadece "atomun yapısı" ve "zihinsel model" konularını içeren araştırmalar incelenmiştir. Bu şekilde zihinsel modellerden yola çıkılarak öğrencilerin atom ve atomun yapısı ile ilgili sahip olduğu kavram yanlışları da incelenmiştir. Atomun şekli, büyüklüğü ve yapısı ile ilgili kavram yanlışları öğrencilerin zihinsel modellerine dair veri sunduğu için bu çalışma kapsamında ele alınmıştır. Ulusal ve uluslararası alanyazınları web ortamında taranmış; ulaşılabilir alanyazınında bulunan, 1992-2016 yılları arasında İngilizce veya Türkçe olarak yayınlanmış 28 çalışma içerik analizi yapılarak araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Ayrıca 9 - 12. sınıf ve üniversite düzeyindeki öğrencilerin sadece atomun yapısı çerçevesindeki anlayış ve kavram yanlışlarını ortaya koyan ve de zihinsel modelleri içeren çalışmalar ele alınmıştır. Çeşitli veri tabanı ve indekslerde (Web of Science, ERIC, Google Akademik, EBSCO-Host, YÖK tez tarama merkezi) tam metinlerine ulaşılan çalışmalar (tez, makale ve konferans tam metinleri) incelenerek mevcut durumun ortaya konması amaçlanmıştır. Konferans özetleri, oluşturulan kategorilere uyum sağlama hususunda kısıtlı bilgiler sunduğu için çalışma kapsamına alınmamıştır.

Verilerin Analizi

Mevcut çalışmanın amacına uygun olan bilimsel çalışmalara ulaşıldıktan sonra, atomun yapısı ile ilgili zihinsel modeller hakkında betimsel bilgiler elde etmek adına araştırmacılar tarafından ana temalar oluşturulmuştur. Bu temalar, belirli bir zaman aralığında yapılmış olan ilgili bilimsel çalışmaları ortak özelliklerine göre sınıflandırmak, araştırma sonuçlarından birbirine benzeyen verileri bu temalar çerçevesinde bir araya getirmek ve sunmak amacıyla oluşturulmuştur. Bazı temaların sonuçları genel bir şablon olarak rapor edilirken, bazı temalar betimsel istatistik

yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Kategoriler ile ilgili detaylı bilgi bulgular kısmında verilmiştir.

BULGULAR

Bu çalışma ortaöğretim ve yükseköğretim seviyesindeki öğrencilerin atom ile ilgili zihinsel modellerini belirlemeye yönelik olan mevcut araştırmaları inceleyerek, öğrencilerin atomun yapısını nasıl kavramsallaştırdıklarına dair bir portre oluşturmayı amaçlamıştır. Atomun yapısı ile ilgili yapılan çalışmalara kronolojik açıdan bakıldığında, öğrencilerin zihinsel modellerine dair ilk ipuçları taşıyan araştırmalar (Örneğin Ben-Zvi, Eylon ve Silberstein, 1986; Zoller, 1990; Nakhleh, 1992), atom ve yapısı ile ilgili kavram yanlışları çerçevesinde ele alınmıştır. Son yıllarda bu tip çalışmalar (Örneğin Montagna, Sales ve Medeiros, 2015; Tümay, 2016) devam etmekle birlikte zihinsel model kavramının kullanımı da yaygınlaşmaya başlamıştır. Özellikle 2000 yılından sonra zihinsel modellerle ilgili çalışmaların sayısında bir artış gözlenmektedir. Atomun yapısı konusundaki mevcut bilimsel çalışmalar değerlendirilirken bilimsel araştırma yöntemleri, örneklem (öğrenim düzeyi, uzmanlık alanı), kavram yanlışları (atomun şekli, büyüklüğü, yapısı), zihinsel modellerin kategorilendirilmesi, dağılımı ve eğitimsel yansımaları temaları kapsamında inceleme yapılmıştır.

Mevcut Bilimsel Çalışmaların Örneklemeleri

Atomun yapısı ile ilgili zihinsel modelleri içeren çalışmaların katılımcılarının öğrenim düzeyleri ve uzmanlık alanları incelendiğinde aşağıdaki veriler elde edilmiştir:

Tablo 1: Çalışmalara Katılan Bireylerin Öğrenim Düzeyleri ve Uzmanlık Alanları.

<i>Sınıf Düzeyi</i>	<i>f</i>
Lise Öğrencileri	11
Genel Kimya Dersi Öğrencileri	2
Genel Fizik Dersi Öğrencileri	1
Kimya Öğretmen Adayları	4
Fen Bilgisi Öğretmen Adayları	5
Fizik Öğretmen Adayları	2
Diğer Bölümler (Örn. İlköğ. Mat. Öğrt.)	3

Tablo 1’de de belirtildiği gibi atomun yapısı ile ilgili zihinsel model çalışmaları en çok lise öğrencileri ile yapılmıştır. Lise öğrencilerinin yanı sıra öğretmen adayları ile de benzer çalışmalar yürütülmüştür. Hizmetiçi eğitimlerde öğretmenlerle ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Mevcut Bilimsel Çalışmalarda Kullanılan Bilimsel Araştırma Yöntemleri ve Veri Toplama Araçları

Mevcut olan toplam 28 bilimsel çalışma kullanılan araştırma yöntemleri açısından incelendiğinde; 11'inin nitel, 2'sinin nicel ve 4'ünün de karma araştırma desenine sahip olduğu belirtilmiştir. 11 çalışmada ise kullanılan araştırma yöntemi doğrudan ifade edilmemiştir. Ancak çalışmaların amacı, veri toplama araçları ve verilerin analiz yöntemleri incelendiğinde; bu çalışmaların 6'sının karma yöntem, 3'ünün nicel ve 1 tanesinin de nitel çalışma olduğu tespit edilmiştir. 1 çalışmanın ise araştırma yöntemi belirlenememiştir.

Mevcut çalışmaların veri toplama araçları incelendiğinde çok çeşitli veri toplama araçlarına rastlanmaktadır. Örneğin Cokelez ve Dumon (2005) öğrencilere bir element veya molekül çizdirirerek, Yıldız (2006) ise herhangi bir atomu çizdirerek onların zihinsel modellerini ortaya çıkarmayı hedeflemiştir. Öte yandan Abdo ve Taber (2009) yarı yapılandırılmış görüşme yaparak veri toplarken, Bak ve Ayas (2008) atom ile ilgili kavram haritası çizdirerek öğrencilerin atomun yapısı hakkındaki zihinsel modellerini incelemişlerdir.

Öğrencilerin Zihinsel Modelleri, ilgili Kavram Yanılgıları ve Eğitime Yansımalar

Atomun yapısı üzerine zihinsel modelleri ortaya çıkarmak amacıyla çeşitli veri toplama araçları kullanılmıştır. Çizilen şekiller, yapılan görüşmeler ve diğer analizler sonucunda mevcut çalışmalarda sınıflandırmalar oluşturulmuş ve rapor edilmiştir. Bu çizimler daha sonra değerlendirilerek mevcut olan kavram yanılgıları da belirtilmiştir. Tablo 2'de mevcut çalışmaların katılımcılarının öğrenim düzeylerine göre zihinsel modelleri, kavram yanılgıları ve eğitime yansımaları verilmektedir. Örneğin, mevcut çalışmalardaki zihinsel modeller atom modellerinin tarihsel gelişimine göre ya da benzeşim yaklaşımına uygun olarak sınıflandırırken, bazı araştırmacılar ise kendileri kategoriler oluşturarak farklı isimlendirme kullanmışlardır. Lise öğrencilerinde benzeşime göre sınıflandırma daha yaygın olarak kullanılırken üniversite öğrencilerinde tarihsel gelişim modeli daha sık kullanılmıştır. Ek olarak Yıldız (2006), katılımcılarının zihinsel modellerini hem benzeşim modellerine göre hem de tarihsel gelişim modellerine göre sınıflandırarak aynı veri üzerinde iki farklı analiz yapmıştır. Öte yandan Tablo 2'de "Diğer" kategorisine giren çalışmaların bir kısmı zihinsel modelleri belirlemede veriyi analiz ederek kendi kategorilerini oluşturup sınıflandırma yaparken (n=4), bir kısmı da konu kavrama testlerinin sonuçlarından faydalanarak (n=6) öğrencilerin zihinsel modellerini ve kavram yanılgılarını tespit etmiştir.

Mevcut Bilimsel Çalışmaların Zihinsel Modelleri Sınıflandırma Biçimleri

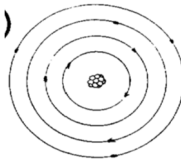
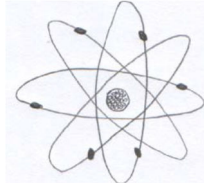
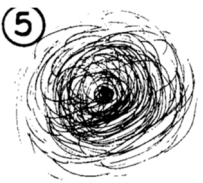
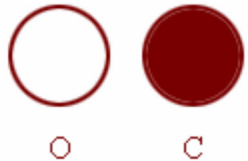
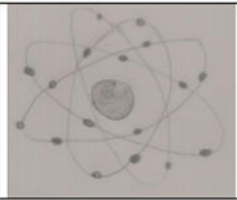
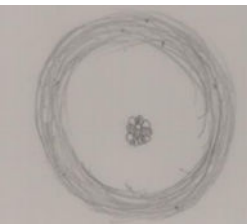
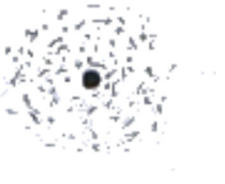
Öğrencilerin atomun yapısı ile ilgili zihinsel modelleri daha önce de belirtildiği gibi farklı araştırmacılar tarafından farklı sınıflandırma biçimleriyle sınıflandırılmıştır. Şekil 1'de bazı öğrencilerin zihinsel modelleri verilmektedir.

Katılımcıların Öğrenim Düzeyi	Sınıflandırma Biçimi			Kavram Yanılgıları	Eğitime Yansımalar
	Benzeşim (n)	Tarihsel (n)	Diğer (n)		
Lise	6	1	5	-Atom sert bir küredir. (KY 1)* -Atom bir daireye benzer. (KY 1) -Atomun yassı bir yüzeyi vardır. (KY 1) -Atom içindeki bileşenlerle birlikte küresel bir yapıya sahiptir. (KY 1) -Atom çıplak gözle görülemeyecek kadar küçüktür, ancak güçlü bir mikroskopla görülebilir. (KY 2)** -Atomlar moleküllerden daha büyüktür. (KY 2) -Elektronlar çiftler halinde bulunur. (KY3)*** -Elektronlar çekirdeğin çevresinde belirli orbitallerde yüksek hızlarla hareket eder. (KY3) -Elektronlar çekirdek etrafındaki yörüngelerde hareket eden taneciklerdir. (KY 3) -Elektronlar çok küçük ve hızlı oldukları için yerlerini tam olarak belirtmeyiz. (KY 3) -Atom çekirdekten oluşur. (KY 3)	-Öğretmenler, öğrencilerin sahip olabileceği önbilgileri konusunda bilgi sahibi olmalıdır. -Sınıf içi etkinliklerde atomun tarihsel gelişimi üzerinde daha fazla durulmalıdır. -Atomun yapısı konusuna başlamadan önce kavram yanılgıları belirlenmeli -Ders kitaplarındaki şekillerden ve öğretmenlerin kullandığı şekillerden öğrenciler etkilenmektedir.
Üniversite	3	6	8	-Elektronlar çekirdek etrafındaki yörüngelerde hareket eden taneciklerdir. (KY 3) -Elektronlar çok küçük ve hızlı oldukları için yerlerini tam olarak belirtmeyiz. (KY 3) -Atom çekirdekten oluşur. (KY 3)	-Öğretmenler, okullar ve üniversiteler öğrencilerin sahip olabileceği önbilgileri ve kavram yanılgıları konusunda bilgi sahibi olmalıdır. -Derslerde daha fazla modern atom teorisine yer verilmelidir. -Tarihsel gelişim anlatılırken modellerin eksikliklerine sınıfta daha fazla yer verilmeli.

*KY 1: Atomun şekli üzerine kavram yanılgısı, **KY 2: Atomun büyüklüğü üzerine kavram yanılgısı, *** KY 3: Atomun yapısı üzerine kavram yanılgısı

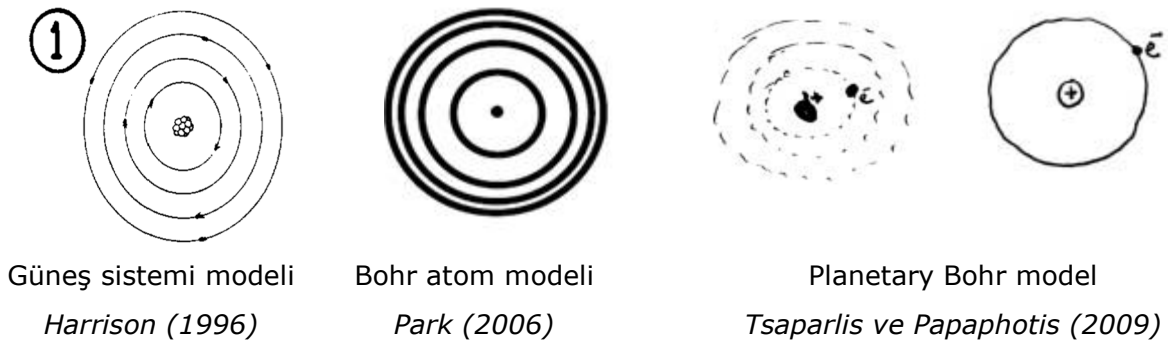
Tablo 2: Atom modellerinin çeşitli eğitim düzeylerine sahip bireyler tarafından algılanması.

Çalışmalarda Belirlenen Bazı Zihinsel Modeller

Sınıflandırma Biçimi	Benzeşim				Hücre Etkili Model	
		Top Modeli <i>Çökelez ve Dumon (2005)</i>	Güneş Sistemi Modeli <i>Harrison ve Tregaust (1996)</i>	Medyatik Model <i>Yıldız (2006)</i>	Yıldız (2006)	Elektron Bulutu Modeli <i>Harrison ve Tregaust (1996)</i>
Tarihsel						
		Parçacık Modeli <i>Park (2006)</i>	Bohr Atom Modeli <i>Park (2006)</i>	Rutherford Atom Modeli <i>Kıray (2016)</i>	Electronium Orbit Model <i>Kıray (2016)</i>	Elektron Bulutu Modeli <i>Kahraman ve Demir (2011)</i>

Şekil 1: Mevcut Çalışmalarda Adlandırılan Bazı Zihinsel Modeller.

Çalışmalardaki sınıflandırma biçimleri incelendiğinde, öğrencilerin atom ve yapısı ile ilgili zihinsel modelleri için ortak bir sınıflandırma dili bulunmamaktadır. Örneğin Park ve Light (2006), Kahraman ve Demir (2011) ile Nakiboğlu, Karakoç ve Benlikaya (2002) araştırmalarında, öğrencilerin zihinsel modellerini atom modellerinin tarihsel gelişimine uygun olarak adlandırırken (Bohr, Modern Atom Modeli vb.), Harrison (1996) ile Cokelez ve Dumon (2005) güneş sistemi modeli ve parçacık modeli gibi kategorilerin yer aldığı benzeşime dayalı bir sınıflandırma yapmışlardır. Zihinsel modellerin daha farklı isimlerle sınıflandırıldığı çalışmalar da alanyazınında bulunmaktadır (Baybars ve Küçüközer, 2014; Özcan, 2013; Badrian, Abdinejad ve Naseriazar, 2011; Kıray, 2016). Öte yandan aynı özellikleri taşıyan zihinsel bir model farklı araştırmacılar tarafından farklı şekillerde isimlendirilmiştir. Örneğin bir araştırmada Bohr Atom Modeli diye adlandırılan bir çizim (Park, 2006), diğer araştırmada Güneş Sistemi Modeli olarak adlandırılmakta (Harrison, 1996), hatta bir çalışmada (Tsaparlis ve Papaphotis, 2009) Güneş Sistemi, Bohr Atom Modeli (Planetary Bohr Model) olarak isimlendirilmektedir. Bu modeller Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2: Farklı İsimlendirilen Bir Zihinsel Modele Örnek.

Araştırmaların sonuçları genel olarak incelendiğinde, öğrencilerin çok küçük bir kısmının Modern Atom Teorisine uygun bir zihinsel modele sahip olduğu belirtilmektedir. Örneğin Yıldız (2006) kendi çalışmasında Rutherford Atom Modelini çizen ortaöğretim öğrencilerin %25.5, Bohr Atom Modelini çizen öğrencilerin %21.7 ve Modern Atom Teorisini çizen öğrencilerin %0.6 olduğunu rapor etmiştir.

Mevcut Çalışmalarda Öğrencilerin Kavram Yanılgıları

Tablo 2’de atomun şekli, büyüklüğü ve yapısı kapsamında tespit edilen kavram yanılgıları, zihinsel modelleri sınıflandırma biçimleri ve eğitime yansımalar katılımcıların öğrenim düzeylerine göre gösterilmektedir. Atomun büyüklüğü ile ilgili sonuçlar incelendiğinde,

öğrencilerin atomların çok küçük olmalarına rağmen çok güçlü mikroskoplarla görünebileceğine inandıklarını gösteren çalışmalara rastlanmıştır (Charlet-Brehelin, 1998; Cokelez, 2012; Griffiths ve Preston, 1992; Harrison ve Treagust, 1996). Mevcut bilimsel çalışmalar incelendiğinde ise, öğrencilerin çizdikleri atom modellerinin şeklinin basit olarak küre veya çekirdeğin etrafında dönen elektronlar biçiminde çizildiği gözlemlenmiştir (Harrison, ve Treagust, 1996; Griffiths, ve Preston, 1992). Öte yandan bazı araştırmalar sınıf seviyesi arttıkça çizimlerde daha karmaşık modellerin yer aldığını belirtse de (Kurnaz ve Emen, 2013), üst sınıflarda da küre biçimindeki zihinsel modellere rastlanmıştır (Griffiths ve Preston, 1992). Cokelez ve Dumon'un bir çalışmasında (2005), öğrencilerin işlenen dersin etkisiyle çizimlerinin geliştiği, fakat bir süre sonra tekrar zihinsel modelleri incelendiğinde başlangıç seviyesine geri döndüğü söylenmektedir. Bunların dışında yapılan çalışmalarda (Örneğin Park, 2006; Tsapalis ve Papaphotis, 2009) öğrencilerin genel olarak en fazla Bohr Atom Modeli çizdiği rapor edilmiştir. Elektron Bulutu Modelinin derslerde gösterilmesine rağmen az sayıda öğrenci bu şekli zihinsel modellerinde yansıtmıştır (Örneğin Charlet-Brehelin, 1998; Cokelez ve Dumon, 2005).

Mevcut Çalışmalarda Rapor Edilen Eğitime yansımalar

Tablo 2'de çalışmaların öneri ve sonuç kısımlarında öne çıkan bazı eğitime yansımalar verilmiştir. İncelenen bu öneriler, araştırmacılar derse başlamadan önce öğrencilerin ön bilgilerinin yoklanıp kavram yanlışlarının belirlenmesinin önemini, ders kitaplarının ve hocaların ders notlarının öğrencilerinin zihinsel modellerini olumsuz etkileyebileceğini, sınıf içi etkinliklerde atomun tarihsel gelişimi üzerinde daha fazla durulması gerektiğini ve tarihsel gelişim anlatılırken modellerin eksikliklerine sınıfta daha fazla yer verilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Mevcut Çalışmalardan İki Örnek

Ulaşılabilir alanyazınında elde edilen 28 çalışma araştırmacılar tarafından belirlenen temalara göre analiz edilmiştir. Oluşturulan temaların büyük bir kısmına açık ifadelerle yer veren iki çalışmanın sonuçları bu bölümde değerlendirilmiştir.

Zihinsel modellerin geliştirilmesi açısından kimya eğitimine öneriler sunan bir çalışma olan Baybars ve Küçüközer'in çalışması (2014), fen bilgisi öğretmen adaylarının katılımıyla atom konusundaki kavramları değerlendirmiştir. Ayrıca 7E öğretim modelinin kullanıldığı ve bilim tarihinin entegre edildiği bir öğretim modeli sonucunda da öğrencilerin alternatif kavramlarındaki değişimi incelenmiştir. Çalışmada "Zihninizde canlandırdığınız atom modelini

çizerek açıklayınız.” şeklinde bir açık uçlu sorunun sorulmasının ardından mülakatlar yapılarak veri toplanmıştır. Katılımcılardaki bilimsel anlayışın var olup olmadığını saptamak için aşağıdaki şekilde kriterler açıklanmıştır:

- Açıklamada doğru şekil çizilmeli,
- “Çekirdekte proton ve nötron, çekirdek etrafında elektronlar elektron bulutu şeklinde yer alır.” ifadesi bulunmalı,
- “Çekirdekte proton ve nötron, çekirdek etrafında bulunma olasılığının en fazla olduğu yerlerde elektronlar bulunur. Elektronların yeri belirsizlik ilkesine göre tam olarak belirlenemez.” ifadesi yer almalı.

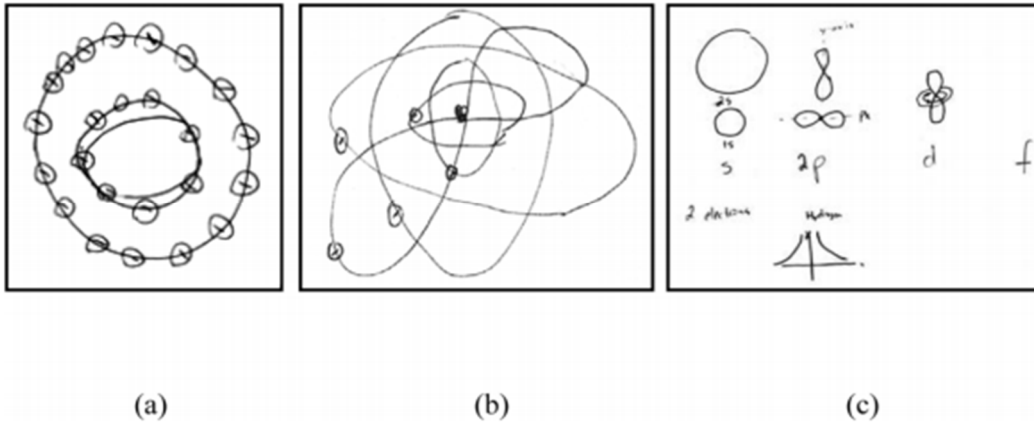
Toplanan veriler analiz edildiğinde öğretim öncesi hiçbir öğretmen adayında tam bilimsel yanıt rastlanmamıştır. Öğrencilerin çoğu kısmen bilimsel ve alternatif kavramlara sahiptir. Yaklaşık %30’u da hiçbir yanıt verememiştir. Öğretim öncesinde sahip oldukları alternatif kavramların bazıları aşağıdaki gibi listelenmiştir:

- Proton ve nötron çekirdekte, elektronlar ise çekirdek etrafında belirli yörüngelerde bulunur.
- Elektronlar çok küçük ve hızlı oldukları için yerlerini tam olarak belirtemeyiz.

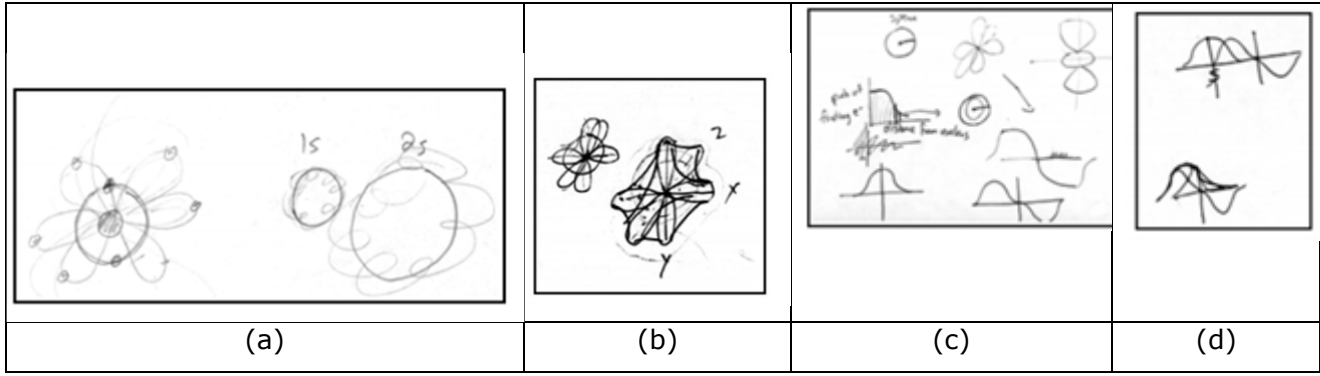
Bu çalışmada öğretmen adaylarının atom ile ilgili zihinsel modelleri çizdikleri gösterimler çerçevesinde detaylı bir kategorilendirilme yapılmamıştır. Sadece bu gösterimlerin bilimsel olmayıp alternatif kavramları yansıttığı ve Güneş Sistemi Modelinden esinlenildiği yönünde bir değerlendirme yapılmıştır. Öğretim sonrasında ise birçok öğrencinin zihnindeki atom modelinin değiştiği tespit edilmiştir. Yaptıkları açıklamalarda Heisenberg belirsizlik ilkesine yer vererek çoğunluğunun Güneş Sistemi Modelini terk ettiği belirlenmiştir. Alternatif kavramlara öğretim sonrasında da sahip olan öğrenciler proton ve nötronların çekirdekte, elektronların ise çekirdek etrafında yer aldıklarını belirtmişler, elektronların yerinin tam olarak tespit edilemeyeceğini açıklamışlar, ancak bu durumu elektronların çok küçük ve çok hızlı olmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Çalışmanın eğitime yansımaları incelendiğinde, araştırmacılar öğretmen adaylarının sahip olduğu kavram yanlışlarının öğrencilerde de oluşabileceğine dikkat çekmiş, kullandıkları 7E modelinin öğretmen adaylarının kavram yanlışlarını gidermede etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Uluslararası yayınlardan bir örnek olan Park ve Light (2009) çalışmalarında, atomun yapısı konusunun anlamlı bir şekilde öğrenilmesi için bazı kavramsal engellerin aşılmasının önemine

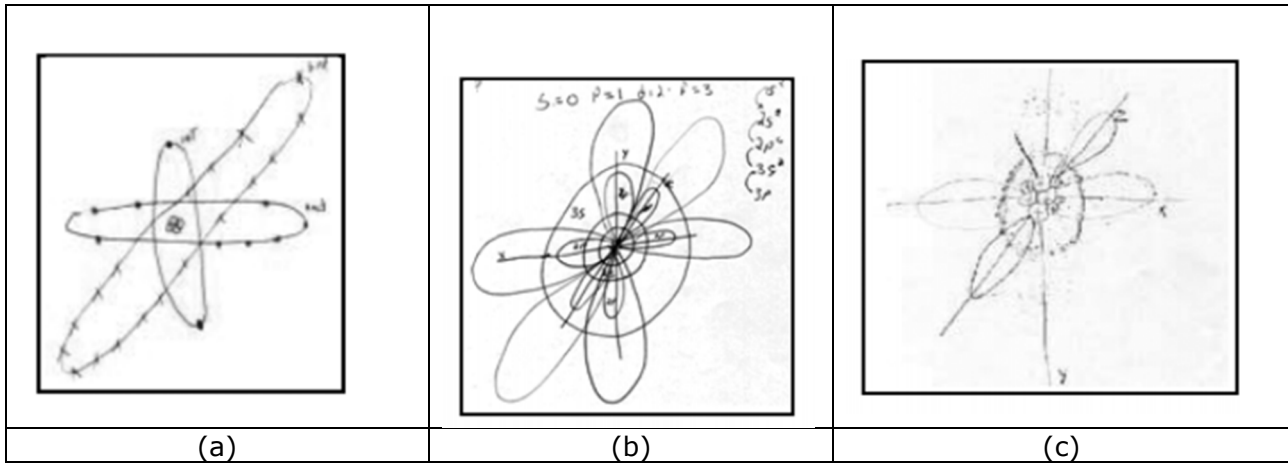
vurgu yapmışlardır. Eşik kavram olarak tanımlanan bu kavramlar ilgili alanyazınında bir anlayışın, yorumun ya da görüşün dönüştürülerek yeni bir boyut kazanmasına sebep olan kavramlar olarak tanımlanmıştır (Meyer ve Land, 2003) ve özellikle öğrencilerin bu kavramları anlamadan daha ileri konuları kavramasının güç olduğu ifade edilmiştir. Bu tanımdan yola çıkarak Park ve Light (2009), atomun yapısı konusunun diğer kimya konularını anlamada eşik kavram olup olmadığını belirlemeyi hedefleyen bir çalışma yapmışlardır. Amerika'da bir üniversitede Genel Kimya dersini alan öğrencilerden seçilen 20 öğrenciden veri toplanmıştır. 20 öğrenci arasından seçilen 3 başarılı öğrenci ile dönem başında ve dönem sonunda görüşmeler yapılmıştır. Öğrencilere zihinlerindeki atom modellerini çizdirmişler ve çizimlerden yola çıkarak öğrencilerin atomun yapısı ile ilgili zihinsel modellerini belirlemişlerdir. Zihinsel modelleri belirlemek için kullanılan rubrik; ilgili ders kitabı, dersi veren öğretim üyesinin ders notları ve dersi o dönem içinde alan 633 öğrencinin ön-test ve son-test sonuçları göz önünde bulundurularak 3 uzman tarafından oluşturulmuştur. Oluşturulan rubrikte 4 model isimlendirilmiştir (Tanecik Modeli, Çekirdek Modeli, Bohr Atom Modeli ve Kuantum Modeli). Görüşme yapılan 3 öğrencinin zihinsel modelleri aşağıdaki şekilde verilmiştir:



Şekil 3: Tom'un atom modeli çizimleri: (a) Ön-görüşme Bohr Atom Modeli, (b) Son-görüşme Bohr Atom Modeli, (c) Son-görüşme orbital çizimi (Park ve Light, 2009).



Şekil 4: Joshua'nın atom modeli çizimleri: (a) Ön-görüşme Kuantum Modeli, (b) Son-görüşme Kuantum Modeli, (c) ve (d) Son-görüşme orbital çizimi (Park ve Light, 2009)



Şekil 5: Zach'ın atom modeli çizimleri: (a) Ön-görüşme Bohr'un Atom Modeli, (b) ve (c) Son-görüşme Kuantum Modeli (Park ve Light, 2009)

Bu sonuçlardan yola çıkarak Park ve Light (2009), çalışmadaki 3 başarılı öğrencinin görüşmeler sırasında tekil (iki farklı modeli birbirine karıştırmadan tek bir modele sahip olmak) ve uyumlu zihinsel modellere sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Ayrıca Bohr Atom Modelinin öğrencilerin kavramları oluşturma sürecinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bunların dışında yapılan görüşmeler sonucunda "olasılık" ve "enerji hesaplanması" kavramlarının atomun yapısı konusundaki eşik kavramlar olduğu gözlenmiştir. Yazarlar bu iki kavramı içselleştiren öğrencilerin atomun yapısı konusunu daha etkili bir biçimde algılayacaklarını savunmaktadırlar. Ek olarak kuantum mekaniği, spektroskopi ve bağ teorisi gibi ileri seviyedeki konuları anlamak için bu eşik kavramların önemi de vurgulanmıştır.

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Atomun yapısına ait zihinsel modellerle ilgili yapılan çalışmalarda, öğrencilerin sahip oldukları zihinsel modeller ve kavram yanlışları saptanmaya çalışılmakta ve bu kavram yanlışlarının giderilmesi için alanyazında çeşitli yöntemler sunulmaktadır. Özellikle araştırmaların gerçekleştiği yıl aralığına bakıldığında araştırmacılar yirmi yılı aşkın süredir benzer kavram yanlışlarını sistematik bir biçimde tanılayıp sonuçlarını paylaşmaktadırlar. Öte yandan derslerde Modern Atom Teorisi gösterilmesine rağmen, bu durum çok az öğrencinin zihinsel modellerine yansımaktadır. Ek olarak zihinsel modelleri sınıflandırma hususunda ortak bir dil kullanılmamaktadır. Ortak bir dilin olmaması, veri toplama araçlarının çeşitli olması ve bütün çizimlerin çalışmalarda verilmesinin mümkün olmaması sebebiyle de öğrencilerin zihinsel modelleri ile ilgili genel bir desen oluşturulmasını zorlaştırmaktadır.

Öğrencilerin kavramsal gelişimini belirlemek ve kavram yanlışlarını tanılamak için onların zihinsel modellerini incelemek bize gerekli ipuçlarını sağlamaktadır. Ancak mevcut çalışmalar sayıca yetersiz olduğu için atomun yapısı ile ilgili zihinsel modeller konusundaki çalışmaların yaygınlaşmasını desteklemek gerekmektedir. Çalışmaların sayısı ve kalitesi arttıkça sonuçlar daha açık ve genellenebilir olacağı için öğrencilerin kavram yanlışlarının tanılanıp giderilmesi hususunda müfredatta gerekli düzenlemeler yapılması kolaylaşacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdo, K., & Taber, K. S. (2009). Learners' mental models of the particulate nature of matter: A study of 16-year-old Swedish science students. *International Journal of Science Education*, 31 (6), 757-786.
- Badrian, A., Abdinejad, T., & Naseriazar, A. (2011). A cross-age study of Iranian students' various conceptions about the particulate nature of matter. *Journal of Turkish Science Education*, 8(2), 49-63.
- Bak, Z., & Ayas, A. (2008). Kimya öğrencilerinin atom kavramını anlama düzeylerinin kavram haritası yöntemiyle., 8. Uluslararası Eğitim Teknolojileri Konferansı (EICT 2008), Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Baybars, M. G., & Küçüközer, H. (2014). Fen bilgisi öğretmen adaylarının "atom" kavramına ilişkin kavramsal anlama düzeyleri. *Journal of Research in Education and Teaching*, 3(4), 405-417.

- Ben-Zvi, R., Eylon, B. S., & Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? J. Chem. Educ, 63(1), 64.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1988). Theories, principles and laws. Education in chemistry, 25(3), 89-92.
- Charlet Brehelin, D. (1998). Contribution à l'enseignement-apprentissage du concept d'atome au collège (Doctoral dissertation).
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). Observation. Research methods in education, 6, 396-412.
- Çökelez, A. (2012). Junior high school students' ideas about the shape and size of the atom. Research in Science Education, 42, 673-686.
- Çökelez, A. & Dumon, A. (2005). Atom and molecule: Upper secondary school students' representations in long-term memory. Chemistry Education Research and Practice, 6(3), 119-135.
- Çökelez, A., & Yalçın, S. (2012). The analysis of the mental models of students in grade- 7 regarding atom concept. Elementary Education Online, 11(2), 452-471.
- de Vos, W., & Verdonk, A. H. (1996). The particulate nature of matter in science education and in science. Journal of Research in Science Teaching, 33(6), 657-664.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). How to design and evaluate research in education (8th edt.). New York: McGram-Hill Companies.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. International Journal of Science Education, 22(1), 1-11.
- Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. Journal of Research in Science teaching, 29(6), 611-628.
- Harrison, A. G. (1996). Conceptual change in secondary chemistry: the role of multiple analogical models of atoms and molecules. Doctoral Dissertation, Curtin University of Technology, Perth, Australia.

- Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry, *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness* (No. 6). Harvard University Press.
- Kahraman, S., & Demir, Y. (2011). The Effects Of Computer-Based 3d Instruction Materials On Misconceptions: Atomic Structure And Orbitals. *Journal of Education Faculty*, 13(1), 173-188.
- Kiray, S. A. (2016). The pre-service science teachers' mental models for concept of atoms and learning difficulties. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(2), 147-162.
- Kurnaz, M. A., & Emen, A. Y. (2013). Mental Models Of The High School Students Related To The Contraction Of Matter. *International Journal of Educational Research and Technology*, 4(1), 1-5.
- Meyer, J., & Land, R. (2003). Threshold concepts and troublesome knowledge: Linkages to ways of thinking and practising within the disciplines. Edinburgh: University of Edinburgh.
- Montagna, E., Sales, A. M. S., & Medeiros, M. L. (2015). Students' misconceptions about the nature of matter and how it impairs biochemistry learning. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 13(2), 35.
- Nakiboğlu, C., Karakoç, Ö., & Benlikaya, R. (2002). Öğretmen adaylarının atomun yapısı ile ilgili zihinsel modelleri. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2, 88-98.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191-196.
- Özcan, Ö. (2013). Investigation of mental models of Turkish pre-service physics students for the concept of "spin". *Eğitim Araştırmaları-Eurasian Journal of Educational Research*, 52, 21-36.
- Park, E. J. (2006). Student perception and conceptual development as represented by student mental models of atomic structure. (Unpublished Doctoral Dissertation), Ohio State Üniversitesi, Ohio.

- Park, E. J., & Light, G. (2009). Identifying atomic structure as a threshold concept: Student mental models and troublesomeness. *International Journal of Science Education*, 31(2), 233-258.
- Polat-Yaseen, Z. (2012, December). A comparison between elementary school students' mental models and visualizations in textbooks for the concept of atom. Paper presented at the Joint Australian Association for Research in Education and Asia-Pacific Educational Research Association Conference (AARE-APERA 2012) World Education Research Association (WERA) Focal Meeting, Sydney.
- Tsaparlis, G., & Papaphotis, G. (2009). High-school Students' Conceptual Difficulties and Attempts at Conceptual Change: The case of basic quantum chemical concepts. *International Journal of Science Education*, 31(7), 895-930.
- Tümay, H. (2016). Reconsidering learning difficulties and misconceptions in chemistry: emergence in chemistry and its implications for chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 229-245.
- Yıldız, H. T. (2006). İlköğretim ve ortaöğretim öğrencilerinin atomun yapısı ile ilgili zihinsel modelleri. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Zoller, U. (1990). Students' misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry (general and organic). *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1053-

EXTENDED SUMMARY

Purpose

Chemistry has been one of the difficult branches of science since it requires grasping the nature of invisible concepts (Polat-Yaseen, 2012). The most widely known concept among them can be the concept of atom. Due to being an abstract concept, students construct models in their mind to understand the structure of the atoms and this model directly influence their level of learning (Harrison & Tregaust, 1996). In this context, the present study aims to explore mental models of the high school students and university students related to the atom by examining the studies in the literature in order to portray how students perceive the structure of atoms.

Method

To understand how high school students and university students perceive the structure of atoms, research articles and theses from both global and national perspectives were documented. Content analysis was chosen to analyze those perceptions related to the atom. Moreover, some misconceptions about atom and its structure were explored via content analysis and reported.

Results

When the studies were analyzed by chronological order, the early researches related to the perceptions on atomic structures were about the misconceptions about the atoms and their atomic structures. As the literature is growing, the focal point of the studies shifted from misconceptions to mental models of the students in a way that the misconception can also be determined by analyzing the mental models of the students. Moreover, by examining mental models, researchers have also an opportunity to understand how students build their mental models as they learn something.

Studies have revealed that the most common mental model drawn by students is the Bohr atomic model. On the other hand, some studies have shown that students draw atoms as simple spheres or electrons orbiting a nucleus (Harrison & Tregaust, 1996; Griffiths, & Preston, 1992). However, in higher grade levels, the mental models become complicated (Kurnaz & Emen, 2013), even though some studies reported that simple spheres were still drawn by the higher grade students (Griffiths & Preston, 1992). In addition, even though the electron cloud model is taught within the lectures, only a few students reflect this into their model (Charlet-Brehelin, 1998). Interestingly, Cokelez and Dumon (2005) reported that students' mental models were improved by the instruction; however, as time passes, these mental models did not retain and students' mental models turned back into the initial level.

The mental model studies also detected some misconceptions as atoms can be seen under powerful microscopes (Griffiths & Preston, 1992; Harrison & Treagust, 1996; Charlet-Brehelin, 1998; Cokelez, 2012); all atoms have equal weights (Griffiths, & Preston, 1992; Harrison, & Treagust, 1996). Moreover, students have also some difficulties to differentiate atoms and molecules (Ben-Zvi, Eylon & Silberstein, 1988; de Vos, & Verdonk, 1996).

When the classification patterns of the studies were examined, different researchers classified the mental models in their own way. In other words, they categorized the mental models

different from each other. For instance, while some researchers use analogical models (e.g. solar system model) to categorize the types of mental models, whereas some other researchers use the names that evoke the historical developments of atomic models (e.g. Rutherford's atomic models). In fact, a mental model named as Bohr atomic model in one study (Park, 2006), whereas the same mental model called solar system model in another study (Harrison, 1996) and named as Planetary Bohr model in another study (Tsapalis ve Papaphotis, 2009). These diverse categorizations make it harder to have a general sense about students' tendencies while constructing mental models.

The researches about the mental models of the students on atom and atomic structures in the accessible literature were reviewed and 16 studies were documented. These studies were published mostly after 2008. When the results were analyzed, the similar classification-related problem was observed as in the national literature. That is to say, national researchers used different names for the categorization of the mental models. In a similar manner, very few numbers of students construct mental models regarding the electron cloud model. Besides, Bohr atomic model is also most commonly drawn mental models among the others.

Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kimya Algılarının İncelenmesi¹

Cem BÜYÜKEKŞİ^{a*} ve Soner YAVUZ^{b*}

Bülent Ecevit Üniversitesi, Ereğli Eğitim Fakültesi, OFMAE Bölümü, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı,
Kdz. Ereğli/Zonguldak, TÜRKİYE

ÖZ:

Öğrencilerin tutum ve inanışlarının başarılarına etkisi birçok araştırmanın odak noktası olmuştur. Tutum ve inanç faktörlerini birlikte incelemek için algı kavramı ile ilgili çalışmalar yürütülmektedir. Çalışmada kullanılan veri toplama aracı olarak kimya algı ölçeği ve yarı yapılandırılmış mülakattan faydalanılmıştır. Kimya algı ölçeği, Wells (2003) tarafından geliştirilmiş ve Tosun (2013) tarafından Türkçe'ye uyarlanmıştır. Kimya algı ölçeği; cinsiyet, değer, tedirginlik, kimyanın kapsamı ve eğilim olarak 5 boyutu kapsayan 20 sorudan oluşmaktadır. Ölçek, öğretmen adaylarının kimya algılarını tespit etmek için uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda 5 öğretmen adayı ile yarı yapılandırılmış mülakat yapılmıştır. Uygulanan mülakatın, öğrencilerin olguların oluşmasının arkasındaki nedenleri anlamalarına ve "Yaşantımızdaki Kimya" gibi kimyanın günlük hayattaki yerini irdeleyen derslerin kimya algısına yönelik etkisini incelemeye yardımcı olması beklenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bulgular, öğrencilerin kimya algılarını etkileyen faktörleri açığa çıkarmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fen bilgisi öğretmen adayları, kimya algısı, yaşantımızdaki kimya.

Analysis of Prospective Elementary Science Teachers' Perceptions about Chemistry

Abstract: The effect of attitude and beliefs of students on achievement is the focus of lots of studies. Studies related to conceptions are conducted to analyze both attitude and beliefs. This study is conducted in spring semester of the 2014-2015 academic year with 20 fourth grade Prospective Elementary Science Teachers who enrolled "Chemistry in Daily Life". As data collection instruments were used chemistry perception scale and semi-structured interview. Chemical perception scale was developed by Wells (2003) and adapted to Turkish by Tosun (2013). Chemistry perception scale consists of 20 questions in 5 dimensions. The instrument was administered to identify prospective elementary science teachers' chemistry perceptions. At the end of the study, a semi-constructed interview was performed with 5 students. Purpose of the interview was to analyze the affecting factors on perceptions and effect of "Chemistry in

¹ Bu çalışma Eylül 2015'te yapılan Ulusal Kimya Eğitim Kongresi (UKEK)'de bildiri olarak sunulmuştur.

^aArş.Gör., e-posta: buyukeksi@hotmail.com.

^bDoç.Dr., telefon: 0 372 323 38 70; faks: 0 372 323 86 93, e-posta: yavuz@beun.edu.tr.

Daily Life" on perceptions. In this study, the affecting factors on chemical perception were addressed.

Keywords: Prospective elementary science teachers, chemical perception, chemistry in daily life.

GİRİŞ

Öğrencilerin tutumlarının ve inanışlarının başarılarına etkisi birçok araştırmanın odak noktası olmuştur (Beaton, 1996; Hofer & Pintrich, 1997; Simpson & Oliver, 1990; Trautwein & Lüdtke, 2007). Bu araştırmalarda, eğitim kalitesinin artırılmasının öğrencilerin kişisel tutumlarına ve inanışlarına bağlı olduğu savunulmaktadır. Bu iki kavram, ortak noktaları olmasına rağmen birbirinden farklı olarak incelenmelidir. Pajares (1992), öğretmen inanışlarının önemli bir araştırma konusu olduğunu belirtmiştir. Öğretmen adaylarının inanışları, öğretim stratejilerine bakışlarını ve uygulamalarını etkilemekle birlikte öğretmenin eğitim faaliyetine dair aldığı kararların temelini de oluşturmaktadır (Veal, 2004). Tutumu inanıştan ayıran temel faktör, tutumun duygusal tepkilere duyarlı olmasıdır. Tutum bir kavramın değerlendirme boyutu olarak ifade edilirken, inanış ise bir kavramın olasılığı boyutu olarak ifade edilmektedir (Fishbein & Raven, 1962). Tutum ve inanç faktörleri birbirinden farklı anlamlar içerdiğinden, her iki kavramı birlikte incelemek için algı kavramı ile ilgili çalışmalar yürütülmektedir (Wells, 2003). Algı kavramını tutum ve inanışları içeren bir olgu olarak düşünmek, her iki değişkenin bir bütün olarak ele alınmasına yardımcı olmaktadır. Öğrencilerin kimya algılarının belirlenmesi, kimya eğitimi programının uygulanması ve hazırlanması açısından oldukça önemlidir. Çeşitli metotlar kullanılarak öğrencilerde var olan olumsuz algıların iyileştirilmesi ve olumlu algıların pekiştirilmesi sağlanabilir. Öğrencilerin algılarının tespit edilmesinin yanı sıra, algının oluşumuna etkisi olan nedenler de araştırılmalıdır.

Bilgi gerçeklerin bir bütünü olmasından ziyade gerçeklerin kişisel, kültürel ve deneyime bağlı olarak yorumudur (Scheffler, 1963). Günümüzde bilimsel okuryazarlık salt bilgiden daha çok öğrencilerin bilimin topluma katkısına ve gündelik hayattaki yerine dair görüşleri, bilim algıları, bilime ilgileri ve çevreye karşı duyarlılıkları ile ölçülmektedir (Christidou, 2011). Bu bağlamda öğrencilerin bilime dair algıları, ilgileri ve görüşleri ile ilgili çalışmalar yapmak bilimsel okuryazarlık düzeyinin geliştirilmesine katkıda bulunacaktır.

Algı odaklı çalışmalar yürütülürken, durum tespiti ve değişimi incelemesinin yanı sıra bunların nedenleri de araştırılmalıdır (Rennie & Dunne, 1994). Örneğin cinsiyetin bilişsel yetenekler ve başarı ile ilişkisini inceleyen çokça çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmaların hedefi, bir cinsiyetin üstünlüğünü ortaya koymaktan ziyade farklılığı ve nedenlerini ortaya koymak olmalıdır (Halpem, 2013). Barton (1998), kız öğrencilerin bilim ile gündelik hayatın ilişkisini kurma konusunda erkekler kadar başarılı olmamaları sebebiyle, kız öğrencilerin bilime dair algılarının farklı olduğunu savunmaktadır. Bu farklılığın bir diğer nedeni ise kişilerin benimsediği bilim

insanı figürünün daha maskülen olmasıdır (Pettitt vd., 1995). Bunun yanı sıra bazı öğrencilerin bilim insanlarının üstün yetenekli ve deha olduğu, bu özelliklerin de doğuştan geldiği fikrini savundukları belirtilmiştir (Rubin vd., 2003).

Öğrencilerin bir kavramı ve onun uygulamalarını, bir parçası oldukları gerçek dünya ile ilişkilendirebilmeleri anlamlı öğrenmenin bir gereksinimidir (Gonzalez vd., 2008). Yaşantımızdaki Kimya gibi gerçek hayatı irdeleyen dersler, öğrencinin farkındalığını geliştirerek kimya algısını etkileyebilir. Aynı zamanda yapılan araştırma, öğretmen adaylarının gerçek hayattaki olayların aslında birer kimyasal olaydan ibaret olduğunu anlamaları bakımından da oldukça önemlidir. Araştırma kapsamında, bu önem doğrultusunda öğretmen adaylarının kimya algılarının tespit edilmesi gerekliliği ortaya çıkmış ve kimya algısının nedenleri araştırılmıştır.

Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, 4. sınıf fen bilgisi öğretmen adaylarının kimya algılarını tespit etmek, “Yaşantımızdaki Kimya” gibi kimyanın güncel hayattaki uygulamalarını irdeleyen derslerin kimya algısı üzerindeki etkisini incelemek ve öğrencilerin kimya algılarını etkileyen nedenleri araştırmak şeklinde belirlenmiştir.

YÖNTEM

Araştırmanın Yöntemi

Araştırmada açıklayıcı durum çalışması (illustrative case study) yürütülmüştür. Açıklayıcı durum çalışmaları, bir veya iki olay yardımıyla durum hakkında bilgi veren betimsel çalışmalardır (Davey, 1991). Açıklayıcı durum çalışması okuyucuya hitap etmek için yalın bir dil kullanır ve az sayıda durum içerir (Davey, 1991).

Evren-Örneklem

Araştırmada yer alacak örneklemin, kimya bilimi ile ilgili kavramlar hakkında yorum yapabilmesi için kimya bilgisine ve kimyanın günlük hayattaki yeri hakkında bilgilere sahip olması gerekmektedir. Araştırmanın örneklemini oluşturan öğretmen adayları öğrenimlerinin ilk 3 yılında, Genel Kimya I, II, III ve IV dersleri ile Genel Kimya Laboratuvarı I, II ve Kimyada Özel Konular derslerini almışlardır. Dolayısıyla temel kimya konularını kavradıkları varsayılmaktadır. Özellikle kimyanın günlük yaşamdaki yerini ve önemini daha da ön plana çıkarabilmek için öğretmen adaylarının Yaşantımızdaki Kimya dersi kapsamında algılarının belirlenmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle çalışma, uygun örneklem olan 2014-2015 öğretim yılı bahar döneminde Bülent Ecevit Üniversitesi, Ereğli Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği 4. sınıfta okuyan ve “Yaşantımızdaki Kimya” seçmeli dersini alan 15 kız, 5 erkek toplam 20 öğretmen adayı ile yürütülmüştür. 20 kişi içerisinde seçkisiz seçilen gönüllü 5 öğretmen adayı (3 kız, 2 erkek) ile yarı yapılandırılmış mülakat yapılmıştır.

Çalışma kapsamındaki öğretmen adaylarının katıldığı Yaşantımızdaki Kimya dersinin amacı, öğrencilerin yaşamları sırasında çevresinde gözlemledikleri çeşitli olayların gerçekte birer kimyasal reaksiyondan ibaret olduğunu gösterebilmek ve bu olayları kimyasal açıdan değerlendirebilmelerini sağlamaktır. Bu sırada öğrencilerin günlük olaylar ile kimyasal bilgiler arasında ilişki kurmaları ve çok çeşitli örneklerle konuları daha iyi kavramaları beklenmektedir. Çevremizde ve yaşantımızda gerçekleşen çeşitli olayların kimyasal açıdan değerlendirilmesi ve öğrencilerin kimyasal bilgiler ile günlük hayatımızdaki olaylar arasında ilişki kurabilmesi amacıyla bu dersin içeriği; "Kimyanın Tanımı, Asitler ve Bazlar, Katalitik Olaylar ve Katalizörler, Atmosfer Kirlenmesi ve Ozon Tabakası, Kimya ve Yaşam için Su, Temizlik Maddeleri, Fosil Yakıtlar ve Alternatif Enerji Kaynakları, Sağlığımız ve Besinlerimiz, Maddenin Dördüncü Hâli-Plazma, Otomobillerdeki Hava Yastığı, Camlar ve Seramikler, Çimento ve Beton, Fotokimyasal Malzemeler ve Uzay Yolculuğu" şeklinde belirlenmiştir. Yaşantımızdaki Kimya dersi, haftada 2 saat olmak üzere toplam 28 ders saati içeren teorik bir derstir. Dersin öğretim planı ve diğer ayrıntılarına öğrenci bilgi paketinden ulaşılabilir (http://eobs.beun.edu.tr).

Veri Toplama Araçları

Araştırmada, öğretmen adaylarının kimya algılarını etkileyen nedenleri belirleyebilmek için Wells (2003) tarafından geliştirilmiş ve Tosun (2013) tarafından Türkçe'ye uyarlanmış "Kimya Algı Ölçeği" kullanılmıştır. Kimya algı ölçeği; cinsiyet, değer, tedirginlik, kimyanın kapsamı ve eğilim olarak 5 boyutu kapsayan 20 sorudan oluşmaktadır.

Çalışmada veri toplama aracını desteklemek ve çıkan sonuçların nedenini inceleyebilmek amacıyla yarı yapılandırılmış mülakat kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda seçkisiz 5 (3 kız, 2 erkek) öğretmen adayı ile yarı yapılandırılmış mülakat yapılmıştır. Çalışmada uygulanan mülakat protokolü ölçekteki 5 boyut göz önüne alınarak hazırlanmıştır. Mülakat, öğretmen adaylarının olguların oluşmasının arkasındaki nedenleri anlamalarına ve "Yaşantımızdaki Kimya" gibi kimyanın günlük hayattaki yerini irdeleyen derslerin kimya algısına yönelik etkisini incelemeye yardımcı olmuştur.

Verilerin Toplama Süreci ve Analizi

Öğretmen adaylarının kimya algılarını tespit etmek için "Kimya Algı Ölçeği" dönem başında uygulanmıştır. 5'li likert tipi ölçekteki maddeler "Kesinlikle Katılmıyorum" 1 puan, "Kesinlikle Katılıyorum" 5 puan olacak şekilde puanlandırılmıştır. Aritmetik ortalaması 2.60'ın altındaki maddelerde olumsuz görüşün, 3.40'ın üzerindeki maddelerde ise olumlu görüşün hâkim olduğu varsayılmıştır (Terzi, 2005). Kimya algı ölçeği 4. sınıf fen bilgisi öğretmen adaylarının var olan kimya algılarını tespit etmek ve çalışmada uygulanacak olan mülakat protokolünün hazırlanması için kullanılmıştır. Ölçek maddeleri göz önüne alınarak mülakat soruları hazırlanmış olup 2 öğretmen adayı ile pilot çalışma yapılmıştır. Dönem sonunda, ölçeğin alt

boyutları olan cinsiyet, değer, tedirginlik, kimyanın kapsamı ve eğilim odaklı yarı yapılandırılmış mülakat 5 öğretmen adayına uygulanmıştır. Her bir öğretmen adayının mülakat için gönüllü olduğu teyit edilmiş ve görüşmeler ses kayıt cihazı ile kaydedilmiştir. Mülakatta öğretmen adaylarına ölçekte yer alan maddeler soru cümlesi olarak yöneltilmiş ve verdikleri cevapların nedenleri sorgulanmıştır. Eğilim boyutunda öğretmen adaylarının öz yeterlik algılarını etkileyen faktörler, tedirginlik boyutunda kaygı düzeylerinin az ya da çok olmasının nedenleri, kimyanın kapsamı boyutunda Kimya dersi içeriği ile ilgili görüşleri, cinsiyet boyutunda cinsiyetin kimya başarısındaki etkisinin nedenleri, değer boyutunda ise kimyanın sosyal hayata etkisinin ne derecede olduğu incelenmiştir. Veriler eğilim, tedirginlik, kapsam, cinsiyet ve sosyal hayata etki boyutları tematik çerçeveyi oluşturacak şekilde betimsel olarak incelenmiş ve sonrasında kategoriler kapsamında nedenleri sorgulanmıştır. Güvenirliğin doğrulanması için veriler iki uzman tarafından ayrı ayrı incelenmiştir. İnceleme sonunda uzman görüşlerinin birbirleriyle tutarlı olduğu ve ortak kanıyı oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın iç geçerliğini sağlayabilmek için araştırmada öğretmen adaylarının görüşlerine yer verilmiştir.

Sınırlılıklar

Araştırma, Yaşantımızdaki Kimya dersini alan öğretmen adayları ile yürütülmüş ve söz konusu dersin seçmeli ders olmasından dolayı öğretmen adaylarının sınırlı bir kısmına ulaşılabilmektedir. Çalışmanın örneklemini oluşturan bireylerin büyük bir kısmı bayanlardan oluşmaktadır. Cinsiyet ve sınıf düzeyi açısından eşit ve daha büyük bir örneklemele yürütülecek bir çalışmanın sonuçları fen bilgisi öğretmen adayları için genellenebilir.

BULGULAR

Veri toplama aracı ile toplanan veriler ölçeğin içerdiği 5 boyut altında ayrı ayrı incelenmiştir. Tablo 1’de öğretmen adaylarının cinsiyet boyutunda elde ettiği puan ortalamaları verilmiştir.

Tablo 1: Ölçeğin "Cinsiyet" Boyutundan Elde Edilen Öğretmen Adaylarının Puan Ortalamaları

Ölçek Maddeleri	$\bar{x}$
Kimya alanında erkekler, bayanlara göre daha iyidir.	2,32
Bayanların kimyada başarılı olması beklenmez.	1,16
Kimya erkeklere özgü bir bilim dalıdır.	1,58
Kimya erkekler için daha kolaydır.	1,89
Kimya bayanlar için daha zordur.	1,84

Tablo1 incelendiğinde, öğretmen adaylarının kimya alanında bayanların daha zayıf olmadığını, bayanların başarılı olmalarının beklendiğini, erkeklere özgü bir bilim dalı olmadığını, erkekler için daha kolay olmadığını ve bayanlar için ise daha zor olmadığını düşündükleri ortaya

çıkıştır. Mülakat sonuçlarına göre 2 öğrenci erkeklerin kimya alanında bayanlardan bir miktar daha başarılı olduğunu savunmaktadır. Öğrenciler bunun nedenini erkeklerin;

- "Ezberlemekten ziyade yorumlama kabiliyetlerinin daha iyi olması" ve
- "Gündelik hayat ve kimya konuları arasında kolayca ilişki kurabilmeleri" şeklinde açıklamaktadırlar.

3 öğrenci ise cinsiyetin kimya alanındaki başarı üzerine etkisi olmadığını savunmaktadır. Toplumda erkeklerin kimyada daha iyi oldukları algısının varlığını kabul ettikleri, bunun nedenini ise erkeklerin kimya ile daha ilgili olmalarına bağladıkları açığa çıkmıştır. Fen bilgisi öğretmen adaylarının cinsiyete göre erkekleri az da olsa daha avantajlı gördükleri, fakat bayanların da yeteri kadar ilgi göstermesi halinde cinsiyetin etkisinin minimize edileceği kanısında oldukları sonucuna varılmıştır. Tablo2'de öğretmen adaylarının ölçeğin değer boyutundan elde ettikleri puan ortalamaları verilmiştir.

Tablo 2: Ölçeğin "Değer" Boyutundan Elde Edilen Öğretmen Adaylarının Puan Ortalamaları

Ölçek Maddeleri	$\bar{x}$
Kimya toplumu olumlu yönde etkilemektedir.	4,63
Herkes biraz kimya bilmelidir.	4,68
Kimya yarardan çok zarar verir.	1,21
Kimya yaşamımı iyileştirdi.	4,16
Kimya günlük yaşam problemlerini çözmek için yararlıdır.	4,48

Tablo 2 incelendiğinde, öğretmen adaylarının kimyanın toplumu olumlu yönde etkilediğini, herkesin biraz kimya bilmesi gerektiğini, kimyanın yararlı olduğunu, yaşamı kolaylaştırdığını ve problemlerin üstesinden gelmede yardımcı olduğunu düşündükleri açığa çıkmıştır. Mülakat sonuçlarına göre 4 öğretmen adayı insanların "hayatlarını kolaylaştıracak kadar" kimya bilmeleri gerektiğini savunmaktadır. 1 öğretmen adayı ise her insanın "mutlaka" kimya bilmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu durum;

- "Arı soktuğu zaman karbonat sürülmesi tavsiye edilir. Bal arısının zehri asidik olduğu için bu doğru bir çözümdür. Peki ya zehri bazik olan eşek arısı soktuysa...? Dağ başındaki çoban bile kimya bilmeli. En azından hayatını kolaylaştıracak kadar bilmeli." şeklindeki cümlelerinden de anlaşılmaktadır.

Günlük hayatta karşılaştığımız olay ve olguların kimya bilimine dair gerçeklere dayandığı ve bu nedenden dolayı kimya bilgisine sahip olmanın hayatı kolaylaştıracak görüşüne ulaşılmıştır. Öğrenciler genel kimya bilgisinin herhangi bir insan için yeterli olacağını belirtse de sadece teorik bilginin yetmeyeceği, günlük hayat ile ilişkilendirilmesinin gerekliliğini savunmaktadırlar. Bu bağlamda, kimyanın gündelik hayat içerisindeki yerini vurgulayan derslerin önemi açığa çıkmaktadır. Tablo 3'te öğretmen adaylarının tedirginlik boyutunda elde ettiği puan ortalamaları verilmiştir.

Tablo 3: Ölçeğin "Tedirginlik" Boyutundan Elde Edilen Öğretmen Adaylarının Puan Ortalamaları

Ölçek Maddeleri	$\bar{x}$
Kimya laboratuvarlarında araştırma yaparken yaralanmaktan korkuyorum.	2,33
Kimya dersi işlenirken tehlikeli kimyasallara maruz kalabilirim diye korkuyorum.	2,08
Kimya laboratuvarında çalışmak beni tedirgin ediyor.	1,92

Tablo 3 incelediğinde, öğretmen adaylarının genelde kimya derslerinden ve laboratuvarlardan tedirgin olmadıklarını düşündükleri belirlenmiştir. Mülakat sonuçlarına göre öğrenciler lisede aktif olarak laboratuvar kullanmadıklarını, birinci sınıfta ilk kez laboratuvara girmenin tedirginliğini yaşadıklarını belirtmişlerdir.

- "Yanlış yaparsam diye korkuyordum. Öğrendikten sonra korkum kalmadı."
- "Lisede hep hocalar yapıyordu. Şimdi ben yapıyorum, bu işin hocası ben oldum. Korkmama gerek yok."
- "Yanlışlıkla çamaşır suyu ile deterjanı karıştırmanın ölümle sonuçlanacağını bilen insan, laboratuvardan korkmaz!"

Öğretmen adaylarının kimyaya karşı olan tedirginlik ve korkularının temel nedenin bilgi eksikliği olduğu düşünülmektedir. Tablo 4'te öğrencilerin kimyanın kapsamı boyutunda elde ettiği puan ortalamaları verilmiştir.

Tablo 4: Ölçeğin "Kimyanın Kapsamı" Boyutundan Elde Edilen Öğretmen Adaylarının Puan Ortalamaları

Ölçek Maddeleri	$\bar{x}$
Kimya bilimi çok fazla matematik içermektedir.	2,42
Kimya bilimi çok zordur.	1,84
Kimya biliminde çok fazla konu ve kavram vardır.	3,37
Kimya bilimi ilişkisiz birçok olguyu öğrenmeyi gerektirir.	2,17

Tablo 4 incelendiğinde, öğretmen adaylarının kimyanın çok fazla matematik içermediği, çok zor olmadığı, fakat çok fazla konu ve kavram içerdiğini düşündükleri anlaşılmaktadır. Ancak öğretmen adayları kimyanın, ilişkisi olmayan birçok olgunun da öğrenilmesini gerektirmediğini düşünmektedirler. Mülakat sonuçlarına göre öğretmen adayları birinci sınıfa başlarken kimyanın geniş kapsamlı olmasından dolayı çekindiklerini, fakat kavramların birbiri ile ilişkili olmasından dolayı zorlanmadıklarını belirtmişlerdir. Öğretmen adayları Yaşantımızdaki Kimya dersini aldıktan sonra kimyanın kapsamının tahminlerinden daha geniş olduğunu belirtmişlerdir. Konu kapsamının geniş olmasına rağmen konuların günlük hayattaki işlevini kavradıkları, karşılaştıkları olayları ve olguları bilimsel gerçeklerle ilişkilendirip

yorumlayabildikleri için tedirginliklerinin azaldığı gözlenmiştir. Tablo 5'te öğretmen adaylarının eğilim boyutunda elde ettiği puan ortalamaları verilmiştir.

Tablo 5: Ölçeğin "Eğilim" Boyutundan Elde Edilen Öğretmen Adaylarının Puan Ortalamaları

Ölçek Maddeleri	$\bar{X}$
Kimya dersini ilginç buluyorum.	4,10
İyi bir kimyacı olabilirim.	3,79
Kimyada başarılı olabilmek için yeterli matematik ön bilgisine sahip değilim.	1,74

Tablo 5 incelendiğinde, öğretmen adaylarının kimya dersini ilginç buldukları ve iyi bir kimyacı olduklarını düşündükleri belirlenmiştir. Öğretmen adayları kimyada başarılı olabilecek kadar yeterli derecede matematik bilgisine sahip olduklarını düşünmektedirler. Mülakat sonuçlarına göre hayatın her anında kimya ile karşı karşıya geldikleri için kimyayı ilginç bulduklarını ve sevdikleri bir alan olduğu için iyi birer kimyacı olabileceklerini dile getirmişlerdir. Öğretmen adayları gerek günlük hayatta, gerekse öğretmenlik hayatlarında karşılaşacakları kimya problemleri için sahip oldukları temel matematik bilgi ve becerilerinin yeterli olacağını, eksik oldukları kısımlarda ise araştırarak gerekli bilgiyi edinebileceklerini belirtmişlerdir.

Son olarak öğretmen adaylarına, Yaşantımızdaki Kimya dersinin üniversite eğitiminde hangi dönem verilmesi gerektiği sorulduğunda, dersin mümkün olduğu kadar erken, hatta birinci sınıfta verilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Öğretmen adaylarına Genel Kimya dersinde de gündelik hayata dair örnekler verildiği hatırlatılarak, Yaşantımızdaki Kimya dersinin neden etkili olduğu sorulduğunda, dersin amacının farkındalık yaratmak olduğunu ve birinci sınıfta henüz yeterli kimya bilgisine sahip olmadıklarını belirtmişlerdir. Bu görüşler doğrultusunda Yaşantımızdaki Kimya gibi kimyanın pratik boyutunu açığa çıkaran derslerin, öğrencilerin temel kimya bilgisini edindikten sonra almaları gerektiğinin öğrenciler tarafından vurgulandığı anlaşılmıştır.

- *"Öğretmenlik uygulaması için gittiğimiz okullarda öğretmenlerin derste verdiği örnekler de derste işlediklerimize benziyordu.*
- *İlgi çekmek için verilen örnekler sanıyorduk. Halbuki hayatın kendisi kimyaymış."*

cümlelerinden de anlaşılabacağı üzere kimya yaşamın içinde yer almakta ve öğrenciler tarafından da ilginç bulunmaktadır.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular incelendiğinde, öğretmen adaylarının kimya alanında bayanların erkeklerden daha zayıf olmadığını, bayanların başarılı olmalarının beklendiğini, kimyanın erkeklere özgü bir bilim dalı olmadığını, erkekler için daha kolay olmadığını ve bayanlar için de daha zor olmadığını düşündükleri ortaya çıkarılmıştır. Toplumda erkeklerin kimyada daha iyi oldukları algısının varlığını kabul ettikleri, bunun nedenini ise erkeklerin kimyaya daha ilgili olmalarına bağladıkları açığa çıkmıştır. Alan yazında erkek öğrencilerin

lehine benzer sonuçlar yer almaktadır ve bunun temel nedeninin ilgi eksikliği olduğu belirtilmiştir (Barton, 1998; Pettitt, vd., 1995). Fen bilgisi öğretmen adaylarının cinsiyete göre erkekleri daha avantajlı gördükleri, fakat bayanların da yeteri kadar ilgi göstermesi halinde cinsiyetin etkisinin minimize edileceği sonucuna varılmıştır. Değer boyutu incelendiğinde, öğrencilerin kimyayı çok yararlı bir bilim dalı olarak algıladıkları belirlenmiştir. Günlük hayatta karşılaştığımız olay ve olguların kimya bilimine dair gerçeklere dayandığı ve bu nedenden dolayı kimya bilgisine sahip olmanın hayatı kolaylaştıracağı görüşüne ulaşılmıştır. Bu bağlamda, kimyanın gündelik hayat içerisindeki yerini vurgulayan derslerin önemi açığa çıkmaktadır. Öğrencilerin kimyaya karşı duydukları tedirginlik ve korkunun temel nedeninin bilgi eksikliği olduğu kanısına varılmıştır. Öğrenciler için kimyanın kapsamının geniş olmasından ziyade, teorik kimya bilgilerini pratiğe dökememenin problem yarattığı tespit edilmiştir. Kavramların çok olması, bu kavramların nerede ve nasıl kullanılacağını öğrencilerin bilmemeleri onlarda tedirginlik yaratmaktadır. Kimya bilgilerini gündelik hayatta kullanabilmeleri sağlandığı takdirde, kimyanın kapsamının geniş olmasının dezavantajdan ziyade avantaja dönüşeceği savunulabilir.

Hayatın her anında kimyadan izler bulan öğretmen adayı hayatı kolaylaştırdığını bilecek, kimya ile uğraşmaktan zevk alacaktır. Zevk aldığı ve başarabildiği için kimyadan korkmayacaktır. Bu nedenlerden ötürü herkesin kimya öğrenmesini teşvik edecektir. Cinsiyet bağlamındaki temel farkı yaratan unsurun ilgi olmasından dolayı, kızların da erkekler kadar ilgilenmesi sağlandığı takdirde kızların kimya algılarının olumlu yönde değiştirilebileceği anlaşılmıştır. Kimyanın günlük hayattaki yerini vurgulayan derslerin, öğrencilerin kimyaya yönelik ilgilerini artıracığı düşünülmektedir. Öğretmenlerin inanışının eğitim faaliyetine dair kararlarını etkilediği için (Veal, 2004), öğretmen adaylarının inanışlarının incelenmesi ve olumlu yönde geliştirilmesi gerekmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda kimya ile günlük hayattaki olaylar arasındaki ilişkiyi irdeleyen derslerin öğretmen adaylarının mesleki manada gelişimlerini olumlu yönde etkileyeceği savunulmaktadır. Bu nedenden dolayı "Yaşantımızdaki Kimya" gibi derslere gereken önem ve değer verilmelidir. Kimyanın pratik boyutunu açığa çıkaran derslerin, öğrencilerin temel kimya bilgisini edindikten sonra alması öğrenciler için daha yararlı olacaktır.

KAYNAKÇA

- Barton, A. C. (1998). *Feminist Science Education*. New York: Teachers College Press.
- Beaton, A., Martin, M. O., Mullis, I., Gonzalez, E. J., Smith, T. A. & Kelley, D. L. (1996). *Mathematics Achievement in the Middle School Years. IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)*. Boston College, Center for the Study of Testing, Evaluation, and Educational Policy, Campion Hall 323, Chestnut Hill, MA 02167
- Berber, N. C., & Güzel, H. (2008). Fen ve matematik öğretmen adaylarının modellerin bilim ve fende rolüne ve amacına ilişkin algıları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21, (87-97).
- Büyüköztürk, S., Kılıç Çakmak, E., Akgün, O. E., Karadeniz, S. & Demirel, F. (2009). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademi.

- Christidou, V. (2011). Interest, attitudes and images related to science: combining students' voices with the voices of school science, teachers, and popular science. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(2), 141-159.
- Davey, L. (1991). The application of case study evaluations. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 2(9).
- Fishbein, M., & Raven, B. H. (1962). The AB scales: An operational definition of belief and attitude. *Human Relations*, 15(1), 35-44.
- González, H. L., Palencia, A. P., Umaña, L. A., & Galindo, L. (2008). Mediated learning experience and concept maps: a pedagogical tool for achieving meaningful learning in medical physiology students. *Advances in physiology education*, 32(4), 312-316.
- Halpern, D. F. (2013). *Sex differences in cognitive abilities*. New York: Psychology press.
- Karasar, N. (1999). *Bilimsel araştırma yöntemi: Kavramlar, ilkeler, teknikler*. Ankara: Nobel Yayınevi.
- Özden, M. (2007). Kimya öğretmenlerinin kimya öğretiminde karşılaştıkları sorunların nitel ve nicel yönden değerlendirilmesi: Adıyaman ve Malatya illeri örneği. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(2), 40-53.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62, 307-332.
- Pettitt, L. M., Patrick, J. A. & Sternitzke, M. E. (1995). *Middle school students' perceptions of math and science abilities and related careers*. Society for Research in Child Development, Indianapolis sunulmuş poster. Erişim tarihi: 15.03.2016, <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED380663.pdf>.
- Rennie, L. J., & Dunne, M. (1994). Gender, ethnicity, and students' perceptions about science and science-related careers in Fiji. *Science Education*, 78(3), 285-300.
- Rubin, E., Bar, V. & Cohen, A. (2003). The images of Scientists and Science among Hebrew- and Arabic-speaking pre-service teachers in Israel. *International Journal of Science Education*, 25, 821-846.
- Scheffler, I. (1963). *Conditions of Knowledge* (Chicago, IL: Scott, Foresman and Company).
- Simpson, R. D., & Oliver, J. S. (1990). A summary of major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students. *Science education*, 74(1), 1-18.
- Tosun, C. (2013). Açıklayıcı ve doğrulayıcı faktör analizi ile kimya algı ölçeği'nin türkçe'ye uyarlanması. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 7(1), 142-165.
- Trautwein, U. & Lüdtke, O. (2007). Epistemological beliefs, school achievement, and college major: A large-scale longitudinal study on the impact of certainty beliefs. *Contemporary Educational Psychology* 32(3), 348-366.
- Veal, W. R. (2004). Beliefs and knowledge in chemistry teacher development. *International Journal of Science Education*, 26(3), 329-351.
- Wells, R.R. (2003). The development of an instrument to assess chemistry perceptions. Yayınlanmamış doktora tezi. Texas Tech University.

EXTENDED ABSTRACT

PURPOSE

Effect of attitude and beliefs on achievement is the focus of lots of studies. Studies related to conceptions are conducted to analyze both attitude and beliefs. This study is conducted to the following:

- analyze the prospective elementary science teachers' chemical perceptions,
- analyze the factors affecting prospective science teachers' perceptions about chemistry, and
- analyze the effect of daily life-related chemical courses, such as "Chemistry in Daily Life", on chemical perceptions.

METHOD

This study is conducted in the spring semester of 2014-2015 academic years with 20 fourth grade prospective elementary science teachers who enrolled "Chemistry in Daily Life". As data collection instruments were used from chemical perception scale and semi-structured interview. Chemical perception scale was developed by Wells (2003) and adapted to Turkish by Tosun (2013). Chemical perception scale consists of 20 questions in 5 dimensions. The instrument was at the beginning to identify prospective elementary science teachers' chemical perceptions. At the end of the study, semi-constructed interview was performed with 5 prospective teachers. The purpose of the interview was to analyze the affecting factors on perceptions and effect of "Chemistry in Daily Life" on perceptions. In this study, affecting factors on chemistry perception are addressed.

RESULTS

Prospective elementary science teachers (PESTs) do not perceive chemistry as a gender-specific science. Men are more dominant in chemistry; however women can also be successful in it. Men are more successful and dominant, because they prefer to interpret rather than memorizing. Also men easily integrate chemical concepts to daily life and make connection between chemical concepts and daily life phenomena.

PESTs agree on benefit of chemistry on life. Besides they emphasize the necessity of fundamental chemistry knowledge for each member of society. Results show that chemical anxiety is inversely related to chemical knowledge and experience. PESTs claim their anxiety is reduced when they learned chemistry and perceived the role of chemistry in life. Extent of chemistry is another source of anxiety. If they have superficial knowledge about chemistry, they become anxious about the extent of chemistry. When they learned chemistry in detail, they had chance to make connection between concepts. So PESTs do not perceive the extent of chemistry as disadvantage. It is even an advantage if they have enough knowledge. PESTs find chemistry interesting and they told that they became curious when they discover the function of chemistry in life.

DISCUSSION AND CONCLUSION

PESTs do not make discrimination about gender role in chemistry; however, they claim that chemistry is more favorable for men, with respect to women. The main reason for this fact is interest. Men are more interested about chemistry and its applications (Barton, 1998; Pettitt *et al.*, 1995). Discrimination of the gender could be completely diminished if women become more interested in chemistry. PESTs esteem the importance of chemistry in life and it could be improved by facilitating to make connection between chemistry and daily life phenomenon. Source of chemistry anxiety is mainly from the lack of knowledge. If PESTs are well equipped about chemistry they could make connection between chemical concepts. Teaching the importance and role of chemistry in daily life could be helpful to overcome these obstacles. Courses about role and importance of chemistry, such as "Chemistry in Daily Life", may increase the interest, reduce anxiety, and facilitate meaningful learning. By the way, pre-service teachers' perceptions are improved and it is crucial for professional development.

Düşünme ve Düşünce Analizinden Deney Tasarımına

Nihat Aycan^{1*}, Hediye Şule Aycan¹

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

Öz: Çalışmanın amacı, felsefe eğitiminin temel kavramlarından düşünme ile düşüncenin açılımını; analitik felsefe ve yapı-bozucu felsefe temelinde tartışmak ve kimya için önemini belirtmektir. İlkokuldan üniversiteye kadar, üniversite dâhil; öğrencilere, kimya laboratuvarlarında yapacakları deneyler reçete halinde sunulmakta ve onların buna göre deney yapmaları istenmektedir. Öğrenci, derslerde kazandığı düşünceyle, deneyi tasarımıyabilmeli ve pratik düşünme yetisiyle de, deney tasarımı gerçekleştirebilmelidir. Bu nedenle düşünce ve düşünmenin, kimya eğitimi bakımından da tanıtılması önemlidir. Çalışma yönteminde bütüncül yaklaşım benimsenmiş, betimsel tarama yöntemi kullanılmış ve doküman analizi yapılmıştır. Çalışmada düşünme ve düşünce kavramları ile ortaya çıkmalarını hazırlayan kişisel, sosyokültürel faktörler ve kavramların birbirinden farkı, özgünlükleri ve önemleri değerlendirilmiştir. Sonuçta düşünme eğitiminin, kimya eğitiminde verilme koşulları belirtilmiş ve düşünme eğitiminin, öğrenciler ile öğretim elemanlarına katkısı sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kimya eğitimi; felsefe; düşünce; düşünme.

Thought and from Thinking Analysis to Experiment Design

Abstract: The purpose of the current study is to discuss thought with extension of thinking, one of the main concepts of philosophy education, on the basis of analytical philosophy and philosophy of decomposition and to explain its importance for chemistry. From elementary school to university, experiments to be conducted by students in chemistry laboratories are given them like recipes and they are asked to make their experiments according to these recipes. In fact, by using the thinking style imparted to students in class, they must design an experiment and through the practical thinking skills they have gained again in the class, they must conduct the experiment according to this design. Therefore, understanding thought and thinking in relation to chemistry education is of great importance. In the methodology of the current study, holistic approach was adopted. Descriptive survey method was used and document analysis was conducted. In the study, the difference between the concepts of thought and thinking and personal and socio-cultural factors and concepts giving rise to their emergence and their uniqueness and importance were evaluated. As a result, the conditions in which the instruction about the concept of thinking could be integrated into chemistry education were discussed. Finally, the conditions of thinking instruction to students and teachers was explained and contribution of thinking instruction to students and teachers was given.

Keywords: Chemistry education; philosophy; thought; thinking.

GİRİŞ

Bütün bilimlerde bilimselliğin temellini oluşturan düşünme ve düşünce, felsefi nitelikli iki kavramdır. Bu kavramlar, problem çözme ve karar vermedeki etkileri nedeniyle, bilim yapmada oldukça önemlidir. Düşünme ve düşünce, birbirlerinin devamı, hatta etki ve sonucu şeklinde bir süreç izlediğinden; bu kavramlar, düşünen varlıklar olarak insanları, insan altı varlıklardan ayıran temel niteliğe sahiptir(Akdemir, 2004; Semerci, 1999; Ülger, 2012). Son zamanlara kadar hem düşünme hem düşünceye gereken önem verilmediği için, üzerlerinde yeterince durulmamış; dolayısıyla çoğu kez, bir birinin yerine kullanılmıştır (Arslan, 2005; Çüçen, 2003). İncelenen kavramdan düşünme, ülkemiz okullarında düşünme becerisi şeklinde belirlenerek ayrı bir ders düzeyine çıkarılmış ve eleştirel düşünme, yaratıcı düşünme, özenli düşünme gibi türleri belirtilip, açıklanmıştır (Dombaycı, Ülger, Gürbüz, Arıboyun, 2011). Düşünme ve düşünce kavramları, diğer bilimlerde olduğu gibi, kimya ile de ilişkilendirilmeli ve kimyacılarla tanıştırılmalıdır. Bu iki kavramdan hareketle, dikkatler felsefeye çekilip, felsefi düşünme ve bakış açısı hakkında farkındalık yaratılırsa; kimyanın felsefi boyutu, kimya felsefesinin önemi; düşünme ve düşüncenin, yaratıcı düşünce, sorgulama temelli bütüncül yaklaşım ve eleştirel görüş gibi bazı türleri ile daha somut şekilde kavranılacak ve kimyacılar da, mesleklerinde daha yetkin olacaklardır (Aycan, Aycan, 2014).

Çalışmanın amacı, kimya biliminin felsefe ile ilişkisini, felsefenin iki temel kavramı olan düşünme ve düşünceyi tanıtarak açıklamaktır. Buna göre bilim kadar, felsefe yapma ya da felsefe eğitiminin temel kavramlarından düşünme ve düşüncenin açılımı; analitik felsefe ve yapı-bozucu felsefe temelinde tartışılıp, kimya için önemi belirtilmiştir. Çünkü ilkokuldan üniversiteye kadar, hatta üniversite de dâhil; öğrencilere, fen ve kimya laboratuvarlarında yapacakları deneyler reçete halinde sunulmakta ve onların buna göre deney yapmaları istenmektedir. Öğrenci, derslerde kazandığı düşünce ile deneyi yapabilmekte, bunun için ayrıca düşünmeye gereksinim duymamakta; pratik düşünme yetisiyle bile, deney yapımını gerçekleştirebilmektedir. Bu nedenle düşünce ve düşünmenin, kimya eğitimi bakımından da tanıtılması önemlidir.

YÖNTEM

Nicel ve nitel araştırmalarda kullanılan yöntemler, betimsel, deneysel, analitik ve yorumlayıcı yöntemler şeklinde dört ana başlıkta ya da sabit desenler, esnek desenler ve karma yöntem desenleri şeklindedir (Çepni, 2014; Robson, 2015).

Bir durum saptaması olan bu nitel araştırmada, betimsel yöntem kullanılmış; tek bir durumdan ne öğrenilebileceğine dikkat çekilmiştir (Yıldırım, Şimşek, 2008; Glesne, 2013). Çalışmada bütüncül yaklaşım benimsenmiş, düşünme ve düşünce gibi iki felsefi kavramın analizi yapılmıştır. Analiz, belirli dokümanların sistematik bir şekilde incelenmesini hedefler. Her bilim alanında olduğu gibi eğitim bilimleri alanında da, yurt içi ve yurt dışı bilimsel dergilerde yayımlanmış

çalışmalarda doküman analizi oldukça fazla kullanılan bir yöntemdir (Mee, Lan, Chin, 2009; Ritter et al., 2009; Karadağ, 2010; Çepni, 2014; Ulutaş ve ark., 2015). Dokümanlar, belirli formata göre hazırlanarak standart hale konulmuş eserlerdir (Wolff, 2004). Doküman incelemesi, çalışılmak istenilen olay veya olguya ilişkin bilgiyi içeren dokümanların analiz edilmesidir (Bailey, 1994; Yıldırım, Şimşek, 2008; Colin, 2015).

Bu inceleme, araştırma öznelerinden doğrudan veri elde edilmesinin mümkün olmadığı deneysel olmayan durumlarda, sabit desenler şeklinde kullanılan örtük (unobtrusive) yöntemler altında sınıflandırılan (Webb et all., 2000) ve bağımsız bir araştırma yöntemi olarak ele alınan, doküman analizi çerçevesinde yapılmıştır (Küçük, Aycan, 2014).

DÜŞÜNME VE DÜŞÜNCE NEDİR?

Yalın olarak Düşünce, bilim alanında ortaya konulmuş kavramlar, kuramlar ve yasalardır. Farklı düşüncelerin ya da kavram, kuram ile yasaların sentezinden, tasarımıından da, düşünmeye ulaşılır (Merriam-Webster: Dictionary and Thesaurus, Thinking). Kişiler düşünme yetisiyle, nasıl sorgulayıcılık, yaratıcılık kazanıp, düşünceden düşünmeye geçiş sağlıyorsa; kimyacılar da, aynı yolu izleyerek, düşünceleri deneylerle desteklemek için, reçetelerini kendileri hazırlamalıdır.

Düşünmenin iki türü vardır. Birincisi, hayat ağacımızı oluşturan gündelik, pratik düşünme; diğeri bilimsel, refleksif düşünmedir. Gündelik düşünme, sade anlamıyla; *karşılaştırmalar yapma, ayırma, birleştirme, bağlantıları ve birimleri kavrama yetisi* ya da zihinde bir şey kurmak, tasarlamak, muhakeme emek, düşünme yetisine sahip olmayı, ifade eder (Türk Dil Kurumu, 2012; Merriam-Webster, Dictionary and Thesaurus). Gündelik düşünme, daha çok pratik hayatta kullanılır. Bilimsel, refleksif düşünme ise bir konu üzerinde sistematik şekilde düşünerek zihinden geçirme etkinliğidir. Düşünme, bilgiye ya da düşünceye ihtiyaç duyar. Düşünme yolculuğuna çıkarken, yolculuğa boş bir şekilde çıkmayız. Bize yardımcı olan tarihsel, sosyal ve kültürel ortamlardan beslenen donanımlar, düşünceler vardır. Düşünme geleneğimiz ne kadar köklü ise, düşünme yolculuğumuzda da kendimize o kadar güvenli bir yol çizeriz (Taşdelen, 2012). Bunun için felsefe grubu alanına giren her düzeydeki felsefe ya da kimya felsefesi eserlerinden, o denli geniş okumalar yapmalıyız ki, düşünme malzememiz bol olsun; bakış açımız da genişlesin .

Düşünme deneme, yeniden deneme ve kavrama, kurma olup; kaynağı merakı dayanır. Merak, mevcut cevaplarla yetinmemek, tatmin olmamak, onlardan kuşku duymak, bilme, anlama isteğiyle, ikna olmaya ulaşmayı aramaktır. İknada da “bu, budur” demek, düşünmeyi mutlaklaştırır, yolunu keser. Bunun yerine “ben böyle düşünüyorum” demek, düşünmeye yeni ufuklar, yeni yollar ve yeni çareler açar (Taşdelen, 2012).

Doğru düşünme, değişmez doğru ve ilkeleri makul ölçülere indirmekle sağlanır. Bu tutumdan vazgeçilirse ezberleme artar, düşünmeye duyulan ihtiyaç azalır, sorunlar karşısında çözüm üretme kapasitesi oldukça zayıflar.

Düşünme İle Düşüncenin Farkı:

Düşünmenin hem ön koşulu, hem de ortaya çıkış süreci ve nedeni olan düşünceyi, düşünmeden ayırmak güçtür. Güçlük, birbirlerine olan yakınlıklarından, yakınlıklarının adeta et ve kemikte olduğu gibi; birlikteliklerinden, birlikte var olmalarından ileri gelir. Bununla birlikte, düşünme ve düşünce dikkatle incelendiğinde, aralarında önemli bir fark olduğu anlaşılır.

Düşünme, yüklem, yani iş, eylem, oluşturmaktır. Düşünce ise, nesne, yani öznenin yaptığı iş, eylemden etkilenen ögedir. Başka deyişle, düşünme yüklemi geçişli fiil olan, yani nesne alabilen cümlelerde bulunur. Bu nedenle düşünürken, kendi kendimizle konuşur, kendimize sorar ve söyleriz. Düşünce ise, başkalarıyla diyalogumuz; onlara, düşünmemizi yazılı, sözlü duyurmamızdır. Kısaca düşünce, düşünme eylemlerinin sonunda ortaya çıkan, başkaları için de varlık bulan üründür. Sistematiik ifadeyle, düşünme; kişinin kendi içerisinde bir faaliyet iken, düşünce ise düşünmenin başka bilinçlere ulaşmış halidir (Taşdelen, 2012; Mengüşoğlu, 1983).

Düşünmenin Oluşmasını, Ortaya Çıkmasını Hazırlayan Faktörler ve Boyutları:

Düşünmenin oluşmasını ve ortaya çıkmasını hazırlayan faktörler çeşitlidir. Bunlar; kendi görüşlerinin farkına varma, kendini sorgulama, meraklı olma ve o konuyla ilgili geniş bilgi edinme, güvenilir gerekçeleri sorgulama, etkili soru sorma, sözlü ve yazılı dili etkili kullanabilme, alternatif görüş ve düşüncelere karşı esnek olma ve şüpheli kararları yargılama şeklindedir. Bu nedenle düşünme, kısıtlamaları olmayan, özgün, inisiyatif alınabilecek ortamlarda ortaya çıkar (Çıtak, Uysal, 2012).

Düşünmenin oluşmasını ve ortaya çıkmasını hazırlayan faktörlerden de anlaşılacağı gibi, düşünme, beş boyuttan oluşur. Birincisi, *bilişsel farkındalık* (kendini kontrol, dikkat, tutum) iken, ikincisi; *eleştirel, yansıtıcı ve yaratıcı düşünme*dir. Üçüncüsü; *düşünme süreçleri* (araştırma, anlama, düzenleme, ilke oluşturma, kavram oluşturma, sorun çözme, karar verme ve sözle anlatım), dördüncüsü; *temel düşünme becerileri* (hatırlama, odaklaşma, bilgi toplama, düzenleme ile düşünme süreçlerini aşamalı şekilde ele alma), beşincisi; *konu alanı bilgisi* (öncekilerle birleşip düşünmenin anlamlı hale gelmesi) şeklindedir (Mutlu, Aktan, 2011).

DÜŞÜNME EĞİTİMİ

Düşünme eğitimi, Sokrates, Platon ve Aristoteles gibi felsefenin kurucularına kadar gerilere giden bir geçmişe sahiptir. Felsefenin kurucularından sonraki düşünme eğitimi, Locke, Rousseau ve Kant ile de devam etmiş ve günümüze kadar gelmiştir. Bu eğitimle, her çağ ve dönemde, doğru

düşünme tutumları ile doğru düşünme yolları öğretilmek istenmiştir. Doğru düşünme tutumlarından ise çelişkilere düşmeden, belli bir düzen içerisinde, analiz ve sentezlerle, düşüncenin başı ile sonu arasındaki bir bağlantının, akışın, bütünlüğün sağlanarak derinlikli düşünülmesi anlaşılır. Derinlikli düşünmede de, belli bir sorun üzerinde, bilimin ışığında, soruları geçiştirmeden, aceleye getirmeden, üstünü örtmeden belli bir sıra ve düzende, detaylı, etik kurallarla, sabırlı, soğukkanlı ve sağduyulu bir düşünme faaliyeti sürdürme anlaşılır (Taşdelen, 2012; Ülger, 2012).

Düşünce eğitimi, farklı olanı yüceltmeye dayanır. Düşüncenin farklı olması için de, kişilerde; sorabilme, sorgulayabilme, eleştirebilme gibi niteliklerin olması gerekir. Eğitim nasıl aileden başlıyorsa, düşünme eğitimi de yine ailede, ancak; hoşgörülü, demokratik yapıdaki bir aile ortamında, bu düşüncenin özgür bir şekilde ifade edilmesi ve karşılaşılan sorunlara, pratik ve yararlı çözümler üretilmesi ile başlar.

Düşünme eğitime öğrencilerin özgür oldukları, sesli düşünüp soru sorabilecekleri bir sınıf ve okul ortamı oluşturularak başlanılmalıdır. Bu şekildeki bir düşünme eğitimiyle öğrencilerin dinleme ve grup tartışmalarına katılımlarının artırılarak, orijinal fikirli olmalarının da temelleri atılır. Düşünme eğitimi böyle bir tutumla kazandırma, öğrencilerin kişilik ve ahlak gelişimlerine yardımcı olduğu gibi; bütün bu yapılanlar da, eğitimin kalitesini artırır. (Mutlu, Aktan, 2011). Düşünme eğitimindeki bu gerçeklik, Milli Eğitim Bakanlığı tarafından fark edilip, 2006-2007 eğitim öğretim yılından itibaren, okul öncesi eğitim kurumlarının programlarına "düşünme eğitimi" içerikli birçok beceri etkinlikleri" konulurken; ilköğretim kurumlarının 6., 7. ve 8. sınıfların eğitim programlarına da, her sınıf düzeyinde seçilebilen, hatta üç düzeyde de seçme fırsatı verilen "düşünme eğitimi" dersi konulmuştur (Ülger, 2012).

Yapılan bir araştırmaya göre öğretmenler, düşünme eğitiminin yararının farkındadır. Onlar, bu eğitimin öğrencilere kazandırılması konusunda, yüksek oranda olumlu görüş belirtmişlerdir (% 65). Diğer yandan, öğretmenlerin düşünme eğitimi ile ilgili bir seminere katılma isteklilikleri ise, yüksek oranda değildir (% 48). Öğretmenlere bu isteksizliklerinin nedeni sorulduğunda, kendilerindeki formasyon eksiklikleri ve ekonomik etkenler olarak belirtmişlerdir (Mutlu, Aktan, 2011). Başka bir araştırmada ise, öğrencilerin düşünme becerileri ile anne ve babanın eğitim düzeylerinin, yakın ilişkide olduğu belirtilmiştir (Keskin, 2009).

Öğretmenler, düşünme eğitiminin önemini farkında olsalar ve düşünme eğitimi yapılmasının yararlı olacağını sözel şekilde belirtirseler de; davranış ve tutumları, sözlerini doğrulamamaktadır. Öğretmenlerin düşünme eğitime karşı tutumu, temel eğitim kurumlarından okul öncesinde, kurumun özel ya da kamu kurumu olup olmadığına ve öğretmenlerin mesleğe yeni başlayıp başlamadıklarına göre değişmektedir. Örneğin, özel kurumlarda görevli ve mesleğe yeni başlayan öğretmenlerin, düşünmeye karşı olumlu tutumları daha yüksektir. Diğer yandan İlköğretimden yüksek öğretime kadar, her düzeydeki eğitim kurumunda görev yapan öğretmenlerin, eleştirel düşünmeye yaklaşımları üzerinde; cinsiyet,

kıdem, branş, görev yaptıkları eğitim kurumu gibi değişkenler etkili değildir (Mutlu, Aktan, 2011; Keskin, 2009). İncelenen araştırmalardaki öğretmenlerin tümünde de, tıpkı Eğitim Fakültesi öğrencilerinde olduğu gibi, düşünmeye karşı ilgi orta düzeydedir (Kara, Aycan, 2016).

BULGULAR

- Öğretmenlere düşünsel eğitim seminerlerini, hizmet içi eğitimler şeklinde vermek yerine; onların düşünsel eğitim seminerlerine, hizmet öncesinden başlanılmalıdır.
- Düşünme eğitimi, hem teori, yani sistematik düşünme ile hem pratiğin, yani gündelik hayatın içinden, hayatta karşılaşılanlara çözüm şeklinde ve ikisinin birlikteliğinde anlam bulduğu gibi; iyi hayat ve bu hayatla ilgili değerlerin oluşmasıyla içselleştirilmesine de, katkı sağlar.
- Düşünme, kısıtlamaların olmadığı, özgünlükler ile inisiyatif alınabilecek ortamlarda ortaya çıkacağından; kimya öğrencilerine de yansıtıcı düşünme kazandırmak için, onların kendi yollarını bulmalarına, hem ders hem de laboratuvar çalışmalarından başlanılmalıdır.
- Öğrencilerin yansıtıcı düşünceleri, eğitim kurumunun kurumsal yapısı ve örgüt iklimi ile yakın ilişkilidir.
- Düşünmeyi yansıtıcı düşünme şekline dönüştüren kişiler; aydın, olgun ve özgün kişilikler kazandıkları gibi; kendileri ve sosyal çevreleriyle de barışık hale gelirler.

SONUÇ

- Öğrencilere derslerle laboratuvarlarda, hatta okullar ile okul dışı ortamlarda, özgür oldukları hissettirilmeli; sesli düşüncelerine fırsat verilmeli ve soru sormaları teşvik edilmelidir.
- Kimya programlarına, düşünsel içerikli seçmeli dersler konulmalıdır.

KAYNAKÇA

- Akdemir, M. (2004). Felsefi Düşünme Ya Da Düşünmeyi Öğrenme, *Kazım Karabekir Eğitim fakültesi Dergisi*, 10, 44—59. ISSN: 1302-3241
- Arslan, A. (2005). *Felsefeye Giriş*, 8. baskı, Ankara: Adres Yayınları, ISBN 975-250-011-0
- Aycan, N., Aycan, Ş. (2014). Doğa Felsefesinden Bilim Felsefesine, Fen Bilimleri ve Matematik, Adana: *XI. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*.
- Bailey, K.D. (1994). *Methods of Social Research*, 4.Edition, New York: The Free Press, ISBN: 13978-1416576945.
- Çepni, S. (2014). *Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş*, 7.Baskı, Trabzon: Pegem Akademi, ISBN:9789754170009
- Çıtak, E.A., Uysal, G. (2012). Kavram analizi: Eleştirel düşünme, *Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 9 (3), 3-9, ISSN: 1305-0397.

Dombaycı, M.A. ve ark. (2011). *İlköğretim Düşünme Eğitimi Öğretmen Kılavuz Kitabı* 6-8, Dördüncü Baskı, Milli Eğitim Bakanlığı, ISBN: 778-975-11-3142-3.

Eugene, J. W. et all. (2000). *Unobtrusive Measures*, Revised Edition, Thousand Oaks, California: Sage Publications, ISBN: 0-7619-2012-9.

Glesne, C. (2013). *Nitel Araştırmaya Giriş*, Çeviri Editörleri: Ali Ersoy, Pelin Yalçınnoğlu, 2. Baskı, Ankara: Anı Yayıncılık, ISBN: 978-605-4434-99-2.

Kara,H., Aycan, N. (2016). Sosyal Bilgiler Öğretmen Adaylarının Felsefe Dersine Yönelik Düşüncelerinin Belirlenmesi: Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Örneği, *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3 (1), 12-25, ISSN:2148-6999.

Karadağ, E. (2010). Eğitim Bilimleri Doktora Tezlerinde Kullanılan Araştırma Modelleri: Nitelik Düzeyleri ve Analitik Hata Tipleri, *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 16(1), 49-71, ISSN: 1300-4832

Küçük, H., Aycan. Ş. (2014). 2007-2012 Yılları Arasında Bilimsel Tartışma Üzerine Gerçekleştirilmiş Açık Erişim Araştırmalarının Bir İncelemesi, *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1 (1), 1-16, ISSN:2148-6999.

Çüçen, A. K. (2003). *Felsefeye Giriş*, 3. basım, Bursa: ASA Kitabevi, ISBN 975-8149-19-9

Keskin, A. (2009). *İlköğretim düşünme eğitimi dersi (6., 7. ve 8. sınıf) öğretim programlarının değerlendirilmesi*. (yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Mustafa Kemal Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü İlköğretim Anabilim Dalı, Hatay. <http://www.yarbis1.yildiz.edu.tr/web/userFiles/dosya31f6e1c7082dfe5498a5c1c999eca6pdf>

Mee, T.M., Lan, O.S. & Chin, L.H.(2009). Statistical Techniques Employed in Education Theses in Malaysia. *European Journal of Social Sciences*. 12(2), 269-276. ISSN: 1450-2267.

Mengüşoğlu, T. (1983). *Felsefeye Giriş*, İstanbul: Remzi Kitabevi, ISBN 975140066X.

Merriam-Webster: Dictionary and Thesaurus, Since 1828, <http://www.merriam-webster.com/dictionary/thinking>(İ.T.25/04/2015).

Mutlu, E.;Aktan, E. (2011). Okul Öncesi Öğretmenlerinin Düşünme Eğitimi İle İlgili Tutumlarının İncelenmesi, *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, Güz 9(4), 799-830, ISSN: 1303-8451.

Ritter, G.W., Barnett, J.H., Denny, G.S., & Albin, G.R. (2009). The Effectiveness of Volunteer Tutoring Programs for Elementary and Middle School Students: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 79, 3-38. ISSN: 1935-1046.

Robson, C. (2015). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri Gerçek Dünya Araştırması*, Çeviri Editörleri: Şakir Çinkır, Nihan Demirkasımoğlu, Ankara: Anı Yayıncılık, ISBN: 978-605-170-038-0.

Semerci, N. (1999). Öğretmenin Görevi: Düşünmeyi Geliştirmek, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9 (1), 206-209, ISSN: 2149-3243.

Taşdelen, V. (2012).Düşünme eğitimi ve iyi hayat kavramı, *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim*, Nisan 146, 20-28, ISSN-1302-5600.

Türk Dil Kurumu, (2012). Büyük Türkçe Sözlük – Tek Cilt (11. Baskı). Ankara: Türk Dil Kurumu, ISBN:9789751600707.

Ülger, M. (2012). Düşünme eğitimi dersi, *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim*, Nisan 146, 67-72, ISSN-1302-5600.

Wolff, S. (2004). Analysis of Documents and Records, Flick, U., Kardoff, E. von A., Steinke, I. A Companion to Qualitative Research içinde, 284-290, London: Sage Publishing, ISBN: 9780761973751.

Ulutaş, B. ve ark., (2015). Türkiye'deki Kimya Eğitimi Makalelerinin İncelenmesi: 2000-2013, *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 16(2), 141-160, ISSN: 1302-5007

Yıldırım A., Şimşek, H. (2008). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, 7. Baskı, Ankara: Seçkin yayıncılık, ISBN: 978-975-02-0007-1.

EXTENDED SUMMARY

Purpose:

The purpose of the current study is to explain the relationship between chemistry and philosophy and two basic concepts of philosophy; that is, thinking and thought. In this study, the concepts of doing philosophy and philosophy education as well as of science and thinking and extension of thinking are discussed and their importance for chemistry is explained because from elementary school up to the end of university education, experiments to be conducted in chemistry laboratories are generally presented to students as prescribed recipes and they are expected to conduct experiments according to these recipes. Thus, students do not feel the need for thinking in every stage of education and they conduct experiments by using only the knowledge gained in classes or their practical thinking abilities.

Method

In this qualitative study, investigating and making sense of the problems pertinent to social life and humans by using a specific method, epistemological document analysis was conducted by using a case design and on the basis of documents, the meaning of two basic philosophical concepts that are thinking and thought and their relationship were explained. While starting document analysis, first both written and electronic sources related to concepts of thinking and thought were reached. The analysis was carried out by adhering to the original forms of the documents and by making direct quotations from the content of the documents. The framework of the descriptive analysis in the current study was established according to two basic concepts of philosophy, thinking and thought, and the analysis of the data was conducted on the basis of these two concepts in a descriptive manner. Explanation of the findings obtained on the basis of the concepts of thinking and thought was made by relating to chemistry on the basis of chemical philosophy. This association was in the form of formal and essential relationships. While formal relationships explained thinking and how thinking is associated with chemistry within the framework of similarities and differences; essential relationships explained how they interact with each other. According to the explanations, as a research method, holistic approach was adopted and as the analysis of a certain situation was conducted on the basis of two philosophical concepts, descriptive survey method was employed.

Results:

Thinking emerges in environments where there are no restrictions and a certain order comes into being. Thinking, appears in medium there are no prohibitions and chaos but there are creativeness and responsibility.

Individuals turning their thinking into reflective thinking can become enlightened, mature and original people and also can form and internalize the values of good and happy life.

Students' thinking reflectively is directly connected with the organizational climate and institutional structure of educational organizations.

Instead of giving intellectual training seminars to chemists who will be either a teacher or work in industry in the form of in-service training, this training should be initiated during undergraduate education.

Thinking training is meaningful only when theory and practice come together.

In order to impart reflective thinking to chemistry students and help them to find their own ways, besides thinking training classes, laboratory works should be started.

Discussion:

In the current study, responses to the questions "What is thinking and thought?", "How can we understand the difference between thinking and thought?", "What are the factors and dimensions necessary for thinking to form and emerge?", "How should thinking training be conducted?" were discussed in terms of not only chemistry but also of all the disciplines of science. Thinking emerges in our daily practices as the basic requirement of our existence and in activities entailing comprehension ability, making judgments and creating something in the mind as it occurs in scientific systematic process. If thinking and one of its sub-dimensions, correct thinking, are neglected, then rote learning prospers in individuals and thus their capacity of generating solutions to problems deteriorates. Thinking refers to concepts, theories and laws proposed in the field of science. From the synthesis of different thoughts, concepts, theories and laws, it is possible to arrive at thinking. By means of their thinking abilities, people can travel from one thought to another; thus, chemists, by following the same route, can design their own experiments to support their thoughts with experiments. When it comes to the difference between thinking and thought, it is difficult to distinguish thinking from thought that is both the pre-requisite and the cause of thinking. The difficulty is due to their closeness to each other and co-existence. The main difference between thinking and thought is that while thinking is the predicate; that is, work, action and occurrence, thought is the object; that is, what is done by the subject, the object affected by the act performed. While thinking, we talk to ourselves, ask questions and make explanations. Thought, on the other hand, is our dialogue with others, our spoken or written declaration of our thinking. In short, while thinking is an activity within oneself, thought is the form of thinking conveyed to other consciousnesses. Thinking training emerged with the beginning of philosophy and survived up to now. By means of this, correct thinking and ways of correct thinking have been taught. What should be understood from correct thinking is to conduct a persistent, calm, and sensitive act of profound thinking on a specific issue in light of science by adhering to ethical rules, in a detailed and an orderly manner. When it comes to factors and dimensions preparing the formation and emergence of thinking, it is clear that they are various and consisted of five dimensions; cognitive awareness, reflective and creative thinking, thinking processes, basic thinking skills, and content knowledge. Thinking training is based on the promotion of questioning, investigating, criticizing, and internalization. The basis of thinking training is usually laid in tolerant and democratic families and it goes on in school environments where they are free, think loudly and ask questions and by increasing their participation in listening and group discussion activities.

Conclusion

Students should feel free, should be provided with opportunities for loud thinking and encouraged to ask questions in class, laboratory and even school environments. Elective courses to promote thinking should be incorporated into chemistry curricula.

MAKALE

<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jotcsc>

Rehberli Araştırma Yönteminin Üniversite Öğrencilerinin Kimya Konularındaki Bazı Kavramları Anlamalarına Etkisinin İncelenmesi

İbrahim Bilgin¹, İdris Aktaş¹, Erdal Tatar¹, Cengiz Tüysüz²

¹Mustafa Kemal Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi ABD

²Uşak Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Eğitimi ABD

Öz: Bu çalışmanın amacı, rehberli araştırma yöntemi ile işlenen kimya dersinin fen bilgisi öğretmen adaylarının bazı kimya kavramlarını anlamalarına etkisini incelemektir. Bu çalışmada, zayıf deneysel desenlerden tek grup ön test/son test tasarımı kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini, bir devlet üniversitesinde uygun örnekleme yöntemine göre seçilen 46 fen bilgisi öğretmenliği birinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında, uygulama yapılan sınıfta rehberli araştırma yöntemiyle kimyasal denge konusuna yönelik hazırlanan materyallerle 10 ders saati boyunca dersler işlenmiştir. Veri toplama amacıyla, uygulama öncesi ve sonrasında denge, denge sabiti, Le Chatelier prensibi, derişim, çözünme, çözünürlük ve çökelti kavramları ile ilgili öğrencilerden anlamlı cümleler oluşturmaları istenmiştir. Yapılan betimsel analiz sonucunda, rehberli araştırma yönteminin kavramlarla ilgili tam doğru ve kısmen doğru cümle kuran öğrenci sayısını arttırırken; cümle yazamayan, belirsiz ifade ve kavram yanlışlığı içeren cümle yazan öğrenci sayısını azalttığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Rehberli araştırma yöntemi, kavram öğrenme, kimyasal denge.

Investigation of the Effects of Guided Inquiry Methods on Understandings of Pre-service Science Teachers about Some Chemical Concepts

Abstract: The aim of this study was to investigate the effect of guided inquiry on understanding of some chemical concepts of pre-service science teachers. The study was conducted as The One-Group Pretest-Posttest Design. The subject of this study consisted of 46 pre-service science teachers at a public university in Turkey, and we selected convenience sampling method. The data of the study were obtained from a series of meaningful sentences that students wrote about the chemistry concept of equilibrium, equilibrium constant, Le Châtelier's principle, concentration, dissolution, solubility, and precipitation in both before and after the instruction. Consequently, it has been found that there was a rise where the number of students who complete correct and partially correct sentences about the concepts and a decrease where the number of students who underwent vague and misconceptions.

Keywords: Guided inquiry method, concept learning, chemical equilibrium.

GİRİŞ

Kimya eğitimcileri, kimya dersinin en zor konularını kimyasal denge, stokiyometri ve redoks tepkimeleri olarak sıralamaktadırlar (Hackling ve Garnett, 1985). Bu konular zorluk derecesi bakımından sıralandığında ise kimyasal denge öne çıkmaktadır (Huddle ve Pillay, 1996; Huddle ve White, 2000; Tyson, Tregaust ve Bucat, 1999). Kimyasal denge konusunun anlaşılmasındaki güçlük, konu kapsamındaki birçok kavramın soyut olması (Ben-Zvi, Eylon ve Silberstein, 1986), moleküler düzeyde kavramları içermesi, öğretmenlerin kullandığı öğretim yöntemi ve geleneksel materyallerin yeterli görselleştirmeleri yapamamasından kaynaklanmaktadır (Harrison ve Treagust 2002). Ayrıca kimya müfredatında yer alan asit-baz dengesi ve çözeltelerde denge gibi önemli konuların anlaşılması için kimyasal denge konusunun iyi bir şekilde anlaşılması şarttır (Bilgin ve Geban, 2001). Kimyasal denge konusunun anlaşılmasındaki güçlüklerin yanında, kimyadaki bazı konular için ön şart bilgileri içermesi kimyasal denge konusunun önemini arttırmaktadır (Bilgin ve Geban, 2001; Doğan, Aydoğan, Işıkgil ve Demirci, 2007; Huddle ve White 2000). Ancak yapılan çalışmalar kimyasal denge konusunun anlaşılmasında hala tam başarı sağlanamadığını ve öğrencilerin birçok kavram yanılgısına sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Bilgin ve Geban, 2001; Harrison ve Jong, 2005; Huddle ve Pillay, 1996; Weerawardhana, Ferry ve Brown, 2006). Kimyasal denge konusunda öğrencilerin sıklıkla sahip olduğu kavram yanılgıları; dengeye ulaşan bir sistemde bulunan maddelerin derişimlerinin eşit olduğunun düşünülmesi, ileri tepkimenin tamamlanmadan geri tepkimenin başlayamayacağını düşünülmesi, Le Chatelier prensibinin tam ve doğru olarak anlaşılması, dinamik dengenin statik denge ile karıştırılmasıdır (Bergquist ve Heikeninen, 1990; Canpolat, Pınarbaşı, Bayrakçeken ve Geban, 2006). Bunların yanında öğrenciler derişimi hesaplayamamakta ve gaz sistemleri hakkında yanlış bilgilere sahiptirler (Piquette ve Heikkinen, 2005). Huddle ve Pillay (1996), üniversite öğrencilerinin stokiyometri ve kimyasal denge konularındaki kavramların soyut olmasından dolayı kavram yanılgılarının oluştuğunu ve öğrencilerin her iki konuyu da tam olarak anlayamadıklarını tespit etmişlerdir. Bilgin ve Geban (2001), grup çalışmalarında öğrencilerin grup içerisinde gösterdikleri performans ile kimyasal denge konusuyla ilgili kavramsal ve matematiksel problemlerdeki başarıları arasında ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Harrison ve Jong (2005), kimyasal denge konusunun öğretilmesinde çoklu analogik modeller kullanmışlardır. Öğrencilerin analogi, hikâye ve örnek olaylarla dersler işlendiğinde kavramları kazanabildikleri, ancak yine de zihinlerinde oluşturdukları kimyasal denge kavramlarının değişkenlik gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Weerawardhana vd. (2006), bilgisayar tabanlı görsel yazılımların kimyasal denge konusunun kavramsal olarak anlaşılmasına tek başına bir etkisi olmadığını ortaya koymuşlardır. Yazılımların kimya eğitiminde etkili olabilmesi için uygun öğretim yöntemlerinin içinde sunulmasını önermişlerdir.

Kimyasal denge konusu ve kavramları gerek lise gerekse üniversitede yürütülen kimya derslerinde önemli bir yer tutmaktadır. Yukarıda bahsedildiği üzere kimyasal denge konusu

oldukça soyut bir konudur ve öğrenciler bu konu ile ilgili pek çok kavram yanılgısına sahiptirler. Böyle bir konunun öğretiminde geleneksel öğretim yöntemlerinin yetersiz kaldığı açıkça görülmektedir. Ayrıca öğrencilerin sınıfta pasif konumda kalmasıyla bu kavramların yeteri kadar anlaşılamayacağı da görülmektedir.

Bilişsel öğrenme teorilerindeki son gelişmeler ve sınıf içi araştırma sonuçları, öğrencilerin sınıfta öğrenme etkinliklerine aktif olarak katıldığında ve fikirleri tartışarak, verileri analiz edip yorumlayarak öğrenme döngüsü içerisinde bilgiyi kendileri yapılandırıldığında derin öğrenmeleri kazandıklarını göstermiştir (Farrell, Moong ve Spencer, 1999). Öğrencilerin öğrenme ortamında aktif katılımına ve bilgiyi kendilerinin yapılandırmalarına fırsat sunan öğrenme yöntemlerinden biri de Rehberli Araştırma Yöntemi (RAY)'dir. RAY'ın temel amacı öğrenciyi araştırma yoluyla öğrenmeye teşvik etmektir (Blanchard vd., 2010; Kuhlthau, 2010). Araştırma yapma; özetleme, analiz etme ve değerlendirme gibi üst düzey düşünme becerileri gerektiren önemli bir süreç olması nedeniyle kalıcı öğrenmelerin gerçekleşmesinde önemli bir rol oynar.

RAY temel olarak modellerin sunulması, eleştirel düşünme soruları ve uygulama olmak üzere 3 aşamadan oluşur (Farrell vd., 1999). RAY, veri veya bilginin sunulduğu bir model ile başlar. Model bir şekil, bir eşitlik, bir tablo, bir metin veya bunların birleşimi olabilir. Modeller kavramları tanıtmak ve öğrenci anlamalarını derinleştirmek amacıyla sunulur. Öğrenciler bu aşamada modelleri inceleyerek ikinci aşama olan eleştirel düşünme aşamasında sorulan soruları cevaplamak için hazırlık yaparlar. Eleştirel düşünme aşamasında öğrencilere modelle ilgili sorular yöneltilir. Eleştirel düşünme sorularıyla öğrencilerin yorum yaparak sonuca gitmeleri amaçlanır. Öğrenciler, bu soruları cevaplayarak bilgiyi yorumlamakta veya modeldeki temel kavramları veya ilişkileri ortaya çıkarmaktadırlar. Son olarak uygulama aşamasında öğrenmelerin kalıcılığını sağlamak amacıyla, basit soru örnekleri ve yeni problem durumlarının çözülmesi alıştırmaları yapılır (Farrell vd., 1999; Moog ve Farrell, 2006).

RAY sürecinde öğretmenler, öğrenciler araştırma yaparken araştırma sorularına karar vermelerinde ve bilinen kavramları tanımlamalarında onlara yardımcı olurlar (Kuhlthau, 2010). Öğretmen, genellikle belli zaman aralıklarında gruplar arasında hareket ederek öğrencileri gözlemler, onların tartışmalarını dinler ve eleştirel düşünme sorularını cevaplamalarını ve not almalarını sağlar. Her döngünün sonunda grubun eleştirel düşünme sorularına verdiği cevaplar öğretmene teslim edilir. Bu, hem öğrencilerin sahip olduğu kavram yanılgıları ve yanlış öğrenmeler hakkında öğretmene bilgi sunar, hem de öğrencilerin süreç içerisinde öğrenmelerini destekler (Farrell vd., 1999). Eğer öğrenciler gerekli öğrenmeyi sağlamamışsa, öğretmen bunlar üzerinde durarak öğrenmenin gerçekleşmesi için gayret sarf eder, eğer öğrenmeler gerçekleşmiş ise uygulama aşamasına geçilir.

RAY sürecinde öğrenciler, öğretmen tarafından daha önceden hazırlanmış çalışma yaprakları üzerinde çalışırlar. Öğrenciler modelle sunulan bilgilerle önceki bilgilerini, bilimsel kitapları ve bilgisayar kaynaklarını kullanarak gerekli bilgilere ulaşır ve çalışma kâğıtlarındaki eleştirel düşünme sorularını cevaplarlar. Böylece, araştırmalarda elde ettikleri verileri ve yeni bilgileri kaydeder ve bunları nasıl özetleyeceklerine karar verirler (Karakuyu, Bilgin ve Sürücü, 2013). Sonuç olarak öğrenciler araştırma soruları ve bilinen kavramlar ışığında bulgularını özetler ve yeni bilgilere ulaşarak bunları yorumlarlar.

Öğrencilerin bilgiyi kendilerinin yapılandırmalarına ve aktif katılımlarına fırsat sağlaması, öğrencilerin kavram yanlışları ve öğrenme eksiklikleri veya yanlış öğrenmeleri hakkında öğretmene bilgi sunması ve bunları düzeltmelerine imkân sağlaması nedeniyle RAY'ın, öğrencilerin çok fazla kavram yanlışına sahip olduğu ve öğrenme güçlüğü yaşadığı kimyasal denge konusunun öğretiminde faydalı olacağı düşünülmektedir. Rehberli araştırma yönteminin, önceki araştırmalarda kullanılan öğretim yöntemlerinden temel üstünlüklerinden biri öğrencilerin eleştirel düşünme sorularına verdikleri cevapların çalışma kâğıtlarına yazılarak öğretmene verilmesi ve öğretmenin gerek bu çalışma kâğıtlarını inceleyerek gerekse grupları gezerken varsa öğrencilerin kavram yanlışları ve yanlış öğrenmeleri tespit edip düzeltme fırsatına sahip olmasıdır. Bu durum öğrencilerin kavram yanlışlarının azalması üzerinde olumlu etkiye neden olabilir. Yöntemin diğer bir üstünlüğü ise öğrencilerin grup şeklinde araştırma yaparak kavramlara veya bilgiye kendilerinin ulaşmalarıdır. Tüm bu avantajlardan dolayı RAY'ın öğrencilerin kavram yanlışlarının giderilmesinde ve bilimsel kavramların kazanılmasında olumlu bir etki oluşturacağı düşünülmektedir.

Bu bağlamda bu çalışmanın amacı, kimyasal denge konusunun rehberli araştırma yöntemi ile işlenmesinin fen bilgisi öğretmen adaylarının denge, denge sabiti, Le Chatelier prensibi, derişim, çözünme, çözünürlük ve çökelti kavramlarını anlamalarına etkisini incelemektir.

YÖNTEM

Araştırmanın modeli: Bu çalışma, kontrol grubunun olmadığı bir grup öğrencinin ön bilgi düzeyleri ile son bilgi düzeyleri arasındaki farkı belirleyerek grubun gelişimini tespit etmeyi amaçladığından dolayı, zayıf deneysel desenlerden *tek grup ön test/son test tasarımı*ndadır (Fraenkel, Wallen ve Hyun, 2012).

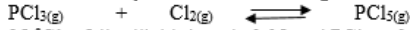
Örneklem: Çalışmanın örneklemini, bir devlet üniversitesinde uygun örnekleme yöntemine göre seçilen 46 (9 erkek, 37 kız) fen bilgisi öğretmenliği bölümü birinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Öğrencilerin yaşları 18 ile 24 arasında değişmekte olup öğrenciler 19,3 yaş ortalamasına sahiptirler.

Veri Toplama Aracı: Bu çalışmada veri toplama aracı olarak kısa cevaplı açık uçlu sorular kullanılmıştır. Öğrencilerden, 3 kimya eğitimi ve 1 fen eğitimi uzmanı tarafından belirlenen 7 kavram (denge, denge sabiti, Le Chatelier prensibi, derişim, çözünme, çözünürlük, çökelti) ile ilgili araştırma öncesinde ve sonrasında 30 saniye sürede anlamlı birer cümle yazmaları istenmiştir. Kısa cevaplı açık uçlu sorular cevaplanırken sınıftaki tüm öğrenciler araştırmacı rehberliğinde beraber hareket etmişlerdir. Bir kavramla ilgili anlamlı bir cümle yazıldıktan sonra araştırmacının komutuyla diğer kelimeye geçilmiştir. Böylece, veri toplama süreci tamamlanmıştır.

Uygulama: Uygulama, kimyasal denge konusunda rehberli araştırma yöntemine uygun olarak hazırlanan etkinliklerle 10 ders saatinde araştırmacılardan biri tarafından gerçekleştirilmiştir. Rehberli araştırma etkinlikleri, Moog ve Farrell (2006) tarafından geliştirilen etkinliklerin araştırmacılar tarafından Türkçe'ye uyarlanması sonucunda oluşturulmuştur. Etkinliklerin uyarlama sürecinde, öncelikle iyi derecede İngilizce bilen bir kimya eğitim uzmanı tarafından etkinlikler İngilizce'den Türkçe'ye çevrilmiştir. İkinci olarak, Türkçe'ye çevrilen bu etkinlikler hakkında bilimsellik ve dil anlaşılabilirliği yönünden yine iyi derecede İngilizce bilen iki kimya eğitim uzmanının görüşleri alınmıştır. Son olarak, uzmanlar ve araştırmacılar bir araya gelerek tüm görüşler doğrultusunda düzeltmeler yapılarak etkinliklere son hali verilmiştir. Etkinlikler kimyasal denge ve sınıflandırılması, denge bağıntısı ve denge sabiti, denge kesri, K_p ve K_d ilişkisi, dengeye etki eden faktörler, çözünürlük dengeleri, denge sabitini değiştiren durumlar ve kimyasal denge ile ilgili stokiometrik hesaplamalar başlıklarından oluşmaktadır.

Etkinlikler modellerin sunulması, eleştirel düşünme soruları ve uygulama (örnek soru çözümleri ve yeni problem durumlarının çözülmesi) olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Aşağıda bir döngünün nasıl uygulandığı detaylı olarak açıklanmıştır. Öğrencilere öncelikle bir veya birkaç model sunularak modelleri incelemeleri istenmiştir. Kimyasal denge konusuyla ilgili 2 model örneği Şekil 1'de verilmiştir. Modeller, kimya kavramlarını tanıtmak ve geliştirmek amacıyla tasarlanmıştır. Bazı durumlarda bir modelde yer alan bilgi veya veriler, başka bir modeli derinleştirme veya modele altyapı olarak sunulmuştur. İkinci olarak, çalışma kâğıtlarında yer alan modeller hakkındaki eleştirel düşünme soruları öğrenciler tarafından cevaplanmıştır. Eleştirel düşünme sorularıyla ilgili 2 örnek Şekil 1'de verilmiştir.

ŞİMDİ DENGEDE MİYİZ?

Model 1: Kimyasal Bir Sistem Denge

25 °C'ta 5 litrelik bir kutuda 0,05 mol $\text{PCl}_{3(g)}$, 0,0200 mol $\text{Cl}_{2(g)}$ ve 0,200 mol $\text{PCl}_{5(g)}$ vardır.

Bu tepkime için denge sabiti değeri bilinmektedir. $K_d = 1,00 \times 10^3 = \frac{[\text{PCl}_{5(g)}]}{[\text{PCl}_{3(g)}] [\text{Cl}_{2(g)}]}$

Eleştirel Düşünme Soruları

- 1) Model 1'de belirlenen sistemde $\text{PCl}_{3(g)}$ 'ün derişimi nedir?
.....
- 2) Yukarıda tanımlanan tepkimenin dengede olduğunu ispatlayınız?
.....

Model 2: Daha Fazla Reaktan İlave Edildiğinde

Bir şırınga ile Model 1'deki kutuya 0,0600 mol ekstradan PCl_3 ilave edilmiştir.

Eleştirel Düşünme Soruları

- 3) Herhangi bir kimyasal tepkime olmadan bir anlık ilavede,
 - a) Kutudaki PCl_3 toplam mol sayısı nedir?
.....
 - b) Kutudaki PCl_3 yeni derişimi nedir?
.....
 - c) Tepkime şimdi dengede midir? Açıklayınız.
.....
- 4) 0,0600 mol PCl_3 ilave edildikten sonra PCl_3 mol sayısına ne olacağını tahmin ediniz.
 - a) Sistem dengede olduğundan PCl_3 'ün mol sayısında değişiklik olmaz.
 - b) PCl_3 ve Cl_2 birbirini tüketerek daha fazla PCl_5 oluştururlar.
 - c) PCl_5 tüketenerek daha fazla PCl_3 ve Cl_2 oluşturur.

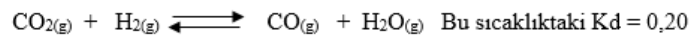
Nedeninizi açıklayınız.
.....

Şekil 1: Model ve Eleştirel Düşünme Soru Örnekleri

Model ve eleştirme soruları aşamasından sonra uygulama aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada öncelikle öğrencilerin zihninde şekillenen konu kavramlarını veya ilişkilerini netleştirmek amacıyla basit soru örnekleri çözülmüştür. Basit soru örnekleri Şekil 2'de verilmiştir.

Örnekler

- 1) Belli bir sıcaklıkta 5 litrelik bir kapta aşağıdaki tepkime gerçekleşiyor.



Aşağıdaki tabloda gerekli yerlerde x kullanarak tabloyu tamamlayınız.

	$\text{CO}_{2(g)}$	$\text{H}_{2(g)}$	$\text{CO}_{(g)}$	$\text{H}_2\text{O}_{(g)}$
Başlangıçtaki mol	1,00	2,00	0	0
Moldeki değişim	-x	-x	x	x
Dengede mol	1-x	2-x	x	x
Denge derişimi	(1-x)/5	(2-x)/5	x/5	x/5
Denge derişim değeri (x olmayacak)	0,11	0,31	0,086	0,086

Denge sabiti değerinin doğru olduğunu gösteriniz.

Şekil 2: Modelle İlgili Basit Örnek Sorular

Son olarak, öğrenilen kavramları veya kavramlar arası ilişkileri derinleştirmek amacıyla öğrencilere uygulamalar yaptırılmıştır. Uygulamalar, eleştirel düşünme soruları ve modeller aracılığıyla keşfedilen kimyasal kavramları kullanarak problemleri çözme ve alıştırmaları yapma amacıyla tasarlanmıştır. Bir uygulama örneği Şekil 3'te verilmiştir.

Problemler

1) Aşağıdaki her bir ifadenin doğru ya da yanlış olduğunu belirterek nedeninizi açıklayınız. Tüm ifadeler için aşağıdaki tepkimeyi dikkate alınız.

$$2\text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$$

a) SO_3 'ün harcanma hızı O_2 nin oluşma hızına eşittir.
.....

b) Yukarıdaki tepkime dengeye geldiğinde $[\text{SO}_2] = 2x[\text{O}_2]$
.....

c) $Q_d > K_d$ olduğunda, ileri tepkimenin hızı geri tepkimenin hızından daha büyüktür.
.....

2) Fe^{3+} iyonları ve SCN^{1-} iyonları bulunan çözeltiler karıştırıldığında aşağıdaki gibi denge sistemi kuruluyor.

$$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{SCN}^{1-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$$

Belli bir sıcaklıkta dengede 3 litrelik çözeltide 0,653 mol $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$, 0,0385 mol $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ ve 0,0465 mol $\text{SCN}^{1-}(\text{aq})$ vardır.

a) Bu sıcaklıkta tepkimenin K_d değerini hesaplayınız.
.....

b) Yukarıda tanımlanan çözeltiye araştırmacı bir öğrenci bir litre su ilave ediyor. Öğrenci bu işlem sonunda $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ ve SCN^{1-} nin mol sayısının arttığını ve $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 'nin ise mol sayısının azaldığını not ediyor. Bu gözlemi açıklayınız.
.....

Şekil 3: Uygulama Aşamasında Kullanılan Soru Örnekleri

Böylece bir döngü tamamlanmış ve sonraki döngüye geçilmiştir. Tüm döngüler 10 ders saati içinde tamamlandıktan sonra ön testte uygulanan kavramlar, son test olarak uygulanarak RAY'ın uygulanması sonuçlandırılmıştır.

Veri analizi: Öğrencilerden belirlenen kavramlar hakkında yazmaları istenilen cümleler nitel veri analizine tabi tutulmuştur. Betimsel bir analiz ile her bir cümle Tablo 1'de belirtilen "*Tamamen Doğru*", "*Kısmen Doğru*", "*Kavram Yanılgısı*", "*Cümle Yok*" ve "*Belirsiz İfadeler*" başlıkları altında kategorize edilmiştir. Betimsel analizde, nitel veriler önceden belirlenen kategorik başlıklar temelinde değerlendirilerek sınıflandırma yapılır (Fraenkel vd., 2012). Çalışmada öğrenci cevaplarının sınıflandırılması için kullanılan her bir kategori ve kategorilerin tanımı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Öğrenci Cevaplarının Sınıflandırıldığı Kategorik Başlıklar.

Kategori	Tanım
Tamamen Doğru	Mevcut bilimsel anlamalarla uyumlu olarak tam ve doğru bir şekilde ifade edilen cümleler.
Kısmen Doğru	Bilimsel anlamalara ters ifadeler olmasa da ifade edilışinde eksiklikler bulunan cümleler.
Kavram Yanılgısı	Mevcut bilimsel anlayışlardan farklı ya da yanlış anlamlar içeren cümleler.
Cümle Yok	Herhangi bir cümle yazılmamıştır.
Belirsiz İfadeler	Belirli bir anlamı olmayan veya kayda değer bilimsel bir anlam taşımayan cümleler.

Mevcut bilimsel anlamlarla uyumlu olarak tam ve doğru bir şekilde ifade edilmiş olan cümleler "Tamamen Doğru" grubuna dâhil edilmiştir. Örneğin çökelti kavramıyla ilgili olarak "*İyonik yapıli bileşiklerin sulu çözelti içinde oluşturduğu, suda çözünmeyip sıvının dibine çöken katıya çökelti denir.*" ifadesinde, iyonik yapıli iki çözeltinin karışımı veya iyonik yapıli bir maddenin çözeltisine iyonik yapıli bir maddenin (katı, sıvı veya gaz) eklenmesi sonucu oluşan suda çözünmeyip sıvının dibine çöken madde (çökelti) ifade edildiğinden dolayı tam doğru olarak kabul edilmiştir.

Bilimsel anlamalara ters ifadeler olmasa da ifade edilışinde eksiklikler bulunan veya kavramın örneğini ve bir özelliğini ifade eden cümleler "Kısmen Doğru" grubuna dâhil edilmiştir. Örneğin çökelti kavramıyla ilgili olarak "*İki maddenin tepkimesi sonucunda oluşan katıdır.*" ifadesinde iyonik yapıli bileşikler, suda çözünme ve sıvının dibine çökme özelliklerinden bahsedilmediğinden dolayı bu ifade kısmen doğru olarak kabul edilmiştir.

Bilimsel olarak tam anlamıyla doğru kabul edilen bilgi dışında kalan alternatif ifadeler kavram yanılgısı grubuna dâhil edilmiştir. Örneğin çökelti kavramıyla ilgili olarak yazılan "*Bir çözeltide çözünebilecek çözünen madde miktarından daha fazlası eklendiğinde çözünmeden kalan maddedir.*" ifadesinde çökelti kavramı değil, çözünmeyen madde ifade edildiğinden dolayı kavram yanılgısı olarak ele alınmıştır.

BULGULAR

Rehberli araştırma yönteminin kimyasal denge konusunun öğretiminde kullanılması nın üniversite öğrencilerinin bazı kimya kavramlarını anlamaları üzerine etkisinin incelendiği bu çalışmada, öğrencilerinin kurdukları cümlelerin ön test/son test frekans dağılımı Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Kurulan Cümlelerin Ön Test/Son Test Frekans Dağılımı.

Frekans (Ön test / Son test)					
	Tamamen Doğru	Kısmen Doğru	Kavram Yanılgısı	Cümle Yok	Belirsiz İfadeler
Denge	-/24	6/6	7/6	16/2	21/12
Derişim	2/8	13/21	12/9	19/7	4/4
Denge sabiti	9/15	4/13	9/4	21/10	5/8
Çökelti	7/16	14/13	13/15	9/4	4/1
Le Chatelier Prensibi	2/12	1/14	-/-	40/19	7/5
Çözünürlük	10/23	14/13	12/10	9/2	5/2
Çözünme	8/12	14/24	7/6	7/3	14/4

Tablo 2 incelendiğinde, son testte tamamen doğru veya kısmen doğru anlam taşıyan cümleler kuran öğrenci sayısında bariz bir artışın olduğu görülmektedir. Bununla beraber herhangi bir cümle kurmayan ve bir anlamı olmayan veya kayda değer bilimsel bir anlam taşımayan, yani belirsiz ifade sahibi öğrenci sayısında da uygulama sonrasında azalmanın olduğu görülmektedir. Yine Tablo 2 incelendiğinde denge, derişim, denge sabiti, çözünürlük ve çözünme kavramlarında uygulama sonrasında kavram yanılgısı içeren cümle kuran öğrenci sayısında bir düşüşün olduğu, çökelti kavramında ise bir artışın olduğu görülmektedir.

Çalışmada ayrıca uygulama öncesi ve sonrası kavram yanılgısı içeren cümlelerin karşılaştırılması yapılmış ve Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Belirlenen Kavram Yanılgıları.

Kavram Yanılgıları		
	Ön test	Son test
Denge	Tepkimeye girenlerin miktarının (kütle/mol) ürünlere eşit olması.	- Girenlerle ürünlerin birbirine dönüşümünün tamamlandığı andır. - Tepkimeye girenlerin miktarının (kütle/mol) ürünlere eşit olması.
Derişim	- Derişim çözeltinin yoğunluğudur. - Çözeltide çözünebilen maksimum madde miktarıdır. - İki maddenin birbiri içerisinde dağılmasıdır.	- Maddenin birim hacminin miktarıdır. - Birim zamanda değişen mol sayısıdır. - Bir çözücünün çözebileceği maksimum madde miktarıdır. - İki maddenin birbiri içerisinde etkileşimidir.
Denge sabiti	- Dengeyi sağlayan değerdir. - Girenlerle çıkanların eşitliği durumunda ortaya çıkan değerdir. - Bir reaksiyonda değişmeyen maddedir. - Tekime sıcaklığından etkilenmez. - Değişmeyen değerdir.	- Tepkimenin hızını belirleyen sabit değerdir. - Ürünlerin girenlere eşit olduğu andır. - Denge sıcaklığıdır. - Giren maddelerin çıkan maddelere derişim oranıdır.
Çökelti	- Birbiri içinde çözünmeyen maddelerdir. - İki maddenin birleşerek dibe çökmesidir. - Bir tepkimede artan reaktif maddedir. - Çözünen çözeltiden fazla miktarda ise oluşur.	- Katı sıvı karışımındaki (tuz+su) katı maddedir. - İki bileşiğin karışımı ile oluşan katı maddedir. - Karışan iki maddeden yoğunluğu fazla olandır.
Le Chatelier Prensibi	-----	-----
Çözünürlük	- Maddelerin birbiri içerisinde dağılmasıdır. - Maddelerin birbiri ile reaksiyona girmesidir. - Birim zamanda çözünebilen madde miktarıdır.	- Bir maddenin başka bir maddeyi taneciklerine ayırarak karışım haline getirebilme özelliğidir. - Çözünen ile çözücünden oluşan karışımdır. - Bir maddenin çözücüde çözünmesi olayıdır. - Maddenin çözünme yeteneğidir. - Birim zamanda çözünen madde miktarıdır.
Çözünme	Bir maddenin çözücü içerisinde erimesi olayıdır.	Bir maddenin çözücü içerisinde erimesi olayıdır.

Tablo 3 incelendiğinde denge, derişim ve çözünürlük kavramları ile ilgili kavram yanılgısı türünde bir artış görülürken, denge sabiti ve çökelti kavramlarında bir azalma, Le Chatelier prensibi ve çözünme kavramlarında ise bir değişim görülmemektedir. Öğrenciler çalışma öncesinde “denge” kavramını tepkimeye giren maddeler ile ürünlerin miktarca eşit olması şeklinde tanımlarken, uygulamadan sonra bu kavram yanılgısı ile birlikte dönüşümün tamamlandığı an olarak tanımlayan öğrenciler de olmuştur. Başka bir deyişle, denge kavramını dinamik olarak değil

statik bir kavram olarak tanımlamışlardır. Ancak çalışma öncesinde 7 öğrenci kavram yanlışlığına sahip iken uygulama sonrasında bu sayı 6'ya düşmüştür.

Öğrenciler çalışma öncesinde "*derişim*" kavramını yoğunluk, çözünürlük ve çözünme kavramları ile karıştırırken, uygulama sonrasında bunlara kimyasal hız kavramı da eklenmiştir. Ancak çalışma öncesinde 12 öğrenci kavram yanlışlığına sahip iken uygulama sonrasında bu sayı 9'a düşmüştür.

Öğrenciler çalışma öncesinde "*denge sabiti*" kavramını dengeyi sağlayan (Oysa denge sağlandığında ortaya çıkan değerdir.) ve değişmeyen bir değer olarak tanımlarken, uygulama sonrasında denge sabitinin değişebileceği öğrenciler tarafından kavranmış, ancak yine de denge kavramı ile karıştırdıkları ve dengeye etki eden bir kavram olarak tanımladıkları görülmektedir. Ancak çalışma öncesinde 9 öğrenci bu kavram yanlışlıklarına sahipken çalışma sonrasında bu sayı 4'e düşmüştür.

Öğrenciler çalışma öncesinde "*çökelti*" kavramını heterojen karışım ve kimyasal tepkime olarak tanımlamış ve doygunluk kavramı dikkate alınmadan artan madde ile ilişkilendirmişlerdir. Uygulama sonrasında ise daha çok doygunluk kavramı dikkate alınmadan artan madde olarak tanımlanmıştır. Yani çökelti ile çözünmeyen madde kavramlarının karıştırıldığı görülmüştür. Ayrıca çalışma öncesinde 13 öğrenci bu kavram yanlışlıklarına sahipken çalışma sonrasında bu sayı 15'e yükselmiştir.

Öğrenciler çalışma öncesinde "*çözünürlük*" kavramını çözünme olayı, çözünme hızı ve kimyasal tepkime hızı ile karıştırırken uygulama sonrasında yine çözünme olayı, çözünme hızı ve çözelti kavramı ile karıştırdıkları görülmektedir. Ancak çalışma öncesinde 12 öğrenci bu kavram yanlışlıklarına sahipken çalışma sonrasında bu sayı 10'a düşmüştür.

Öğrencilerin çalışma öncesinde "*çözünme*" kavramını erime ve kimyasal reaksiyon olayları ile karıştırırken uygulama sonrasında ise bu karışıklıklar devam ederken "*Bir maddenin başka bir madde içerisinde iyonlarına ayrışmasıdır.*" şeklinde kavramı sınırlandırdıkları görülmektedir. Ancak çalışma öncesinde 7 öğrenci bu kavram yanlışlıklarına sahipken çalışma sonrasında bu sayı 6'ya düşmüştür.

TARTIŞMA

Rehberli araştırma yönteminin, kimyasal denge konusunun öğretiminde kullanılmasının üniversite öğrencilerinin bazı kimya kavramlarını anlamaları üzerine etkisinin incelendiği bu çalışmada, rehberli araştırma yönteminin kavramlarla ilgili tam doğru ve kısmen doğru cümle kuran öğrenci sayısını arttırırken; cümle yazamayan, belirsiz ifade ve kavram yanlışlığı içeren cümle yazan öğrenci sayısını azalttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte kimya kavramlarının çoğuyla ilgili kavram yanlışlığına sahip öğrenci sayısını azaltırken, kavram yanlışlığı çeşidini de kısmen azalttığı tespit edilmiştir. Ancak çökelti kavramıyla ilgili olarak kavram yanlışlığına sahip olan öğrenci sayısında artış olduğu görülmüştür. Çalışma öncesine göre çalışma sonrasında, doğru cümle kuran öğrenci sayısının artması ile cümle kuramayan ve kavram yanlışlığına sahip olan öğrenci sayısının azalmasının muhtemel nedeni eleştirel düşünme sorularıyla öğretmen rehberliğinde öğrencilerin araştırma yaparak kavramlara ulaşmaları olabilir. Araştırma süreci sonunda birçok öğrenci kavramlara kendisi ulaştığından dolayı kavramları içselleştirmiş ve kavramın doğru ve kısmen doğru tanımını yapan öğrenci sayısı artmıştır. Ayrıca öğrencilerin doğru bilgiye ulaşip bilgiyi yapılandırmalarındaki en önemli etkenlerden biri de çalışma kâğıtlarıyla öğrencilere yöneltilen eleştirel düşünme sorularıdır. Bu sorular, öğrencilerin kavram üzerine düşüncelerine ve öğrencilerin doğru bilgiye yönelmelerine fırsat sunmuştur. Maia ve Justi (2009)'un kimyasal denge konusunu modelleme yöntemiyle öğrettiği çalışmasında, öğretmenin sorduğu soruların öğrencilerin kavramları anlamalarını arttırdığı bulgusu, bu çalışmada da eleştirel düşünme sorularının öğrencilerin bilimsel kavramları anlamaları üzerine etkili olduğu nedenini desteklemektedir.

Bu çalışmada öğrencilerin dengeye ulaşan bir sistemde bulunan maddelerin derişimlerinin eşit olduğunun düşünülmesi, Le Chatelier prensibinin tam ve doğru olarak anlaşılmasında, dinamik dengenin statik denge ile karıştırılması gibi kavram yanlışlıklarına sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu bulgular, öğrencilerin kavram yanlışlıklarını araştırarak ve çeşitli öğretim yöntemleriyle bu kavramların giderilmesi üzerine araştırma yapan önceki çalışma bulgularıyla uyumluluk göstermektedir (Bergquist ve Heikeninen, 1990; Canpolat vd., 2006). Bunun yanı sıra bu bulgular, çoklu analogik modeller kullanılmasının (Harrison ve Jong, 2005) ve bilgisayar tabanlı görsel yazılımların kullanılmasının (Weerawardhana vd., 2006) öğrencilerin bu kavramları kazanmalarına yardımcı olduğu, ancak yine de zihinlerinde oluşturdukları kimyasal denge kavramlarının değişkenlik gösterdiği bulguları ile de uyumluluk göstermektedir. Rehberli araştırma yönteminin, öğrencilerin eleştirel düşünme sorularına verdikleri cevapların çalışma kâğıtlarına yazılarak öğretmene teslim edilmesi ve öğrencilerin grup çalışmalarını gerçekleştirirken öğretmenin grupları kontrol edip çalışmalara katılma özelliği diğer öğretim yöntemlerinden üstünlüğüdür. Öğretmenin gerek bu çalışma kâğıtlarını inceleyerek, gerekse grupları gezerken varsa öğrencilerin kavram yanlışlığı ve yanlış öğrenmelerini tespit edip

düzeltilme fırsatına sahip olması, öğrencilerin kavram yanlışlarının azalmasının en önemli nedeni olduğu düşünülmektedir. RAY'ın bir başka avantajı ise, öğrencilerin grup olarak araştırma yaparak kavramlara veya bilgiye kendilerinin ulaşmalarıdır. Bu durum, akran öğrenmenin getirdiği avantajları nedeniyle kavram yanlışlarının giderilmesine ve bilimsel kavramların kazanılmasına olumlu bir etki oluşturmuş olabilir. Şimşek, Doymuş, Doğan ve Karaçöp (2009)'ün yaptıkları çalışmada elde edilen, öğrencilerin grup çalışmalarıyla araştırma yaparak kendilerinin aktif rol almasıyla bilgiye ulaştıkları ortamlarda, hem başarılarının artması hem de kavram yanlışlarında bir azalma olması sonuçları bu nedeni desteklemektedir.

Bu çalışmada birçok kavramda kavram yanlışına sahip öğrenci sayısında ve öğrencilerin sahip olduğu kavram yanlışları çeşidinde bir azalma gerçekleşmesine rağmen *çökelti* kavramında kavram yanlışına sahip öğrenci sayısında artış meydana gelmiştir. Ayrıca *denge*, *derişim* ve *çözünürlük* kavramlarında kavram yanlışları çeşidinde bir artış meydana gelmiştir. Bu durumun muhtemel nedeni, araştırma sürecinin yapılandırılmamış olması nedeniyle öğrencilerin süreç içerisinde konuyla ilgisi olmayan birçok kavram ile karşı karşıya gelmiş olması olabilir. Bazı öğrencilerin bu farklı kavramları konu kavramları ile ilişkilendirirken bazılarının ilişkilendirememesi kavram yanlışlarındaki artışın nedeni olabilir. Sonraki çalışmalarda bu olumsuz durumun önüne geçmek amacıyla tüm aşamalar bittikten sonra öğrencilere sözel olarak belli sorular sorularak tespit edilen kavram yanlışlarının giderilmesi sağlanabilir. Başka bir yol olarak, öğrencilerin kavramları doğru bilgilerle ilişkilendirmelerini sağlamak amacıyla öğretmenin dersin sonunda kısa bir sunum yapabilir.

Bu çalışmada, kavramların tanımları öğrencilerden bir cümle kurmaları istenerek alınmıştır. Bir cümle ile öğrencilerin istedikleri tanımları yapamamış olabilme durumları, yani bu çalışmada kullanılan ölçme aracı çalışmanın sınırlılığıdır. İleride yapılacak olan çalışmalarda, yarı yapılandırılmış görüşmelerin ve kavram yanlışları testlerinin bu kavram yanlışlarının tespitinde kullanılması daha farklı sonuçlar ortaya koyabilir.

Sonuç olarak rehberli araştırma yönteminin, öğrencilerin zihinlerinde kavramların bilimsel olarak anlamlandırılmasında etkili olduğu tespit edilmiştir. Üniversitede yürütülen derslerde rehberli araştırma yönteminin kullanılması öğrencilere kavramların bilimsel anlamlarının kazandırılması bakımından faydalı olacaktır.

KAYNAKÇA

- Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable?. *Journal of Chemical Education*, 63, 64-66.
- Bergquist, W. & Heikkinen, H. (1990). Student ideas regarding chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 67, 1000-1003.
- Bilgin, İ. & Geban, Ö. (2001). Benzeşim (analoji) yöntemi kullanılarak lise 2. sınıf öğrencilerinin kimyasal denge konusundaki kavram yanlışlarının giderilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 26-32.
- Blanchard, M.R., Southerland, S.A., Osborne, J.W., Sampson, V.D., Annetta5 and, L.A. & Granger, E.M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616.
- Canpolat, N., Pınarbaşı, T., Bayrakçeken, S. & Geban, Ö. (2006). The conceptual change approach to teaching chemical equilibrium. *Research in Science & Technological Education*, 24(2), 217-235.
- Doğan, D., Aydoğan, N., Işıkgil, Ö. & Demirci, B. (2007). Kimya öğretmen adayları ve lise öğrencilerinin Le-Chateiler prensibini kavramsal sorularla anlama düzeyleri ve yanlışlarının araştırılması, *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(13), 17-32.
- Farrell, J.J., Moog, R.S. & Spencer, J.N. (1999). Research, science and education: A guided inquiry general chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 570-574.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H.H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed). New York: McGraw Hill Higher Education.
- Hackling, M.W. & Garnett, P.J. (1985). Misconception of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7, 205-214.
- Harrison, A. G., & D. F. Treagust. (2002). "The particulate nature of matter: challenges in understanding the submicroscopic world." in "Chemical Education: Towards Research based Practice", edited by J. K. Gilbert, Od Jong, R. Justi, D. F. Treagust, and J. Hv Driel, 189-212. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Harrison, A. & Jong, O.D. (2005). Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 1135-1159.
- Huddle, P.A. & White, W.M. (2000). Simulations for teaching chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 77(7), 920-926.
- Huddle, P.A. & Pillay, A.E. (1996). An in depth study of misconception in stoichiometry and chemical equilibrium at a south african university. *Journal Research in Science Teaching*, 33, 65-77.
- Karakuyu, Y., Bilgin, İ. & Sürücü, A. (2013). Araştırmaya dayalı öğrenme yaklaşımlarının üniversite öğrencilerinin Genel Fizik Laboratuvarı I dersindeki başarı ve bilimsel süreç becerilerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(21), 237-250.
- Kuhlthau, C.C. (2010). Guided inquiry: school libraries in the 21st century. *School Libraries Worldwide*, 16(1), 17-28.
- Maia, P.F. & Justi, R. (2009). Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education*, 31(5), 603-630.
- Moog, R.S. & Farrell, J.J. (2006). *Chemistry: A guided inquiry* (3rd edition). John Wiley & Sons: Hoboken, NJ.
- Piquette, J.S., & Heikkinen, H.W. (2005). Strategies reported used by instructors to address student alternate conceptions in chemical equilibrium. *Journal Of Research In Science Teaching*, 42(10), 1112-1134.
- Şimşek, Ü., Doymuş, K., Doğan, A. & Karaçöp, A. (2009). İşbirlikli öğrenmenin iki farklı tekniğinin öğrencilerin kimyasal denge konusundaki akademik başarılarına etkisi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29(3), 763-791.
- Tyson, L., Treagust, D. F. & Bucat, R.B. (1999). The complexity of teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 554-558.
- Weerawardhana, A., Ferry, B., & Brown, C. (2006). Use of visualisation software to support understanding of chemical equilibrium: The importance of appropriate teaching strategies. *Proceedings of the 23rd annual ascilite conference: Who's learning? Whose technology?*, The University of Sydney.

EXTENDED ABSTRACT

Problem Situation: Chemistry educators arrange the most difficult issues of chemistry subject as chemical equilibrium, stoichiometry, and redox reactions (Hackling & Garnett, 1985). When these issues are arranged with respect to their difficulty, chemistry equilibrium comes to the forefront. (Huddle & Pillay, 1996; Tyson, Tregaust & Bucat, 1999; Huddle & White, 2000). The difficulty of understanding chemical equilibrium stems from various concepts in the issue being abstract (Ben-Zvi, Eylon & Silberstein, 1986), including concepts in molecular level, the teaching method, and traditional materials not being able to visualize (Harrison & Treagust 2002). As well as difficulty of understanding chemical equilibrium issue, including some preconditioning information in order to understand some topics in chemistry enhances the importance of chemical equilibrium issue (Huddle & White 2000; Bilgin & Geban, 2001; Doğan, Aydoğan, Işıkgil & Demirci, 2007).

The previous studies reveal that understanding of chemical equilibrium issue is not fully achieved and, students still have several misconceptions. Misconceptions that students usually have in chemical equilibrium issue are their thinking that concentrations of materials existing in a system of equilibrium are equal, their thinking that back reaction cannot start without completion of forward reaction, their failure to understand the principle of Le Châtelier completely and accurately, their confusions about dynamic equilibrium with static equilibrium (Bergquist & Heikeninen, 1990; Canpolat, Pınarbaşı, Bayrakçeken & Geban, 2006). The issue of chemical equilibrium and its conceptions have an important place in chemistry subject taught both in high school and university. As mentioned above, chemical equilibrium issue is rather in an abstract form and students have various misconceptions related with this subject. It is clearly seen that traditional methods are insufficient in teaching such issue. Furthermore, it is seen that these concepts are not understood adequately with students staying in passive positions.

Recently, developments and results of inter-class research in theories of cognitive learning revealed that when students participate classroom activities actively, constructing knowledge themselves in learning circle by analyzing and interpreting data they gain deep learning (Farrell, Moong & Spencer, 1999). Guided Inquiry Method (GIM) is one of learning methods that provide an opportunity that help students construct knowledge themselves and participating learning environment actively. The main purpose of GIM is encouraging students through research way. (Blanchard *et al.*, 2010; Kuhlthau, 2010).

Purpose: Because of providing an opportunity to the student to participate actively and constructing knowledge by themselves, presenting knowledge to teacher about students' misconceptions, and lacking of learning and giving an opportunity to correct this, GIM can be helpful in teaching chemical equilibrium issue that students have several misconceptions, and those having difficulty in learning. In this context, the purpose of this study was investigated the effect of teaching chemical equilibrium issue with guided inquiry method to the pre-service science teachers understand the concepts of equilibrium, equilibrium constant, the principle of Le Châtelier, concentration, dissolution, resolution, and residue.

Method: This study was designed in the model of one group pretest/posttest from weak experimental pattern because of aiming to confirm the groups' development, determining the difference between the pre-knowledge and post-knowledge level of a group of students. The sample of the study consisted of 46 (9 boys and 37 girls) science subject first class students chosen according to appropriate sampling in a state university. The instruction was carried out by one of the researchers at 10 periods in the issue of 'Chemical Equilibrium' with activities prepared according to the guided inquiry method. Guided inquiry activities were constructed with the activities adapted to Turkish that were developed by Moog and Farrell (2006). The activities involve three stages including presenting models, critical thinking questions, and applications having sample question solving and new problem situation solving. In this study, with the aim of collecting data, writing meaningful sentences related to the previously determined 7 concepts (equilibrium, equilibrium constant, the principle of Le Châtelier, concentration, solution, solubility, and residue) were asked to the students before and after the instruction. The sentences written by students about the mentioned concepts above were subjected to qualitative data analysis. With descriptive analysis, each sentences were categorized under the titles of "totally true", "particularly true", "misconception", "no sentence and uncertain" expressions.

Results: At the end of the study, it was seen that while GIM was increased the number of students who established the totally true and particularly true sentences, it decreased the number of students who could not write the sentences, and wrote uncertain expressions and misconceptions. Furthermore, when it decreased the number of students who had misconceptions about most of chemical concepts, it also decreased the variety of misconception. However, this did not occur in the "dissolution" concept. In this study, it is provided that the students reach the concepts inquiring with the guidance of the teacher. In the process of inquiry, since many students reached the concepts by themselves, they internalized the concepts and the number of students who make the concepts true and in

particular, the true definition increased. On the other hand, due to the process of research being unstructured, students came across various concepts that are not related with the issue in the process. While some students associated these different concepts with the concepts of the issue, that some students did not associate can be the reason of increasing the variety of misconceptions. On the other hand, in this study, the definitions of concepts were taken from students in one sentence. Students could not write what they want in one sentence. They should not write the definition they want. Therefore, the assessment tool used in this study is the limitation. In determining misconception, using semi-structured interview can be more helpful.

Conclusion: As a result, it was determined that guided inquiry method was effective in student's making sense of the concepts scientifically in their minds. Using guided inquiry method in subjects taught in university will be useful in respect to bring the concepts' scientific names to the students.



MAKALE

<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jotcsc>

Designing and Developing an Augmented Reality Application: A Sample of Chemistry Education

Zeynep TAÇGIN¹, Nazlıcan ULUÇAY², Ersin ÖZÜAĞ*^{3,4}

¹Marmara University Distance Education Center & Social Science Vocational School

²Kocaeli University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Chemistry

³Nihilio Vision Corp., ⁴ Kocaeli University, Laboratory of Image and Signal Processing (KULİS)

Abstract: Augmented Reality has been accepted as an effective educational method and this review depends on philosophical background of cognitive science. This means, several channels –aural, visual, and interactivity, etc. - have been used to offer information in order to support individual learning styles. In this study, Natural User Interface- and Human Computer Interaction-based Augmented Reality application has been developed for the chemistry education. The purpose of this study is to design and develop a student-centered Augmented Reality environment to teach periodic table, and atomic structure of the elements and molecules. Head Mounted Display has been used to develop Augmented Reality system, and user control has been executed with hand motions (grab, drag, drop, select and rotate). The hand motion control has been used to improve spatial abilities of students in order to maximize the transferred knowledge. Use of the most common natural controlling tools (fingers and hands) to interact with virtual objects instead of AR markers or other tools provides a more interactive, holistic, social and effective learning environment that authentically reflects the world around them. In this way, learners have an active role, and are not just passive receptors. Correspondingly, the developed NUI-based system has been constructed as design-based research and developed by using instructional design methods and principles to get reach of more effective and productive learning material. Features of this developed material consist of some fundamental components to create more intuitive and conductive tools in order to support Real World collaboration.

Keywords: Augmented reality, chemistry education, material development, instructional design, human computer interaction, natural user interface.

* Contact the author:

e-mail: ozuag@nihiliovision.com

Phone: +90 262 303 33 92

Address: Kocaeli University Umuttepe Campus, Engineering Fac. Elec. And Telecomm. Eng. Dept., 41380 Kocaeli, TURKEY.

INTRODUCTION

The developed technologies are integrated to the education in order to support interactivity and experimentation of the students. From this point of view, scale of education technologies has been expanded to change the direction and presentation of information (Singhal, Bagga, Goyal, & Saxena, 2012). Nowadays, Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) applications have an enormous popularity and significance with offered opportunities in concern with offering information to the sensory channels of individuals.

AR removes individuals from actual reality by affecting perception and simply evokes the feeling of reality, and supports enhanced and facilitated plugins to perceive the RW (Taçgın & Arslan, 2016). AR mainly consists of virtual factors that are generated by the computer and augment the RW with virtual components (Ma & Choi, 2007; Maier, Tönnis, & Klinker, 2009; Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2011). The fundamental features of AR have been claimed by Azuma *et al.* (2001) as follows:

- Combines real and virtual issues in real environment,
- Includes real-time activities,
- Is registered in 3D components.

As known, reality concepts could be changed between the perceived physical and the virtual components. According to Milgram's "Reality Continuum" (1994), all points between the physical and virtual realities have been called mixed reality. This system could be imagined like a slider – between 0 and 1- structure. AR systems- sub category of mixed reality- are integrated and built on concepts that are specific to one service (Stirbu, Murphy, & You, 2012). According to research by Di Serio, Ibáñez, and Kloos (2013), shared features of AR and VR such as immersion, navigation and interaction can be derived from Azuma's AR properties (Azuma, 1997).

As understood, AR could be created by utilizing and connecting various innovative technologies (e.g., mobile devices, wearable computers, and immersion technologies) (Wu, Lee, Chang, & Liang, 2013). Dunleavy and Dede (2014) mentioned two available forms of AR: (1) location-aware and (2) vision-based. Location-aware AR consists of enabled GPS services on mobile device. Moreover, mobile device integration of AR has increased its usability and popularity (Stirbu *et al.*, 2012). To utilize the location-aware AR applications on a mobile device or smartphone, the phone must be equipped with several necessary tools: (1) GPS technology, (2) an accelerometer, and (3) digital compass (magnetometer) (Yuen *et al.*, 2011). Vision-based AR presents digital media such as Quick Response (QR) code or two-dimensional (2D) target, and is used with camera of the mobile device.

These applications mostly have artificial user interfaces (keyboard, mouse, AR markers, *etc.*) to manipulate virtual objects. For instance, using a mouse is restricted to 2D, and it has to be mapped to the three-dimensional (3D) virtual environment. Thus, the user has to pay attention to the mental 3D mapping (Maier & Klinker, 2013).

On the other side, the basic procedure of AR technology is: calculate the affine transformation of virtual model to camera plane, according to the location of the camera and marker information in the real world. Then, draw the virtual model on the basis of affine transformation matrix. Finally, combine the video of real world and virtual model, displayed on the terminal display (Singhal *et al.*, 2012). According to Maier *et al.* (2009) and Yuen *et al.* (2011), the virtual objects can be rendered, such that they fit exactly to the real world image. Combining these images, AR generates an impression of the real world. For AR, this procedure has to be performed in real-time, such that a user can interact with real objects and camera without losing the 3D connection to the virtual object. In many AR applications, marker based approaches solve the alignment problem of the virtual data and the real environment by using visual markers such as 2D barcodes detectable with computer vision methods. This technique requires camera tracking in order to define positions of the real objects to the computer. The tracking systems get the data via using marker of the tracker system that takes a picture with webcam and tries to find special patterns of represented markers. Thus, position and rotation of the marker relative to the webcam have been calculated with computer vision algorithms.

With mobile devices or wearable computers, users can access knowledge from anywhere. Also, users can overlay the information as 3D in the Real World (RW), manipulate and examine real objects, and simultaneously receive additional information or execute the given tasks via hand motions (Maier *et al.*, 2009). In addition to the 2D and 3D objects, digital assets - audio and video files, textual information, and even olfactory- and tactical information can be incorporated into perceptions of users in the RW. Collectively, these argumentations have been used to augment the learning environment in order to support comprehension of individuals via multiple stimuli (Yuen *et al.*, 2011). From this point of view, AR and VR are used to enhance learning environment and there are many design principles that change features of the targets. Besides, the capability of AR has to be determined to reach at a suitable instructional design.

AR has potential to engage, stimulate and motivate students (Di Serio *et al.*, 2013; Lin, Duh, Li, Wang, & Tsai, 2013). Research results show that AR has positive effects especially on motivation of the students, and supports attention (Di Serio *et al.*, 2013). Moreover, AR could provide enhanced learning environment, and supports the situated and constructivist learning theory (Dunleavy & Dede, 2014) with creating active learning environment. Furthermore, AR systems may be used by

multiple users at the same time. This provides opportunity for collaborative applications like engineering design, architecture, multi-user games, and education, among others (Singhal *et al.*, 2012). Similarly, the study by Lin *et al.* (2013) indicates the relationship between AR and collaborative learning. Also, the results show that AR positively supports knowledge construction process of the students.

On the other side, because of the sophisticated structure of AR, students could be cognitively overloaded by the large amount of information they encounter, the multiple technological devices they are required to use, and the complex tasks they have to accomplish (Wu *et al.*, 2013). For this reason, the instructional design (ID) method selection and application have to be executed by the instructional designers. Besides, the ID method selection depends on the educational need analysis that is the initial step of ID (Beetham & Sharpe, 2013; Raspopovic, Cvetanovic, & Jankulovic, 2016; Wegener & Leimeister, 2012). The result of analysis indicates necessities of the environment, and it is used to choose the learning principle, method and techniques. The capability of AR technology is generally used to learn practical experience with high quality visual components to explain tangible concepts. This means that the components have to be chosen carefully to attain the planned learning outcomes. And the actors of ID - administrators, technicians, designers, teachers and learners- need cooperation between themselves to create an effective learning environment.

AR has been used for educational purposes in spite of the stated and unstated impacts. Examples of AR applications, technologies, features and affordances in the education field have been provided in Table 1.

Table 1. A Summary of AR applications in Education. (Di Serio *et al.*, 2013).

Research	AR technology employed	Most relevant features	Learning affordances
Dünser, Steinbügl, Kaufmann, and Glück (2006)	Stylus tracked with 6Do. Head Mounted Display (HMD).	Immersion. Interaction.	Spatial ability. Collaboration. Motivation.
Gutiérrez <i>et al.</i> (2010)	Fiducial markers. PC. webcam Interaction.	Interaction. Navigation.	Spatial ability.
Maier, Tönnis, and Klinker (2009)	Fiducial markers. PC. webcam Interaction.	Interaction. Navigation.	Experiential learning. Spatial ability.
Klopfer and Squire (2008)	Handheld devices. Navigation.	Navigation. Immersion.	Collaboration. Motivation.
Nilsson, Johansson, and Jönsson (2010)	HMD. Marker Tracking.	Immersion. Navigation.	Collaboration.
Chien <i>et al.</i> (2010).	Fiducial markers. PC. webcam Interaction	Interaction. Navigation.	Spatial ability. Support to memory cognitive processes.
Henderson <i>et al.</i> (2011)	Custom built stereo VST HWD. 10 tracking cameras.	Immersion. Navigation. Interaction.	Experiential learning. Kinesthetic learning.
Sumadio <i>et al.</i> (2010)	Fiducial markers. PC. webcam Navigation.	Navigation. Interaction.	Experiential learning. Motivation.

Experimental learning is one of the significant parts of science teaching in order to develop and train the scientific literacy of students. Experiments promote and enhance the process of scientific inquiry skills so as to strengthen the students' ability to understand and solve problems (Singhal *et al.*, 2012). As seen in Table 1, AR is a learning technique to reinforce experimental and kinesthetic learning thanks to spatial ability.

The literature highlights that majority of students have problems to learn and understand the intangible concepts of chemistry (Kozma & Russell, 1997; Mahaffy, 2015; Thiele & Treagust, 1991; Wu *et al.*, 2013). Besides, understanding chemistry depends on understanding the spatial structure of the chemical parts (Maier *et al.*, 2009; Singhal *et al.*, 2012). On the other hand, 2D visual objects have generally been used to teach concepts instead of 3D visual objects. According to Maier *et al.* (2009), there are several programs to visualize the molecules in 3D on a 2D screen but interactive schemes for rotating or moving the 3D objects are not intuitive. Accordingly, AR offers practical

solution to this restriction so students can manipulate the virtual 3D objects in the computer. Correspondingly, it is possible to say that AR has a potential to improve understanding of the spatial structure of the molecule (Maier *et al.*, 2009). The Augmented Chemistry provides an efficient way for designing and interacting with molecules to understand the spatial relations between molecules. For students, it is very informative to see actual representation of molecules in the 3D environment, inspect molecules from multiple viewpoints, and control the interaction of molecules (Singhal *et al.*, 2012).

In the light of what mentioned above, the purpose of this study is to demonstrate the designing and development process, tools and other components of the AR application in accordance with the instructional design principles. In this project, the AR application has been developed to support comprehension and learning capabilities of students about the chemistry field. Correspondingly, the cooperative and individual-based learning approaches have been used to support social and cognitive abilities of the students. In this project, the periodic table subject of chemistry education has been chosen as an example, and educational scenario (storyboard) of the material has been developed by the subject expert.

METHODOLOGY

This study has been organized with respect to the design-based research paradigm. The purpose of the design-based research is to offer the relationship between theory-design-implementation through embodying the principles about teaching and learning (Barab, 2006; Barab & Squire, 2004; Cengizhan, 2007). Design-based research labors to generate and advance a specific set of theoretical constructs that generated, selected, or refined transcends the environmental particulars of the contexts. This focus on advancing theory grounded in naturalistic contexts sets design-based research apart from laboratory experiments or evaluation research (Barab & Squire, 2004).

On the other side, according to Hoadley (2004), design-based research has been separated from experimental research in several points: (1) it involves a tight relationship between researchers and teachers or implementers, (2) distinction is the use of tentative generalization- results are shared without the expectation that universality will hold, (3) the researcher frequently follows new revelations where they lead, tweaking both the intervention and the measurement as the research progresses and, (4) the researcher treats enacted interventions as an outcome, often documents what has been designed, the rationale for this design, and the changing understanding over time of both implementers and researchers of how a particular enactment embodies or does not embody the hypothesis that is to be tested.

THE PROJECT

The project team

The design-based research specialists have to be experts in their field, and the team has to consist of instructional designers. Also, the close cooperation between the project team members is a must throughout the process (Vanderhoven, Schellens, Vanderlinde, & Valcke, 2015). Thus, the quantities, roles and tasks of the team members have been provided in Table 2.

Table 2. The Roles and Duties of the Project Team

Role	f	Duties
AR visual designer	2	Designing and developing the sample screens
		Integrating the knowledge to the sample screens in accordance with the ID principles
		Designing, editing and integrating the medias
		Developing the animations and simulations
		Adding the transactions between the screens
AR coder	1	Creating and adding instruction
		Testing the material periodically and revising it through the feedback
		Coding hand tracking to transfer the hand motions to the virtual environment
Instructional designer	1	Coding the interaction and reactions of virtual objects
		Coding the responses in accordance with the rules and interaction
		Determining the suitable learning theories
Subject expert	1	Evaluating the visual components and giving feedback
		Analyzing the education need and determining the abilities of target
		Analyzing the knowledge
		Organizing the knowledge through the determined learning methods and techniques
		Determining the measurement and evaluation methods
		Providing the visual and audial components via studio records
		Matching the media with subjects
		Testing the material periodically and revising it through the feedback

Brief description of the project

The project consists of a chemistry education scenario that is designed by the instructional designer and subject expert, to support students with regards to their knowledge of the periodic table. As known, the students face several restrictions to understand the intangible concepts of chemistry. A great number of supplementary learning materials have been developed to handle these restrictions. However, students need well-designed materials to reach at the expected learning outcomes. From this point of view, components of the designed materials have to be defined in accordance with the student needs, and the ID process has to be applied correctly by the project team. Design and development processes have a cycling structure between the team members in accordance with the design-based research phases.

Learning process of the human brain is related with the active sense quantification. This means that presentation ways of the knowledge have to contain multiple components: audio, text, visual, and

interaction. As mentioned above, AR has the paramount potential to offer multiple information, and it is also a suitable method for experimental teaching. Thus, this supplementary material of chemistry education has been designed and developed by using the AR technology. This Human Computer Interaction (HCI) based project has been developed with the Unity3D and Maya3D software. Also, the project has been developed as a Natural User Interface (NUI) that is an emerging computer interaction methodology. NUI focuses on human abilities such as touch, vision, voice, motion and higher cognitive functions such as expression, perception and recall. NUI seeks wider breadth of communication modalities that leverage skills people gain through traditional physical interaction (Liu, 2010).

In this project, users could interact and manipulate -touch, grab, move, visualize- the virtual 3D objects, which are presented via HMD through physical hand motions. According to Chen, (2006) as well as Liu et al., (2007), allowing users to use hands in a direct manipulation with objects provides experimental, collaborative and interactive learning environment. Figure 1 shows an example setup of developed AR environment.



Figure 1. An Example View of the Developed AR Environment.

As seen in Fig. 1, the RW has been augmented with the placed virtual objects, and hand motions of the users have been tracked to the interaction via the developed software. Fingers of the users have been defined as a pointer for element selection from the periodic table. This way, the virtual objects could be grabbed via physical hand motions.

Target audience

Target of this study has been considered as the K12 level chemistry students.

Goals

This project aims to offer a constructivist and cooperative learning environment for chemistry students. The high fidelity visuals, audios and other multimedia components have been designed in accordance with the learners' abilities. Besides, scenario of the material has been constructed with the users' selections in order to offer constructivist and individual learning environment. On the other hand, the developed application supports multiple user opportunity to learn in a cooperative environment. Fundamental features of the material so as to attain the determined learning outcomes have been ordered below:

- Students could interact with the virtual periodic table via physical hand motions and could see 3D atomic models of the selected element,
- Students could review preferences of the chosen element via virtual graphs,
- Students could combine element to acquire a compound,
- Students could see the VSEPR (Valence Shell Electron Pair Repulsion) model and features of the compound,
- Students could access the audial and visual information about the element at the same time with other pupils,
- Students could make practice in that interactive system,
- Offering opportunity for lecturers to create graphics and animations in order to reinforce learning.
- Offering an individualized learning environment with problem scenarios.

Instructional Design

AR as a concept rather than a type of technology that would be more fruitful for educators, researchers, and designers (Wu *et al.*, 2013). Based on the most salient features of the approaches, the instructional approaches could be categorized into three major categories: (1) approaches emphasizing engaging learners into "roles," (2) approaches emphasizing learners' interactions with physical "locations," and (3) approaches emphasizing the design of learning "tasks." It is of note that each of the approaches may include several learning principles, and that some sub-approaches may overlap. Also, approaches across different categories may (Wu *et al.*, 2013) share a similar philosophical ground or point of view with the educational psychology.

From this point of view, learning needs of the target audience have been determined by the subject expert. The results of the educational need to analyze highlight the several impediments to learn these concepts.

- Students have difficulty to understand intangible concepts.
- Students have difficulty to understand the working principles of micro systems.

- Instead of understanding, students try to memorize the elements and the uncounted relationship between them.
- The supplementary materials to teach these concepts generally use 2D models.
- Students do not have practice opportunities.
- Students do not have the reinforcer to their individual learning.
- Students have several misconceptions about these concepts.
- Students have problems to understand the functions and usage of the elements.

The determined impediments indicate the necessity of experimental learning environment. From this perspective, learning theories and main preferences of the AR platform have been stated in Table 3.

Table 3. The Functions and Learning Theories.

Functions	Learning theories
The theoretic knowledge should be organized by the subject expert. The sub categorizes and relations between the concepts have to be determined	Individual learning Cognitive learning
The material should include the multimedia components – audio, visual, text- in order to satisfy the learning needs of students in accordance with their learning styles	Individual learning Cognitive learning
The visual components should be realistic and high fidelity	Cognitive learning
The students should control the learning environment in accordance with the individual needs- user control, repetition-	Individual learning
Students should control the learning environment via interaction to increase the intrinsic motivation	Individual learning Cognitive learning
Students should make practice freely	Individual learning Constructivist learning
The immediate and constructed feedback should be used	Individual learning Constructivist learning
The material should consists the problem scenarios	Individual learning Constructivist learning
The examples should be offered about the cases	Individual learning Constructivist learning
Students can see the each other's screens to discuss about the practice	Cooperative learning
Students should compare her practice with the others.	Cooperative learning Individual learning

The main purpose of the determined features is to increase learning outcomes and the problem solving abilities of the students with discovery learning. Correspondingly, several ID components have been integrated in the material. On the other side, the developed material abilities have been given in Table 4.

Table 4. The Used AR Technologies and Purposes.

AR technology employed	Most relevant features	Learning affordances
NUI, HCI ,HMD	Interaction. Navigation.	Experiential learning. Spatial ability. Collaboration. Motivation.

Material plot of the project

As mentioned above, this AR application has been developed in accordance with the individual, constructivist, and cooperative learning theories. Learners can use the material individually with the hardware components. Furthermore, they can control and manipulate each item in the application, and can take constructivist feedbacks of their actions. That structure has been designed to support constructivism. On the other side, the developed software allows multiple user interaction to support cooperative learning. All details about the project has been explained in the related parts of this research. Included functions of the main screens are provided in Table 5.

Table 5. The Functions of the Main Screens.

Screen	Functions
Periodic Table	Element selection via hand motion 3D atomic model and graphs
Element review	Visual and audial information 3D atomic model
VSEPR model	Visual and audial information
Element combination	Individual or cooperative practice opportunities Visual and audial information Shared screens to multiple review

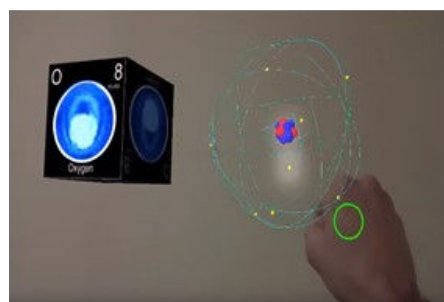
The AR application starts with the periodic table screen (Fig. 2a). Then, users can freely choose one of the elements to see 3D atomic model of the element, which consists of graphs and other information about it (Fig. 2b).

Furthermore, students can manipulate the learning environment in accordance with their needs, which means that users are offered with unique and constructed feedbacks. Besides, they can control the objects and iterate the situations in accordance with their learning expectations thanks to the fact that the material offers an individual learning environment.

With this multiple presentation, the intangible structure and sub components of the elements could be imagined as a macro scale. In this regard, VSEPR theory has been rooted in order to handle the learning difficulties of these concepts. According to Singhal et al. (2012), the VSEPR theory can be used to anticipate the shapes of simple molecules by applying a set of simple rules: (1) determine the number of valence electrons of the central atom, (2) identify the number of bonds between the central atom and outer atoms, (3) count the number of lone electron pairs surrounding the central atom, (4) determine overall geometry by the mutual repulsion between the electron pairs, and (5) final adjustments of the geometries such as slightly changing angles due to higher forces of lone electron pairs.



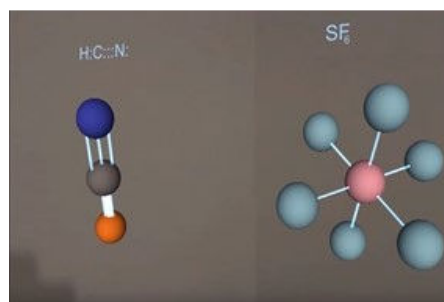
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 2. Example Scenes, (a) Periodic Table, (b) Atomic Structure, (c) Molecular Structure, (d) VSPER Model.

3D visualization of the atomic models and other details have an enormous significance in understanding the chemical terms and principles. Initial knowledge of the students could be related with the new ones thanks to this method. This approach has been applied to support constructivist learning instead of rote learning. Additionally, students can combine the elements to form the molecule, and they can see the probable results of their decisions (Fig. 2c). Moreover, problem solving abilities of the students can be supported with the constructed and immediate visual feedback opportunity.

Additionally, students can share the visuals thanks to the multiple user support of the software. In this cooperative learning environment, students can discuss their selections and compare themselves with others. By this means, students can learn from each other.

Structure & Flow

As mentioned above, discovery and experimental learning methods have been used to develop this project. Because of the determined learning principles, the scenario of developed AR material does not have a linear structure. This means that the scenario has been branched in accordance with the students' selection. Thus, diagram of the developed AR platform is shown in Figure 3.

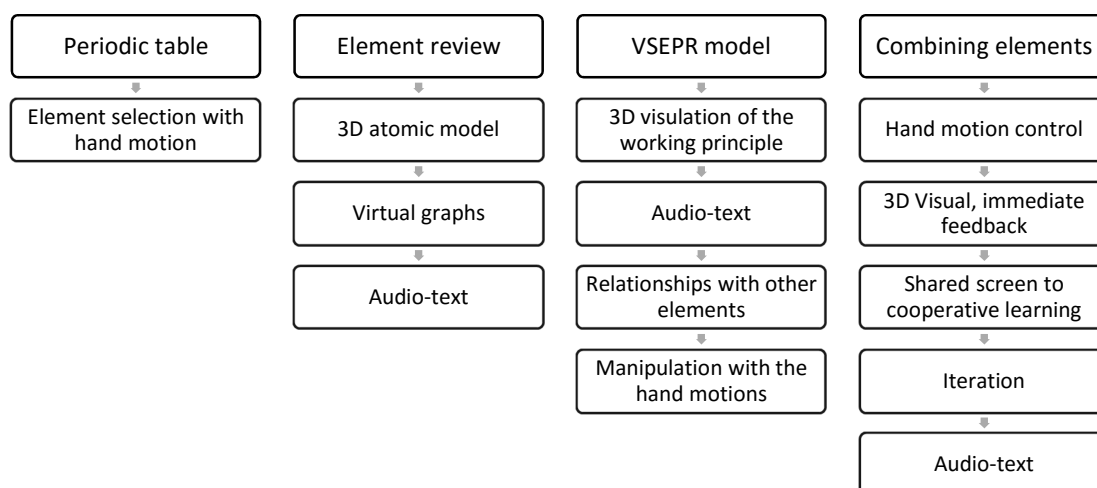


Figure 3. Flow Diagram of the Material.

Also, the screen shots of the developed scenes are shown in Figure 4.

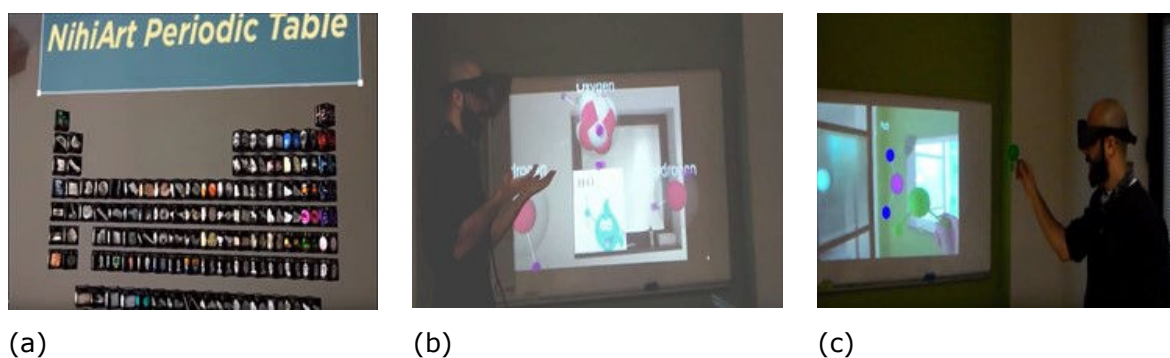


Figure 4. Developed Educational Scenario, (a) Periodic Table, (b) Molecular Game, (c) VSEPR Application.

The first scenario aims to explain the shape of the periodic table and structure of elements. As seen in Figure 4a, the scene consists of a 3D interactive periodic table. The goal of this scene is to search location of the elements in the periodic table and investigate the atomic structure of the selected elements. The learning task for the second scene is to simulate molecular structure of H_2O and observe the shared electrons. Users need to identify hydrogen and oxygen atoms and place them into the correct area with hand motions in order to create a H_2O molecule. Then, students can observe the structure of H_2O molecule and motion of the electrons. The example of second scene has been provided in Fig. 4b. The third scene has been developed to explore the geometry of individual molecules (VSEPR) and their appearances in nature (Figure 4c).

As seen in Figures 2 and 4, manipulation of the material has been supplied with physical hand motions – touch, grab, drag, drop, rotate. Also, transactions between the screens have been guided with the students' selection. For instance, if the user selects the oxygen from Figure 2a, the 3D atomic model of oxygen would appear as seen in Figure 2b. As understood, the user can review the

elements iteratively and observe the 3D models. Moreover, the collaborators can see each other and the shared computer graphics (3D Periodic Table, atomic structures of the elements, *etc.*) synchronously.

Materials & Cost

The developed AR system is based on HMDs, hand and finger tracking software, NUI, HCI, 3D models of periodic tables, atomic structures of elements, VSPER models. The 3D models and animations of the material have been designed and developed with Unity3D and Maya3D.

RESULTS AND DISCUSSION

Current knowledge delivery methods in education should move away from memory-based learning to more motivated and creative education (Singhal *et al.*, 2012). As known, the ID has an enormous importance to create effective learning environment that has to be determined in accordance with the students' needs, cognitive abilities and the learning outcomes (Dunleavy & Dede, 2014; Taggin & Arslan, 2016).

The learning methods and techniques have been increased with the developing technologies and AR is one of the popular and effective learning techniques. As a cognitive tool and pedagogical approach, AR is primarily aligned with situated and constructivist learning theory (Dunleavy & Dede, 2014). Also, AR could enable (1) learning content in 3D perspectives, (2) ubiquitous, collaborative and situated learning, (3) learners' senses of presence, immediacy, and immersion, (4) visualizing the invisible, and (5) bridging formal and informal learning (Wu *et al.*, 2013). This project has been developed by using these elements thanks to the fact that, the developed AR application could use both formal and informal education materials. Additionally, the learning content has been prepared by subject expert, and all the information has been organized by the instructional designer to increase the learning outcomes of the learners.

On the other side, the functions of used AR technology offer a roadmap to learning theory selection process. According to the research by Cheng and Tsai (2013), spatial ability, practical skills, and conceptual understanding of students are often afforded by visual-based AR, and location-based AR usually supports inquiry-based scientific activities. As understood, chemistry learners have to be active learners in order to comprehend the intangible concepts. For this reason, the supportive material has to consist of analogies, metaphors and high fidelity visual components to reinforce the learners.

AR examples of chemistry education generally use computer based visualization. However, visualization and high fidelity have extreme significance in order to increase cognitive learning. For instance, Boletsis and McCallum (2013) have been developed a collaborative AR game in order to teach the periodic table and the elements. The computer based project consists 3D clues on a periodic table and multiplayer game scenario. The project offers both collaborative and social learning environment to support learning process. Apotheker and Veldman (2015) mentioned about Molecular City application that consists marker recognition and synchronize 3D monitor visualization and abstract information about the elements. The application also supported by mobile devices and 3D glasses. However, learners cannot manipulate the elements and interact with 3D visuals. That project has been used image based AR technology. Also, there are several image based mobile AR applications such as Atomdroid or NDKmol (Huang, 2015).

In this project, the image-based AR technology has been developed to handle the determined impediments of students in chemistry education. The developed AR system consists of high fidelity 3D visuals and several multimedia components to support conceptual understanding of students. The AR examples of chemistry education has lack of interactivity. The user control of this AR project has been executed with physical hand motions -touch, grab, drag, drop and rotate- in order to observe and investigate the structure of both elements and molecules. In this way, students have been guided to discover relationships between the concepts with iterative practice opportunities. In addition, the AR system allows multiple user interaction with the same virtual chemical structures to support cooperative learning environment. The user control abilities of this project offer interactive, collaborative, individual and active learning environment.

The study of Singhal *et al.* (2012) shows that AR is the enjoyable learning technique to gain more knowledge of molecular structures. Besides, students substantially improve their spatial intuition and learn to better understand visual cues. Similarly, the results of previous studies (Maier and Klinker, 2013; Maier *et al.* 2009) studies indicate that AR applications have an enormous potential to increase intangible concepts in chemistry education. Thus, the perceived fear of chemistry learners has been reserved to the positive attitude. This is absolutely related with the visualization -the spatial relations between molecules and their resulting reaction-. It could be accepted by students because of the new way of controlling and interacting with models of molecules in a playful way (Maier *et al.*, 2009).

As understood in the several studies mentioned, the features of the AR should be used to enhance a learning environment. However, ID has an essential process to get reach the determined learning outcomes from the environment. Thus, the educated AR applications have to be designed with an expert team, which should include the instructional designer and subject expert.

CONCLUSION

In this study, HCI based system has been developed to learn the periodic table, structure of the elements, molecules and VSEPR models. The AR technology is used to visualize virtual objects in the RW. The HMDs have been used to set up collaborative learning environment that provides the opportunity to manipulate the virtual objects via hand motions and also, students can learn from each other via shared screens. The fundamental contribution and advantage of the developed system could be explained as any supplementary materials - physical tools (such as mouse, keyboard, marker or glove) – are not required to manipulate virtual objects. Human hand and finger (NUI) motions have been used to manipulate virtual objects instead of the fiducial markers. So, it provides one of the most realistic interaction opportunities with virtual objects.

It is possible to state that interest, anticipation, attention, and wonder of the students could be increased by means of natural hand motion manipulation. Besides, cognitive abilities of the students could be improved thanks to the high fidelity 3D visual designs and other multimedia components. The developed AR application should be applied and evaluated experimentally in order to determine effectiveness of this learning method. Moreover, potential outcomes of similar AR applications should be compared from the ID perspective.

REFERENCES

- Apotheker, J. & Veldman, I. (2015). Twenty-First Century Skills: Using the Web in Chemistry Education, In J García-Martínez & E Serrano-Torregrosa (Eds.), Chemistry Education: Best Practices, Innovative Strategies and New Technologies, Wiley.
- Azuma, R., Baillet, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. Computer Graphics and Applications, IEEE, 21(6), 34-47.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and virtual environments, 6(4), 355-385.
- Barab, S. A. (2006), Design-based research: A methodological toolkit for the learning scientist, in Sawyer R. K. (Ed.), Cambridge handbook of the learning sciences, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 153–170.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. The journal of the learning sciences, 13(1), 1-14.
- Beetham, H., & Sharpe, R. (2013). Rethinking pedagogy for a digital age: Designing for 21st century learning, London: Routledge.

- Boletsis, C., & McCallum, S. (2013, September). The Table Mystery: An Augmented Reality Collaborative Game for Chemistry Education. In International Conference on Serious Games Development and Applications (pp. 86-95). Springer Berlin Heidelberg.
- Cengizhan, S. (2007). Proje temelli ve bilgisayar destekli öğretim tasarımlarının; bağımlı, bağımsız ve iş birlikli öğrenme stillerine sahip öğrencilerin akademik başarılarına ve öğrenme kalıcılığına etkisi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 5(3), 377-403.
- Cheng, K.-H., & Tsai, C.-C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449-462.
- Di Serio, Á., Ibáñez, M. B., & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented Reality Teaching and Learning. In M. J. Spector, D. M. Merrill, J. Elen, & J. M. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 735-745). New York, NY: Springer New York..
- Hoadley, C. M. (2004). Methodological alignment in design-based research. *Educational Psychologist*, 39(4), 203-212.
- Huang, L. (2015). Chemistry Apps on Smartphones and Tablets, In J. García-Martínez & E. Serrano-Torregrosa (Eds.), *Chemistry Education: Best Practices, Innovative Strategies and New Technologies*, Wiley.
- Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of research in science teaching*, 34(9), 949-968.
- Lin, T.-J., Duh, H. B.-L., Li, N., Wang, H.-Y., & Tsai, C.-C. (2013). An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Computers & Education*, 68, 314-321.
- Liu, W. (2010). Natural user interface-next mainstream product user interface. Paper presented at the 2010 IEEE 11th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design 1.
- Ma, J. Y., & Choi, J. S. (2007). The virtuality and reality of augmented reality. *Journal of multimedia*, 2(1), 32-37.
- Mahaffy, P. (2015). Chemistry Education and Human Activity. In J. García-Martínez & E. Serrano-Torregrosa (Eds.), *Chemistry Education: Best Practices, Innovative Strategies and New Technologies*, Wiley.
- Maier, P., & Klinker, G. (2013, May 6-8). Evaluation of an Augmented-Reality-based 3D User Interface to Enhance the 3D-Understanding of Molecular Chemistry. Paper presented at the Proceedings of the 5th International Conference on Computer Supported Education, 294-302, doi: 10.5220/0004349502940302.
- Maier, P., Tönnis, M., & Klinker, G. (2009, May 25 - 28). Augmented Reality for teaching spatial relations. Paper presented at the Conference of the International Journal of Arts & Sciences: American Canadian Conference for Academic Disciplines, iSSN: 1943-6114.

- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Raspopovic, M., Cvetanovic, S., & Jankulovic, A. (2016). Challenges of Transitioning to e-learning System with Learning Objects Capabilities. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 17(1).
- Singhal, S., Bagga, S., Goyal, P., & Saxena, V. (2012). Augmented chemistry: Interactive education system. *International Journal of Computer Applications*, 49(15).
- Stirbu, V., Murphy, D., & You, Y. (2012, April 16-20). Open and decentralized platform for visualizing web mash-ups in augmented and mirror worlds. Paper presented at the Proceedings of the 21st international conference companion on World Wide Web, doi: 10.1145/2187980.2188151
- Tagçın, Z., & Arslan, A. (2016). The perceptions of CEIT postgraduate students regarding reality concepts: Augmented, virtual, mixed and mirror reality. *Education and Information Technologies*, 1-16. doi:10.1007/s10639-016-9484-y
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1991). Using Analogies in Secondary Chemistry Teaching, *Australian Science Teachers Journal*, 37, 10-14.
- Vanderhoven, E., Schellens, T., Vanderlinde, R., & Valcke, M. (2015). Developing educational materials about risks on social network sites: a design based research approach. *Educational technology research and development*, 1-22.
- Wegener, R., & Leimeister, J. M. (2012, January 4-7). Do Student-Instructor Co-Created eLearning Materials Lead To Better Learning Outcomes? Empirical Results from a German Large Scale Course Pilot Study. Paper presented at the System Science (HICSS), 45th Hawaii International Conference, IEEE Computer Society 2012, ISBN 978-0-7695-4525-7.
- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49.
- Yuen, S., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119-140.

Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Radyoaktiflikle İlgili Bilgi Düzeyleri¹

Zehra MOLU¹, Hülya KAHYAOĞLU¹, Ela Ayşe KÖKSAL*¹

¹Ömer Halisdemir Üniversitesi

ÖZ: Bu çalışma fen öğretmen adaylarının radyoaktiflik ile ilgili bilgilerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Geliştirilen bilgi testi 2014-15 akademik yılı güz döneminde Genel Kimya I dersine katılan 56 fen bilgisi öğretmen adayına uygulanmıştır. Fen bilgisi öğretmen adaylarından elde edilen yazılı kâğıtları okunup değerlendirilerek açık uçlu sorulara verilen yanıtlar "tam doğru", "kavram yanılgısı", "yanlış" ve "boş"; çoktan seçmeli sorulara verilen yanıtlar ise "doğru" ve "yanlış" olarak sınıflandırılmıştır. Fen bilgisi öğretmen adayları açık uçlu sorulara % 9 (kavram tanımı, soru 15) ile % 86 (radyoaktifliğin kullanım alanı, soru 14); çoktan seçmeli sorulara ise % 5 (kavram tanımı ve nükleer tepkimeler, soru 21, 23 ve 33) ile % 98 (kavram örneği, soru 20) oranlarında doğru yanıt vermiştir. Fen bilgisi öğretmen adayları radyoaktiflik kavramı, uyarı resmi, nükleer santral (1, 13 ve 16. sorular); izotop kavramı (4. soru); doğal ve yapay çekirdek tepkimesi (6. soru); kayaların yaşları (8. soru); atom bombası (10. soru); hidrojen bombası (11. soru) ve çekirdek ışımaları (15. soru) hakkında yanlış kavramalara sahiptir.

Anahtar kelimeler: Radyoaktiflik, fen öğretmen adayları, kavram yanılgısı.

Knowledge Levels of Pre-Service Science Teachers on Radioactivity

ABSTRACT: This study aims to determine the knowledge levels of pre-service science teachers about radioactivity. A knowledge test was administered to 56 pre-service science teachers participated in the General Chemistry I course in the fall semester of 2014-15 academic year. Papers derived from the pre-service science teachers were read and evaluated, and the responses were classified as "accurate", "misconception", "wrong" and "empty" categories for open-ended questions and the responses to the multiple-choice questions were classified as "right" and "wrong". The pre-service science teachers' correct response rates were between 9 % (definition of "nuclear radiation" concept, question 15) and 86 % (radioactivity uses, question 14) in open-ended questions whereas in multiple choice questions the ratio of correct answers ranged from 5 % (concept definition and nuclear reactions, questions 21, 23 and 33) to 98 % (sample of concept, question 20). Pre-service science teachers hold misconceptions on the radioactivity, warning picture, nuclear power plant (questions 1, 13, and 16); isotopes (question 4); natural and artificial nucleus reaction (question 6); age of the rocks (question 8); atomic bomb (question 10); hydrogen bomb (question 11) and core irradiation (question 15).

Keywords: Radioactivity, pre-service science teachers, misconception.

¹ Bu çalışma, yazarlar tarafından IV Kimya Eğitimi Kongresi'nde sunulmuştur.

GİRİŞ

Radyoaktiflik, dünyadaki yaşamı etkileyen önemli bilgileri içeren konulardan biridir (Morgil, Yılmaz ve Uludağ, 2004). Radyoaktiflik konusunun öğretilmesinin iki nedeni vardır; birincisi günlük hayatta sıklıkla karşılaşılması, ikincisi ise konu hakkında yeterli bilgi sahibi olunamaması ve yanlış kavramaların önüne geçilememesidir. Örneğin, radyoaktiflik günlük hayatta tıp alanındaki tanılarda, fosil ve kayaçların yaş tayininde sıklıkla kullanılmaktadır. Radyoaktiflik konusunda öğrencilerin sıkıntı yaşamasının nedeni Klasson'a (1990) göre atomun yapısını kavrayamamaları; Prather'e (1998) göre ise radyasyon ve radyoaktiflik kavramlarını birbirine karıştırmaları, radyasyonun sonucu olarak radyoaktifliğin ve çevre kirliliğinin meydana geldiğini düşünmeleri ve radyoaktif kirlenmenin atomların değerlik elektronlarının değişmesi sonucu oluştuğuna inanmalarıdır (akt. Morgil ve ark., 2004). Bu nedenlerden dolayı radyoaktiflik konusu öğretilirken bu yanlışlar değiştirilememektedir (Millar, Klaassen ve Eijkelhof, 1990 akt. Tezcan ve Erçoklu, 2003).

Bu çalışma radyoaktiflik konusunda üniversitede fen bilgisi öğretmenliği bölümüne devam eden öğrencilerin anlamalarını ve kavram yanlışlarını ortaya çıkarmak amacıyla yapılmıştır. Öğretmen adaylarıyla böyle bir çalışma yapılmasının nedeni daha önce okudukları lise seviyesinde radyoaktifliğin önemli bir konu olduğunun (Morgil ve ark., 2004) belirtilmesidir. Ancak sınıflar kalabalık ve laboratuvarlarda deney yapma imkânı sınırlı olduğundan konu daha çok, öğretmenin teorik sunumu şeklinde öğretmen merkezli olarak öğretilmekte, öğrenciler ders esnasında pasif bir rol almaktadırlar. Bu uygulamalardan dolayı da radyoaktiflik konusu genellikle öğrenciler tarafından Hiroşima, Nagazaki veya Çernobil olayları olarak tanınmaktadır (Morgil ve ark., 2004). Lise öğrencilerinin radyoaktiflik konusunda yanlış kavramalara sahip olduklarını ve bu yanlışların ders kitaplarında da yer aldığı görülmektedir (Yalçın ve Kılıç (2005). Bununla birlikte lise öğrencilerinin radyoaktiflik konusundaki başarılarının ve kimyaya ve bilgisayara yönelik tutumlarının bilgisayar destekli eğitim (BDE) ile geliştiği görülmüştür (Akçay, Tüysüz, Feyzioğlu ve Uçar, 2007). Etkileşimli olarak hazırlanan görsel-işitsel materyallerin tek başına ya da geleneksel öğretimle birlikte uygulandığında öğrencilerin başarı ve tutumlarını geleneksel öğretime göre istatistiksel olarak artırmıştır (Akçay ve ark., 2007).

Üniversite düzeyindeki fen bilgisi ve sınıf öğretmeni adayları, ağır metal ve radyasyon konusunda orta düzeyde başarı göstermişlerdir (Aydın, 2013). Animasyon ve simülasyon içeren BDE ve kavramsal değişim metinleri ayrı ayrı ve beraber kullanıldığında fen bilgisi öğretmen adaylarının radyoaktiflikle ilgili yanlış kavramalarının giderilmesinde etkili olmuştur (Yumuşak, Maraş ve Şahin, 2015). Çoğu radyoaktiflik kavramı soyut olduğundan bunları BDE aracılığıyla somut hale getirmek öğrencilerin konuyu doğru anlamasını sağlamıştır (Yumuşak ve ark., 2015). Ayrıca bu durumda geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında BDE'de öğrenci zihnini büyük oranda odaklayabilmesi ve derse yönelik güdü ve ilgisinin canlı kalması sağlanmıştır.

Öğretmen adaylarının radyoaktiflik konusundaki başarılarına aktif öğrenme yaklaşımının etkisi olduğu da görülmüştür. Sosyal Bilgiler Öğretmenliğinde öğrenim gören öğrencilerle yapılan çalışma (Önal, 2008) aktif öğrenme modeline göre işlenen derslerin geleneksel öğretime göre öğrencilerin çevre kirliliği (hava, su, toprak ve radyoaktif kirlilik) ile ilgili başarılarını ve derse ve konuya yönelik tutumlarını anlamlı olarak artırdığını göstermektedir (Önal, 2008). Aktif öğrenme; gezi-gözlem, tartışma ve örnek olay yöntemleri ile beyin fırtınası, araştırma grupları ve yerine koyma tekniklerini içermektedir (Önal, 2008).

Son yıllarda pek çok bilim insanı fen öğretimiyle ilgili çalışmalar yapmakta ve öğrencilerin neden başarısız olduğunu ve yanlış kavramalara sahip olduğunu araştırmaktadır (Tezcan ve Erçoklu, 2003). Yanlış kavrama, bilimsel olarak doğru olmayan ama öğrencilerin, kendilerine özgü bir biçimde anlamlaştırdıkları kavramlar olarak tanımlanabilir (Nakiboğlu, 2006, 193, 198-199). Deneyim ve öğretimden kaynaklanan yanlış kavramaların (Skelly & Hall, 1993 akt. Nakiboğlu, 2006, 200) kaynağı ön bilgiler, konuşma dili, benzeşim ve mecazlar, model ve simgeler ile ders kitapları ve öğretmenlerdir (Nakiboğlu, 2006, 201-202).

Yapılan alan yazın taramasında ülkemizde özellikle öğretmen eğitiminde olmak üzere radyoaktivite eğitimi konusunda yapılan çalışmaların azlığı dikkati çekmektedir. Dönmez Usta ve Ayas (2010) tarafından nükleer kimya, radyoaktiflik, radyasyon, yanlış kavrama anahtar kelimeleri kullanılarak yapılan alan yazın araştırmasında da belirtildiği gibi az sayıda bulunan çalışmalar genellikle öğrencilerle yapılmış olduğundan, öğretmen adaylarıyla ve öğretmenlerle yapılacak çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Tsapalis, Hartzavalos ve Nakiboğlu, (2013) Türk ve Yunan üniversite öğrenci ve öğretmen adaylarının termonükleer reaktör ve seyretilmiş uranyum konularındaki fen okuryazarlıklarını araştırmış; ancak bulgularının moral bozucu olduğunu ve lise programlarında bu konuların zaten kapsamadığını belirtmiş; çekirdek bilimi alanındaki öğrenme gücü ve yanlış kavramalara karşı ne yapılabileceğini tartışmışlardır.

Bu çalışmada, fen bilgisi öğretmenliğinde okuyan aday öğretmenlerin radyoaktiflik konusundaki ön-bilgilerini ve hazır bulunuşluklarını ölçmek, bilgi ve kavrama düzeylerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu suretle gerek öğretmen eğitimcilerine gerekse alan yazına bu konuda katkı sağlamak planlanmıştır.

YÖNTEM

Araştırma modeli

Fen Bilgisi öğretmen adaylarının radyoaktiflik ile ilgili bilgilerinin belirlenmesi amacını taşıyan bu çalışmada tarama modeli kullanılmıştır. Tarama modeli, var olan durumu betimlemeyi amaçlayan araştırma yaklaşımıdır (Karasar, 2009, s.77).

Evren ve örneklem

Araştırmanın evrenini 2014-15 akademik yılı güz döneminde Türkiye'deki üniversitelerin eğitim fakültelerinin fen bilgisi öğretmenliği bölümlerinde öğrenim gören 1. sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Örneklem olarak Niğde Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Öğretmenliği bölümünde öğrenim gören ve Genel Kimya I dersine devam eden 56 1. sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Örneklem ulaşılabilir ve uygulamanın yapılabildiği gruptan seçildiğinden seçkisiz olmayan örnekleme yöntemlerinden Uygun Örnekleme kullanılmıştır (Büyüköztürk, 2012).

Veri toplama aracı

Fen öğretmen adaylarının radyoaktiflikle ilgili bilgi düzeylerini belirlemeyi amaçlayan bu çalışmada Radyoaktiflik Bilgi Testi kullanılmıştır. Testin kapsam geçerliğine kanıt sağlamak için alan yazından ve lise kimya programından yararlanılarak radyoaktiflik konusuyla ilgili konu ve kazanımlar belirlenmiştir. Fen bilgisi öğretmenliği programında radyoaktiflik konusu aynı sınıfın 2. dönemindeki Genel Kimya II dersinde geçmektedir. Radyoaktiflik, Genel Kimya I dersinde atom, atomların elektron yapısı, periyodik çizelge ve kimyasal bağlar konularıyla ilgili olduğundan Çekirdek Kimyası başlığı altında Genel Kimya I dersinde verilmektedir. Bu çalışma fen öğretmen adaylarının radyoaktiflikle ilgili ön bilgilerini tespit etmeyi amaçladığından lise kimya programından yararlanılmış ve Genel Kimya I dersinde ilgili konunun öğretimi yapılmadan önce öğretmen adaylarının hazır bulunuşlukları belirlenmek istenmiştir. Testte yer alabilecek soru maddelerini içeren madde havuzu bu ölçütlere göre yeniden değerlendirilerek nihai test maddeleri yazılmıştır. Toplam 34 soruyu içeren testte 16 madde açık uçlu 18 madde ise çoktan seçmelidir. Nükleer tepkimeler (12 soru), radyoaktifliğin kullanım alanı (12 soru), kavram tanımı (6 soru), kimyasal ve nükleer tepkimeler arasındaki fark (2 soru), kavramsal modelleme (1 soru) ve kavram örneği (1 soru) konularından çıkan sorular bilişsel süreçlerin bilme ve uygulama düzeyinde hazırlanmıştır. Testin belirtke tablosu Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1: Radyoaktiflik bilgi testinin belirtke tablosu.

Madde numarası	Konu alanı	Bilişsel süreç
1, 4, 21, 32, 33, 34	kavram tanımı	bilme
2, 9	kimyasal-nükleer tepkimeler	uygulama
3, 5	nükleer tepkimeler (ısıma, zararları)	bilme, uygulama
6, 22, 23, 24, 27	nükleer tepkimeler	bilme
7, 15, 28, 29	nükleer tepkimeler	uygulama
8, 10, 18, 25, 26, 30, 31	radyoaktifliğin kullanım alanı	bilme
11	radyoaktifliğin kullanım alanı	bilme, uygulama
12, 14, 16, 17	radyoaktifliğin kullanım alanı	uygulama
13	gösterim/modelleme	bilme
19	radyoaktif tepkime (füzyon)	bilme
20	kavram örneği	bilme

Testte öğrencilerin radyoaktiflikle ilgili bilgi düzeylerini daha iyi belirleyebilmek için hem açık uçlu hem de çoktan seçmeli sorular kullanılmıştır. Bunun yanında özellikle açık uçlu soru

maddeleri ile çoktan seçmeli soru maddeleri arasında olmakla beraber soruların birbiriyle ilişkili olmasına dikkat edilmiştir. Tablo 2’de sorular arasındaki ilişki gösterilmektedir.

Tablo 2: Radyoaktiflik bilgi testi soruları arasındaki ilişki.

Konu alanı	Soru maddeleri
ışın türleri	3 , 28, 29, 30
İzotop	4 (1. Bölüm), 20, 21
kararlılık kuşağı	5 , 21, 23
nükleer enerji	7, 14, 16 , 17, 18, 26, 30,
yaş tayini	8 , 17, 18, 30
nükleer enerji	9, 16 , 26
tanıma yöntemleri	12 , 17, 18, 30
çekirdek ışımaları	15 , 28, 29
radyoaktif izotop	4 (2. Bölüm), 8, 12 , 18, 30
Füzyon	19, 27, 34
izotop çekirdek	4, 7 , 21
ışın türleri	22, 23, 24
nükleer reaktör	25, 31

Not: Açık uçlu sorular koyu olarak ifade edilmiştir.

Veri analizi

Hazırlanan bilgi testi, 2014-15 akademik yılı güz döneminde Genel Kimya I dersine katılan 56 fen öğretmen adayına uygulanmıştır. Bu şekilde örneklemden elde edilen yazılı kâğıtları araştırmacılar tarafından okunup değerlendirilmiştir. Açık uçlu sorulara verilen yanıtlar “tam doğru”, “yarı doğru”, “kavram yanlışlığı”, “yanlış”, “boş” kategorileri halinde sınıflandırılmıştır. Çoktan seçmeli sorulara verilen yanıtlar ise doğru ve yanlış kategorileri halinde sınıflandırılmıştır.

Açık uçlu sorulara verilen yanıtlar değerlendirilirken ilk önce yanıt anahtarı hazırlanmıştır. Bu yanıt anahtarına göre fen öğretmen adaylarının kâğıtları okunarak verilen cevaplar TİMSS açık uçlu soruları için kullanılan sınıflandırmaya uygun olarak kodlanmış ve değerlendirilmiştir. Örneğin 4. soru olan “İzotop kavramı nedir? Radyoaktif izotop nedir?” için yanıt anahtarı Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: 4. soruya verilen yanıtları değerlendirmede kullanılan cevap anahtarı.

Bilgi Düzeyi	Kod	Yanıt
Tam Doğru	21-22	<i>Atom numarası aynı, kütle numarası farklı olan atomlara denir. Element izotoplarının ışıma yapması çekirdeklerindeki nötron/proton oranına bağlıdır. Kararlı nötron/proton oranına sahip izotoplar ışıma yapmaz. Kararlı doğal izotopların nötron sayıları proton sayılarına karşı grafiğe geçirilirse fazla geniş olmayan bir kararlılık kuşağı elde edilir. Bu kuşak içerisindeki atomlar kararlı izotoptur. Bunun dışında kalan atomlar kendiliğinden ışıma yaptığı için radyoaktif izotoptur.</i>
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	Sadece izotop atom ya da radyoaktif atom tanımı yapılmış.
Yanlış Kavrama	71-77	“İzotop” ile “Radyoaktif İzotop” ya da “İzotop” ile “İndikatör” ve “Katalizör” kavramları karıştırılmış.

Not: Kodlar TİMSS açık uçlu sorularının değerlendirilmesinde kullanılan sınıflamadan alınmıştır.

Tablo 3: Devamı

Bilgi Düzeyi	Kod	Yanıt
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	Soruların dışındaki kavramları (örneğin radyasyon ve indikatör) açıklamış.
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Yanıt vermemiş ya da verdiği yanıt konuyla ilgili olmayan.

Not: Kodlar TİMSS açık uçlu sorularının değerlendirilmesinde kullanılan sınıflamadan alınmıştır.

Katılımcıların açık uçlu sorulara verdikleri yanıtların değerlendirilmesinde kullanılan kodlar ile çoktan seçmeli sorulara verdikleri yanıtlar (öğretmen adayının işaretlediği seçeneğin ne olduğu yazılarak ya da boş bırakılan sorular için "Boş" sınıflandırması kullanılarak) bu şekilde değerlendirildikten sonra değerlendirildikten sonra veriler Microsoft Office Excel 2007 bilgisayar programına girilmiştir. Bu şekilde hazırlanan dosya istatistiksel analizi için SPSS 13.0 for Windows bilgisayar programı kullanılmıştır.

Radyoaktiflik Bilgi Testinin iç tutarlık güvenirliğine kanıt sağlamak için öğrencilerin açık uçlu ve çoktan seçmeli maddelere verdikleri "doğru" yanıtlar "1" (açık uçlu sorularda tam doğru yanıtlar "2", yarı doğru yanıtlar "1") ve yanlış yanıtlar "0" olarak puanlanarak güvenirlik analizi yapılmış ve Cronbach alfa güvenirlik katsayıları .60 ve .65 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre testin iç tutarlılığı "kabul edilebilir" (Vasudevan, 2014) sınırlar içindedir.

BULGULAR

Fen bilgisi öğretmen adaylarının radyoaktiflikle ilgili bilgi düzeylerinin incelendiği bu çalışmada öğretmen adaylarının radyoaktiflik bilgi testine verdikleri yanıtların analiz sonuçları aşağıda verilmektedir. Testin açık uçlu ve çoktan seçmeli olması nedeniyle bulgular iki bölüm halinde verilmiştir.

Açık uçlu sorulara verilen yanıtların değerlendirilmesi

1. soru: Radyoaktiflik kavramı nedir?

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 4), öğretmen adaylarından 35'i bu soruyu doğru cevaplamış, "*kendiliğinden ışıma yapan maddelere radyoaktif madde denir.*" demişlerdir. Öğretmen adaylarının 20'si radyoaktiflik ile radyasyon kavramlarını karıştırmış ve "*Kendiliğinden radyasyon yayan maddelere radyoaktif madde denir.*" demişler ve Uranyum hakkında bilgi vermişlerdir. Bu durum radyoaktiflik hakkında yeterli bilgilerinin olmadığını düşündürmektedir. Yanlış kavramaya sahip olan öğrencilerin oranı % 36 olduğundan bu soruda kavram yanlışlığından bahsedilebilir. Radyoaktiflikle radyasyon aynı kavramlar değildir. Öğretmen adaylarından biri de bu soruyu yanlış açıklamış, radyoaktifliğin "*radyasyon yayan*" anlamına geldiğini söylemiştir.

Tablo 4: Fen öğretmen adaylarının 1. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	<i>Kendiliğinden ısıma yapabilen maddeler radyoaktif maddelerdir.</i>	35 (62)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	-	-
Yanlış Kavrama	71-77	İşin ile frekans karıştırılmış	20 (36)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	"Radyasyon yayan anlamındadır"	1 (2)
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	-	-

2. soru: Çekirdek tepkimelerinin kimyasal tepkimelerden farkı nelerdir?

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 5), öğretmen adaylarından 12'si bu soruyu doğru cevaplamıştır. "*Çekirdek tepkimesinde çok büyük miktarda enerji açığa çıkar. Çekirdek bölünmesinin gerçekleşebilmesi için artması gereken bir potansiyel duvarı olmalıdır. Çekirdek bölünmesi olayı doğada kendiliğinden fakat çok seyrek olarak gerçekleşir.*" şeklindeki yanıtta görüldüğü gibi öğretmen adaylarının büyük çoğunluğu (34 öğretmen adayı) çekirdek ile kimyasal tepkimeler arasındaki farkı tam olarak açıklayamamıştır. Öğretmen adaylarının üçü çekirdek ve kimyasal tepkimelerini yanlış tanımlamıştır. Öğretmen adaylarının yanlış kavramalarının hem çekirdek hem de kimyasal tepkime kavramlarını açıklamalarındaki hatalardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Öğretmen adayları bu kavramları yanlış kullanmaktadırlar. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adaylarının oranı % 20'den az olduğundan bu soruda kavram yanılgısından bahsedilememektedir. Öğretmen adaylarının dördü bu soruyu yanlış cevaplamış ve üçü de boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan yanıtlamıştır.

Tablo 5: Fen öğretmen adaylarının 2. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	Çekirdek ve kimyasal tepkimeler arasındaki farklar tam açıklanmış	12 (22)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	Çekirdek ve kimyasal tepkimelerin farkı tam açıklanmamış	34 (61)
Yanlış Kavrama	71-77	Çekirdek ve kimyasal tepkimeler yanlış tanımlanmış	3 (5)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	"Çekirdek tepkimelerinde proton numarası değişmez."	4 (7)
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Soru tekrar yazılmış, Sorunun cevabı verilmemiş	3 (5)

3. soru: Isıma türleri nelerdir? Giricilik ve iyonlaştırma özelliklerini kıyaslayınız.

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 6), öğretmen adaylarından sekizi bu soruyu doğru cevaplayarak "*alfa, beta ve gama*" isimlerini vermiştir. 46 öğretmen adayı ise bu soruyu yarı doğru cevaplamıştır (ısıma türlerini yanıtlarken, giricilik ve iyonlaşma özelliklerini kıyaslamayı yapmamışlardır). Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adayı ısıma türlerini açıklarken,

pozitron, proton gibi kavramlar ilave etmiştir: “Alfa, beta, gama, pozitron, nötron ışıması.” Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adaylarının oranı % 20’den az olduğundan bu soruda kavram yanılgısından bahsedilememektedir. Öğretmen adaylarından biri de bu soruyu boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan yanıtlamıştır.

Tablo 6: Fen öğretmen adaylarının 3. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	İşima türleri doğru verilmiş, giricilik ve iyonlaştırma özellikleri karşılaştırılmış.	8 (14)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	İşima türleri verilmiş, özellikleri karşılaştırılmamış	46 (82)
Yanlış Kavrama	71-77	İşima türleri ve özellikleri karıştırılmış	1 (2)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	-	-
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Soru cevaplanmamış	1 (2)

4. soru: İzotop kavramı nedir? Radyoaktif izotop nedir?

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 7) öğretmen adaylarından 38’i bu soruyu doğru cevaplamıştır. “Atom numarası aynı, kütle numarası farklı olan atomlara izotop denir. Radyoaktif izotoplar endüstri ve tıp alanlarında kullanılmak üzere yapay olarak kullanılabilmektedir.” şeklindeki örnek yanıtta olduğu gibi yedi öğretmen adayı izotop kavramını tanımlayabilirken radyoaktif izotop kavramını tanımlayamamıştır. 11 öğretmen adayı da bu kavramı yanlış olarak izotop gibi tanımlamıştır. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adaylarının oranı % 20 olduğundan bu soruda kavram yanılgısından bahsedilebilir.

Tablo 7: Fen öğretmen adaylarının 4. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	İzotop ve radyoaktif izotop doğru tanımlanmış.	38 (68)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	İzotop doğru tanımlanmış radyoaktif izotop tanımlanmamış	7 (12)
Yanlış Kavrama	71-77	Radyoaktif izotop yanlış tanımlanmış (izotop gibi tanımlanmış)	11 (20)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	-	-
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	-	-

5. soru: Kararlılık kuşağı ne demektir? Ne amaçla kullanılır? Hamile kadınların röntgen çektiği nereden sakıncalıdır?

Verdikleri yanıtlar incelendiğinde (bkz. Tablo 8), öğretmen adaylarından yedisi bu soruyu doğru cevaplamış, 38’i tam açıklayamamış, sekizi yanlış tanımlamıştır. Yanlış kavramaya sahip olan

öğretmen adayları kararlılık kuşağını bağlanma enerjisi, zararlı ışınların en kararlı olduğu konum gibi farklı kavramlar olarak tanımlamış; elementin son yörüngesindeki element sayısının tam olup olmadığı (elementle elektronu karıştırmış) gibi açıklamalarla ifade etmişlerdir. Hamile kadınların röntgen çekirtmesini ise "yüksek frekansa maruz kalma" olarak ifade etmiştir. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adaylarının oranı % 20'den az olduğundan bu soruda kavram yanlışlığından bahsedilememektedir. Öğretmen adaylarının üçü de bu soruyu boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan yanıtlamıştır: "Atom çekirdeğinin kararlılığının nükleon (temel tanecik) başına düşen bağlanma enerjisi ve çekirdeğin kararlılığının ölçüsüdür. Atom çekirdeklerinde tanecik sayısı arttıkça bağlanma enerjisi azalır. Çekirdek kararsızlığı arttıkça radyoaktif olma özelliği. Yüksek dozla reaksiyona artar durumuna yerleştiğinden önce ölçülerek etki yapmaktadır."

Tablo 8: Fen öğretmen adaylarının 5. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	Kararlılık kuşağı tanımı, ne amaçla kullanıldığı ve hamile kadınların röntgen çekirtmesinin sakıncaları doğru ifade edilmiş	7 (13)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	Kararlılık kuşağı tanımlanmış, ne amaçla kullanıldığı ve hamile kadınların röntgen çekirtmesinin sakıncaları eksik ifade edilmiş.	38 (68)
Yanlış Kavrama	71-77	Yapılan açıklamalar hatalı	8 (14)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	-	-
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Soruya cevap verilmemiş	3 (5)

6. soru: Doğal ve yapay çekirdek tepkimesi ne demektir?

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 9) öğretmen adaylarından 36'sı bu soruyu doğru cevaplamış, 15'inde de yanlış kavrama görülmüştür. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adayları çekirdek tepkimeleri yerine doğal ve yapay kavramlarını açıklamış, ayrıca çekirdek tepkimelerinin kararsız olduğunu ifade etmemişlerdir. Yanlış kavrama oranı % 27 olduğundan bu soruda kavram yanlışlığından bahsedilebilir. Öğretmen adaylarının üçü de bu soruyu boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan yanıtlamıştır.

Tablo 9: Fen öğretmen adaylarının 6. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	Doğal ve yapay çekirdek tepkimesi doğru tanımlanmış	36 (64)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	-	-
Yanlış Kavrama	71-77	Doğal ve yapay kelimelerinin açıklaması yapılmış sorunun cevabı verilmemiş	15 (27)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	-	-

Tablo 9: Devamı.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Soruya cevap verilmemiş	5 (9)

7. soru: Nükleer enerjinin fayda ve zararları ne olabilir?

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 10), öğretmen adaylarından 37'si bu soruyu doğru cevaplamıştır. Örn. *"Faydaları: Nükleer güç üretimi diğer kömür, doğalgaz veya petrol kullanarak elektrik üreten teknolojilere göre çok daha az miktarda karbondioksit salınmasına neden olur. Yani nükleer santrallerin sera gazı emülsiyonları daha az olduğundan küresel ısınmayı hızlandırıcı etkileri düşüktür. Zararları: Nükleer santrallerin ürettiği atıklara ne yapılması gerektiği halen bir sorudan ibarettir. Çok tehlikeli olan bu atıkları dikkatli bir şekilde saklanmalıdır."* 10 öğretmen adayı bu soruyu kısmen cevaplamış; 9'u boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan şekilde yanıtlamıştır. Öğretmen adayları bu soruda yanlış kavramaya sahip değildir.

Tablo 10: Fen öğretmen adaylarının 7. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	Nükleer enerjinin zararları ve faydaları tam açıklanmış	37 (66)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	Nükleer enerjinin zararları ve faydaları eksik açıklanmış	10 (18)
Yanlış Kavrama	71-77	-	-
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	-	-
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Soruya verilen cevap konuyla ilgili olmayan	9 (16)

8. soru: Kayaların yaşları nasıl tayin edilir?

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 11) öğretmen adaylarından 12'si bu soruyu doğru cevaplamıştır. Öğretmen adaylarının 7'si *"Jeolojik yaş tayini, paleontolojik yaş tayini, radyoaktif elementlerle yaş tayini."* örneğinde olduğu gibi bu soruyu kısmen cevaplamıştır. Öğretmen adaylarının 23'ü bu soruyu yanlış tanımlamıştır. Yanlış kavramaya sahip olan bu öğretmen adayları genellikle yaş tayinini fosil ve kayaların katman sayısına bakılarak yapıldığını ifade etmişlerdir. Sadece birer öğretmen adayı kayanın bir sıvı içinde çözülerek, ısınlr ya da Geiger sayacı ile yaşının tayin edileceğini belirtmiştir. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adaylarının oranı % 41 olduğundan bu soruda kavram yanılgısından bahsedilebilir. Öğretmen adaylarının 14'ü de bu soruyu boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan yanıtlarla cevaplamıştır.

Tablo 11: Fen öğretmen adaylarının 8. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	Kayaçların yaşlarını tayin yöntemi doğru açıklanmış	12 (21)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	Kayaçların yaşlarını tayin yöntemi eksik açıklanmış	7 (13)
Yanlış Kavrama	71-77	Fosiller ve kayaçlar ile yaş tayin yöntemi açıklanmış	23 (41)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	-	-
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Soruya verilen cevap konuyla ilgili olmayan veya cevap verilmemiş	14 (25)

9. soru: Bir mol uranyum-232'nin bölünmesi tepkimesinde açığa çıkan enerji 2.10^3 J'dür. Bir ton kömürün yanma ısısının yaklaşık 5.10^7 J olduğu bilinmektedir. Bu durumdan nasıl bir sonuç çıkarırsınız?

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 12), öğretmen adaylarından sekizi bu soruyu doğru cevaplamıştır. Öğretmen adaylarının ikisi ise yanlış kavramaya sahip olduğundan bu soruyu doğru olarak cevaplamamıştır. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adaylarından biri nükleer santrallerin enerji üretimi ve karbondioksit salınımının engellediği açıklamış diğeri de radyoaktif maddelerin yüksek tepkimeler sonucu yüksek enerji açığa çıkardığını ifade etmiştir. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adaylarının oranı % 20'den az olduğundan bu soruda kavram yanlışlığından bahsedilememektedir. Öğretmen adaylarının 46'sı bu soruyu boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan yanıtlamıştır: "*Nükleer santrallerin sifıra yakın salınım ile enerji verdikleri ve dünyada işler nükleer santrallerin yılda 2 milyar ondan fazla karbondioksit salınımı engellenir.*"

Tablo 12: Fen öğretmen adaylarının 9. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	Enerji karşılaştırılması doğru açıklanmış	8 (14)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	-	-
Yanlış Kavrama	71-77	Nükleer santrallerin enerji üretimi ve karbondioksit salınımının engellediği açıklanmış	2 (4)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	-	-
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Soruya verilen cevap konuyla ilgili olmayan veya cevap verilmemiş	46 (82)

10. soru: Atom bombası nedir?

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 13), öğretmen adaylarından 24'ü bu soruyu doğru cevaplamıştır. Öğretmen adaylarından biri "*Hiroşima'ya atılan bombadır.*" yanıtını vererek yarı doğru yanıtlamıştır. Öğretmen adaylarının 29'u radyoaktiflikle radyasyonu karıştırmış; ikisi boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan yanıtlamıştır. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen

adaylarından bir kısmı fisyon (parçalanma) yerine füzyon (birleşme) terimini kullanmış ve bu kavramları karıştırmıştır. Öğretmen adaylarının bir kısmı da atom bombasını kontrolsüz çekirdek tepkimesi yoluyla sağladığı bomba modeli olarak tanımlamışlardır. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adaylarının oranı % 52 olduğundan bu soruda kavram yanılgısından bahsedilebilir.

Tablo 13: Fen öğretmen adaylarının 10. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	Atom bombasının tanımı doğru yapılmış	24 (43)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	Atom bombasının tanımı eksik yapılmış	1 (2)
Yanlış Kavrama	71-77	Fisyon yerine <i>füzyon</i> denilmiş	29 (52)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	-	-
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Konuyla ilgili olmayan açıklama yapılmış	2 (3)

11. soru: Hidrojen bombası ne demektir? Zararları nelerdir?

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 14), öğretmen adaylarından 12'si bu soruyu doğru, 10'u yarı doğru cevaplamıştır. 32 öğretmen adayının yanıtında yanlış kavrama olduğu bulunmuştur. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adayının bir kısmı hidrojen bombasını "*termonükleer bomba*" olarak tanımlamış bir kısmı da bilimsel olarak açıklayamamışlardır. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adayının oranı % 51 olduğundan bu soruda kavram yanılgısından bahsedilebilir. Öğretmen adaylarının ikisi bu soruyu boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan yanıtlamıştır.

Tablo 14: Fen öğretmen adaylarının 11. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	Hidrojen bombası doğru tanımlanmış ve zararları doğru açıklanmış	12 (21)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	Hidrojen bombası doğru tanımlanmış, zararları açıklanmamış	10 (18)
Yanlış Kavrama	71-77	Hidrojen bombası yanlış kavramalarla tanımlanmıştır	32 (57)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	-	-
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Soruya cevap verilmemiş ya da yazılanlar anlaşılır değil	2 (4)

12. soru: ^{24}Na kan akışını izlemekte, ^{131}I tiroid bozukluğunun belirlenmesinde, ^{123}I beyni görüntülemekte, ^{99}Tc kalp, akciğer, karaciğer gibi organların görüntülenmesinde kullanılmaktadır. Bu tanıma yöntemleri sizce avantajlı mı yoksa dezavantajlı mıdır? Tartışınız.

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 15), öğretmen adaylarından 15'i bu soruyu doğru cevaplamıştır. Öğretmen adaylarının 18'i bu soruyu yarı doğru cevaplamıştır: Örn. "*Radyoaktif izotopa maruz kalmak dezavantajdır. Bunların belli yarılanma süreleri vardır. Vücudumuzda kalır.*" Öğretmen adaylarının 23'ü bu soruyu boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan yanıtlamıştır. Bu soruda öğretmen adayları yanlış bir kavramaya sahip değildir.

Tablo 15: Fen öğretmen adaylarının 12. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	Tanıma yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları doğru açıklanmış	15 (27)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	Tanıma yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları açıklanmadan sadece <i>avantajlıdır</i> denilmiştir	18 (32)
Yanlış Kavrama	71-77	-	-
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	-	-
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Soruya cevap verilmemiş ya da çelişen cevaplar verilmmiştir	23 (41)

13. soru:



Bu uyarı resmi neyi anlatır?

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 16), öğretmen adaylarından 41'i bu soruyu doğru cevaplayarak "*nükleer silah uyarısı*" olduğunu bilmiştir. Öğretmen adaylarının 12'sinin yanıtının yanlış kavramaya sahip olduğu görülmüştür. İki öğretmen adayı bu soruyu yanlış cevaplamıştır. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adayları uyarı resminin radyoaktif madde/ışın ya da radyasyon/radyasyon tehlikesi anlamına geldiğini belirtmiştir. İlgili resimde nükleer silah uyarısı yapılmasına rağmen öğretmen adayları 1. sorudakine benzer şekilde radyasyon ve radyoaktivite kavramlarını birbiriyle karıştırmışlardır. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adaylarının oranı % 21 olduğundan bu soruda kavram yanılgısından bahsedilebilir. Öğretmen adaylarının ve biri de boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan yanıtlar vermiştir.

Tablo 16: Fen öğretmen adaylarının 13. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	Uyarı resmi doğru tanımlanmış	41 (73)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	-	-
Yanlış Kavrama	71-77	Radyasyon ve radyoaktif madde kavramları karıştırılmış	12 (21)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	Kelimenin yazılışı yanlış	2 (4)
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Soruya cevap verilmemiş	1 (2)

14. soru: 26 Nisan 1986'da Ukrayna'da Çernobil nükleer santrali kontrolden çıkarak kimyasal patlama ile birlikte alev almıştır. Bu olay ne tür olumsuzluklara yol açmış olabilir?

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 17), öğretmen adaylarından 48'i bu soruyu doğru, biri yarı doğru olarak cevaplamıştır. Üç öğretmen adayının yanıtında yanlış kavrama tespit edilmiştir. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adayları Çernobil nükleer santral kazasının arazilerin zehirlenmesine neden olduğunu açıklamışlardır. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adaylarının oranı % 20'den az olduğundan bu soruda kavram yanlışlığından bahsedilememektedir. Öğretmen adaylarının dördü bu soruyu boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan yanıtlar vermiştir.

Tablo 17: Fen öğretmen adaylarının 14. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	Olayla ilgili açıklamalar yeterli	48 (86)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	Olayla ilgili açıklamalar eksik	1 (2)
Yanlış Kavrama	71-77	Açıklamada yanlış kavramlar kullanılmış (arazilerin zehirlenmesi)	3 (5)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	-	-
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Soruya cevap verilmemiş	4 (7)

15. soru: Çekirdek ışımlarını güçlerine göre sıralayınız.

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 18), öğretmen adaylarından beşi bu soruyu doğru cevaplamıştır. 20 öğretmen adayı bu konuda yanlış kavramaya sahiptir. Öğretmen adaylarının 16'sı bu soruyu yanlış cevaplamış; 15'i boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan yanıtlar vermiştir. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adayları alfa, beta, gama ışınları yerine elektromanyetik spektrumun ışınlarını (ultraviyole, görünür bölge, kızıl ötesi) da ilave etmişlerdir. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adaylarının oranı % 36 olduğundan bu soruda kavram yanlışlığından bahsedilebilir.

Tablo 18: Fen öğretmen adaylarının 15. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	Çekirdek ışımları güçlerine göre doğru sıralanmış	5 (9)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	-	-
Yanlış Kavrama	71-77	Kavramlar karıştırılmış	20 (36)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	Çekirdek ışımları güçlerine göre yanlış sıralanmış	16 (28)
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Soruya cevap verilmemiş	15 (27)

16. soru: Nükleer santralin bulunduğu bir göl kenarındaki ağaçlarda bulunan yaprakların mevsim ilkbahar olmasına karşılık sarı renkte ve lekeli olmasının sebebi sizce ne olabilir?

Yanıtları incelendiğinde (bkz. Tablo 19), öğretmen adaylarından 14'ü bu soruyu doğru cevaplamıştır: "*Mutasyona uğramışlardır.*" Öğretmen adaylarının dördü bu soruyu yarı doğru cevaplamıştır. 28 öğretmen adayının verdiği cevapta yanlış kavrama bulunmuştur. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adayları 1. ve 13. soruda olduğu gibi radyasyon ve radyoaktivite kavramlarını birbiriyle karıştırmışlardır. "Nükleer santralde kullanılan radyoaktif maddeler" yerine "*Nükleer santralden yayılan/kaynaklanan radyasyon*" ifadesini kullanmışlardır. Yanlış kavramaya sahip olan öğretmen adaylarının oranı % 50 olduğundan bu soruda kavram yanılgısından bahsedilebilir. Bu soruyu 10 öğretmen adayı boş bırakmış ya da konuyla ilgili olmayan yanıtlar vermiştir.

Tablo 19: Fen öğretmen adaylarının 16. soruya verdikleri yanıtlar.

Bilgi Düzeyi	Kod	Örnek	f (%)
Tam Doğru	21-22	Nükleer santral yakınındaki yaprakların sarı ve lekeli olmasının sebebi doğru açıklanmış	14 (25)
Yarı Doğru, açıklama yok, eksik	11-15	Nükleer santral yakınındaki yaprakların sarı ve lekeli olmasının sebebi eksik açıklanmış	4 (7)
Yanlış Kavrama	71-77	Radyasyon, radyoaktif kavramları karıştırılmış	28 (50)
Yanlış Cevap, yanlış açıklama	51-52	-	-
Boş, konuyla ilgili olmayan, tekrar, anlaşılır değil, çelişen cevap	90-95	Soruya cevap verilmemiş ya da cevap anlaşılır değil	10 (18)

Çoktan seçmeli sorulara verilen yanıtların değerlendirilmesi

Kapalı uçlu sorularda öğretmen adaylarının verdiklerin yanıtların seçeneklere göre dağılımları 20. tabloda gösterilmektedir. Öğretmen adaylarının doğru yanıt verme oranları % 5 ile % 98 arasında değişmektedir.

Tablo 20: Fen öğretmen adaylarının kapalı uçlu sorulara verdikleri yanıtlar.

Madde	A		B		C		D		E		Boş	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
17	-	-	2	4	3	5	36	64	10	18	5	9
18	-	-	-	-	2	4	33	59	9	16	12	21
19	1	2	1	2	-	-	17	30	33	59	4	7
20	-	-	-	-	1	2	55	98	-	-	-	-
21	4	7	3	5	31	55	10	18	2	4	6	11
22	40	72	3	5	8	14	3	5	-	-	2	4
23	3	5	3	5	28	50	7	13	3	5	12	22
24	3	5	22	39	2	4	27	48	-	-	2	4
25	2	4	-	-	1	2	9	16	31	55	13	23
26	1	2	8	14	-	-	39	70	4	7	4	7

Not: Doğru seçenek koyu olarak ifade edilmiştir. Tablo, Nakiboğlu ve Bülbül Tekin (2006), Tablo 1'den geliştirilmiştir.

Tablo 20: Devamı.

Madde	A		B		C		D		E		Boş	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
27	-	-	1	2	3	5	6	11	38	68	8	14
28	6	11	-	-	-	-	44	79	4	7	2	3
29	15	27	1	2	-	-	39	69	-	-	1	2
30	2	4	-	-	1	2	6	11	40	71	7	12
31	-	-	1	2	30	54	9	16	4	7	12	21
32	1	2	35	62	-	-	13	23	1	2	6	11
33	-	-	3	5	8	15	3	5	37	66	5	9
34	5	9	2	4	4	7	36	64	6	11	3	5

Not: Doğru seçenek koyu olarak ifade edilmiştir. Tablo, Nakiboğlu ve Bülbül Tekin (2006), Tablo 1'den geliştirilmiştir.

17. soruda öğretmen adaylarının % 64'ü D seçeneğinin (nükleer araştırmaların yapıldığı tıp alanına nükleer tıp denir) doğru olduğunu bilmişken % 18'i E seçeneğinin (Tiroit bezi kanserinin tedavisinde ^{127}I izotopundan faydalanılır) doğru olduğunu belirtmiştir.

18. soruda öğretmen adaylarının % 16'sı E seçeneğinin (arabaların yakıt deposunda bulunan benzinin aşırı soğuklarda donmasının engellenmesinde) radyoaktifliğin kullanım alanlarından biri olmadığı bilmiş iken; % 59'luk bir kısım D seçeneğinin (bitkilerin gelişiminin izlenmesinde) radyoaktifliğin kullanım alanı olmadığını belirtmiştir.

19. soruda öğretmen adaylarının % 59'u $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \longrightarrow ^4_2\text{He} + \text{enerji}$ tepkimesinin (E seçeneği) füzyon olduğunu bilmişlerdir. Fakat $^{27}_{13}\text{Al} + ^1_0\text{n} \longrightarrow ^{24}_{11}\text{Na} + ^4_2\text{He}$ tepkimesinin (D seçeneği) füzyon tepkimesi olduğunu belirten öğretmen adaylarının oranı % 30'dur.

20. soruda öğretmen adaylarının neredeyse tamamı (% 98) D seçeneğinin ($^{27}_{13}\text{Al}$, $^{27}_{12}\text{Al}$) doğru olduğunu bilmiştir.

21. soruda öğretmen adaylarının ancak % 5'i B seçeneğinin yani atom numarası 83'ten büyük olan atomların genellikle kararsız olduğunu doğru olduğunu bilmiştir. Bu soruda öğretmen adaylarının % 55'i C seçeneğinin (nötron sayıları aynı, proton sayıları farklı olan atomlara izotop atom denir), % 18'i de D seçeneğinin (Hem nötron/proton oranı 1 olan çekirdekler kararlıdır hem de atom numarası 83'ten büyük olan atomlar genellikle kararsızdır) doğru olduğunu belirtmiştir.

$^{238}_{92}\text{U} \longrightarrow ^{234}_{90}\text{Th} + ?$ Reaksiyonundaki ışımayı soran 22. soruda öğretmen adaylarının % 71'i α ışıması yapıldığını (A seçeneği) doğru olarak bilmıştır (öğretmen adaylarının bu soruda diğer seçenekleri işaretleme oranları % 20'yi bulmadığından bu yanıtlarla ilgili herhangi bir yorum yapılmamıştır).

Kararlılık kuşağının üstünde olan çekirdekleri kararlı duruma getirmek için yapılması gereken ışımlarla ilgili 23. soruda öğretmen adaylarının % 5'i B seçeneğindeki β^- ışımasını doğru olarak bilmıştır. Öğretmen adaylarının % 50'si (3) γ ışımasının belirtildiği C seçeneğinin doğru olduğunu düşünmektedir (öğretmen adaylarının bu soruda diğer seçenekleri işaretleme oranları % 20'den az olduğundan bu yanıtlarla ilgili herhangi bir yorum yapılmamıştır). Bu soruda öğretmen adaylarının yanıt vermeme oranı % 21'dir.

Proton sayısının bir artmasına neden olan ışıma türünün sorulduğu 24. soruda öğretmen adaylarının % 39'u B seçeneğindeki β^- ışımasını doğru olarak bilmişlerdir. Ancak bu soruda öğretmen adaylarının % 39'u D seçeneğindeki β^+ ışımasının doğru olduğunu belirtmiştir.

Nükleer reaktörlerle ilgili 25. soruda öğretmen adaylarının % 55'i E seçeneğinin (1. Reaksiyonun başlaması için radyoaktif çekirdeğin nötron ile bombardıman edilmesi gerekir; 2. Yavaş nötronlardan etkilenen izotoplar yakıt olarak kullanılamaz ve 3. Moderatör hem açığa çıkan nötronları yavaşlatır hem de ısı transferini sağlar) doğru olduğunu bilmıştır (öğretmen adaylarının bu soruda diğer seçenekleri işaretleme oranları % 20'den düşük olduğundan bu yanıtlarla ilgili herhangi bir yorum yapılmamıştır). Bu soruda öğretmen adaylarının yanıt vermeme oranı % 23'tür.

Nükleer enerjiyle ilgili 26. soruda öğretmen adaylarının % 14'ü (2) "Radyoaktif atıklar kısa sürede yok olmaz." ifadesinin doğru olduğunu belirten B seçeneğinin doğru olduğunu bilmıştır. Öğretmen adaylarının % 56'sı bu ifadeyle birlikte ilk ifadenin (Fosil yakıtlara oranla çevreyi daha fazla kirletir) doğru olduğunu belirten D seçeneğinin doğruluğu yönünde görüş bildirmiştir.

Füzyon reaksiyonlarıyla ilgili 27. soruda öğretmen adaylarının % 68'i (1) "Çok hafif atom çekirdeklerinin bir araya gelerek daha ağır bir çekirdek oluşturmaya füzyon denir." ve (3) "Füzyon reaksiyonları çok yüksek sıcaklıklarda gerçekleşir." ifadelerinin doğru olduğunu belirten E seçeneğinin doğru olduğunu bilmıştır (öğretmen adaylarının bu soruda diğer

seçenekleri işaretleme oranları % 20'den az olduğundan bu yanıtlarla ilgili herhangi bir yorum yapılmamıştır).

α , β ve γ ışınlarının giricilik özelliklerine göre sıralamasını soran 28. soruda öğretmen adaylarının % 79'u bu ışınları $\gamma > \beta > \alpha$ olarak sıralayan D seçeneğinin doğru olduğunu bilmıştır.

α , β ve γ ışınlarının iyonlaştırma özelliklerine göre sıralamasını soran 29. soruda öğretmen adaylarının % 27'si bu ışınları $\alpha > \beta > \gamma$ olarak sıralayan A seçeneğinin doğru olduğunu bilmıştır. Öğretmen adaylarının % 70'i $\gamma > \beta > \alpha$ olarak sıralayan D seçeneğinin doğru olduğunu düşünmektedir.

Radyoaktif izotoplarla ilgili 30. soruda öğretmen adaylarının % 71'i bunların (2) Tıpta kanser teşhis ve tedavisinde; (3) Dünyanın yaşının tayininde ve (4) Fosillerin hangi çağlara ait olduğunun saptanmasında kullanıldığını belirten E seçeneğinin doğru olduğunu bilmıştır. Öğretmen adaylarının bu soruda diğer seçenekleri işaretleme oranları % 20'yi bulmadığından bu yanıtlarla ilgili herhangi bir yorum yapılmamıştır).

31. soruda öğretmen adaylarının % 54'ü C seçeneğinde verilen Moderatör'ün nükleer reaktörlerde nötronları hızını dengelediğini bilmıştır. Öğretmen adaylarının % 16'sı ise İnhibitör'ün bu işi yaptığını düşünmektedir. Bu soruda öğretmen adaylarının yanıt vermeme oranı % 21'dir.

32 soruda öğretmen adaylarının % 23'ü (1) " α ışınları yayan bir madde karton kutuda saklanırsa çevreye zarar vermez." ve (3) "Radyoaktif maddelerin yaydığı γ ışınları tahta engelle durdurulamaz." ifadelerinin doğru olduğunu belirten D seçeneğinin doğru olduğunu bilmıştır. Öğretmen adaylarının % 62'si ise 3. ifadenin doğru olduğunu belirten B seçeneğinin doğru olduğunu düşünmektedir.

33. soruda öğretmen adaylarının % 5'i (1) "Füzyon tepkimesinde hafif iki ayrı atom birleşerek ağır atoma dönüşür." ve (3) "Radyoaktif izotoplar insanlık için çok yararlı olabilir." ifadelerinin doğru olduğunu belirten D seçeneğinin doğru olduğunu bilmıştır. Öğretmen adaylarının % 66'sı

1. ve 3. ifadelerin yanında (2) "Nükleer reaktörlerde füzyon reaksiyonu gerçekleşir." ifadesinin de doğru olduğunu belirten E seçeneğinin doğru olduğunu düşünmektedir.

Radyoaktif izotoplarla ilgili 34. soruda öğretmen adaylarının % 11'i E seçeneğindeki "Oksijenli bileşiği de radyoaktiftir." ifadesinin yanlış olduğunu bilmıştır. Öğretmen adaylarının % 64'ü D seçeneğinin (Elektron yakaladığında atom numarası azalır.) yanlış olduğunu düşünmektedir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada fen bilgisi öğretmen adaylarının radyoaktiflik konusundaki bilgi düzeylerinin bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Açık uçlu sorulara verdikleri yanıtların değerlendirilmesi, öğretmen adaylarının radyoaktiflik kavramı, uyarı resmi, nükleer santral (1, 13 ve 16. sorular); izotop kavramı (4. soru); doğal ve yapay çekirdek tepkimesi (6. soru); kayaların yaşları (8. soru); atom bombası (10. soru); hidrojen bombası (11. soru) ve çekirdek ışımaları (15. soru) ile ilgili olarak çeşitli yanlış kavramalara sahip olduklarını göstermiştir. Çoktan seçmeli sorulara verdikleri yanıtların değerlendirilmesi, öğretmen adaylarının izotop (21. soru); nükleer tepkimeler (23., 24. ve 29. sorular); radyoaktifliğin kullanım alanı (26. soru), α , β ve γ ışınlarının tanımları (32. soru), füzyon ve radyoaktif izotop tanımı (33. soru) ile radyoaktif izotop tanımı (34. soru) hakkında yanlış kavramalarının olduğunu göstermiştir.

1. soruda öğretmen adaylarının 35'i soruyu doğru yanıtlamış, 20'si radyoaktiflikle radyasyon karıştırmış, biri de yanlış cevaplamıştır. Öğretmen adaylarının yanlış kavramalarının radyasyon ve radyoaktiflik kavramlarını karıştırmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yanlış kavramaya sahip olan öğrencilerin oranı % 36 olduğundan bu soruda kavram yanılgısından bahsedilebilir. Radyoaktiflikle radyasyon aynı kavramlar değildir. Öğrenciler radyasyon ve radyoaktiflik kavramını ayıramadıklarından (Prather, 1998 akt. Morgil ve ark., 2004), derslerde bu iki kavramın arasındaki farkların açıklıkla ortaya konması gerekmektedir. Türkçede "radyasyon", genellikle "radyoaktiflik" anlamında kullanılmaktadır. Bu dilden kaynaklanan bir yanlış kavramadır (Tsapalis, Hartzavalos ve Nakiboğlu, 2013).

4. soruda öğretmen adayları izotop ve radyoizotop kavramlarını % 68 oranında doğru olarak açıklayabilmişlerdir. Tsapalis ve arkadaşları (2013) çalışmalarında fizik, fizik öğretmenliği, fen bilgisi öğretmenliği ve sınıf öğretmenliği öğrencilerinin bu soruyu % 52-57 oranında doğru olarak yanıtladıklarını belirtmiş, yanlış kavramanın ise öğrencilerin kütle numarası ile atom numarası kavramlarını karıştırmalarından kaynaklandığı belirtmişlerdir.

11, 12, 13, 14, 16, 17, 18 ve 30 numaralı sorular öğretmen adaylarının radyoaktiflik konusunu günlük yaşam ile ilişkilendirme becerilerini ölçmektedir. 12. soruda tanıma yöntemlerinin yararlı olup olmadığı sorulmuştur. Öğretmen adaylarının yanıtları incelendiğinde 15'inin doğru yanıtı ulaşabilirken geriye kalanların bu konuda bilgilerinin olmadığı görülmüştür. Acar Şeşen ve İnce (2010) yaptıkları çalışmada radyasyon ve radyoaktiflik kelimelerinin yer aldığı WEB sitelerinde radyasyonun tıp uygulamalarında kullanıldığında yararlı ama nükleer atıklar söz konusu edildiğinde zararlı olduğu yönünde yanlış bir ifadenin yer aldığını belirtmişlerdir.

Yanlış kavrama yüzdesi en yüksek olan soru "Atom bombası nedir?" sorusudur (10. soru, % 52). Bunu sırasıyla "Hidrojen bombası nedir?" sorusu (11. soru, % 51), nükleer santralin çevreye etkileriyle ilgili soru (16. soru, % 50), kayaların yaş tayini sorusu (8. soru, % 41), "Radyoaktiflik nedir? ve "Çekirdek ışımlarını güçlerine göre sıralayınız." soruları (1. ve 15. sorular, % 36), "Doğal ve yapay çekirdek tepkimesi nedir?" sorusu (6. soru, % 27), uyarı resmi sorusu (13. soru, % 21) izlemektedir. Yanlış kavrama yüzdesi en düşük olan soru izotop ve radyoizotop kavramlarının sorulduğu 4. maddedir (% 20). Ölçtükleri konu alanları ayrı olsa da 1., 13. ve 16. sorular radyasyon ve radyoaktiflik kavramları kullanılarak cevaplandırılacak sorulardır. 1. soru bilişsel süreçlerin bilme; 3. soru bilme ve uygulama, 16. soru ise uygulama düzeyindedir.

Öğretmen adaylarının kavram yanılgısından bahsedilebilecek derecede yanlış kavrama oranına sahip oldukları sorularda açıklamaları bildikleri kavramlarla yaptıkları görülmüştür. Örneğin izotop kavramını (4. soru) radyoaktif izotop kavramı gibi; doğal ve yapay çekirdek tepkimesini (6. soru) doğallık ve yapaylık ile tanımlamışlardır. Öğretmen adaylarının kayaların yaşları (8. soru) konusunda yeterli bilgilerinin olmadığı görülmüştür. Öğretmen adayları atom bombası (10. soru) kavramını ise bomba kavramıyla açıklamış, hidrojen bombası (11. soru) kavramını termonükleer bomba olarak tanımlamışlardır. Hidrojen bombası, hidrojen atomunun birleşerek (füzyon) helyuma dönüştüğü termonükleer tepkime olarak tanımlandığından; hidrojen bombası kavramı öğretmen adaylarının akıllarında termonükleer bomba olarak kalmış olabilir. Öğretmen adayları çekirdek ışımlarını (15. soru) ise elektromanyetik spektrumla bağdaştırmışlardır.

18. soru radyoaktifliğin kullanım alanlarıyla ilgili kolay bir soru olmasına rağmen öğretmen adaylarının soruyu % 16 oranında doğru yanıtlamaları büyük ihtimalle soruyu hızlı okumalarından ya da bitki gelişiminin izlenmesi konusunda bilgi sahibi olmamalarından kaynaklanmış olabilir. 8. ve 12. açık uçlu sorular da aynı konudadır. Öğretmen adayları 8. soruda (% 25) ve 12. soruda (% 50) olduğu gibi 18. soruda (% 13) da yüksek bir yanıt vermeme davranışı göstermişlerdir.

İzotopla alakalı 21. soruda öğretmen adaylarının yeterli olmayan bilgi düzeyleri nedeniyle doğru cevap verme oranı % 5'tir. Bu soruda öğretmen adayları atomların kararlılığı konusunda

da çelişki yaşamışlar; kararlılık kuşağı ve atom numarası ile atomların kararlılığı arasında bir ilişki kuramamışlardır. Nakiboğlu ve Bülbül Tekin (2006) de lise öğrencilerinin çekirdeğin kararlılığını etkileyen etmenlerin farkında olmadığını ifade etmiştir.

4. açık uçlu soru da aynı konudur. Bu soruyu doğru yanıtlama oranı çok yüksek olduğundan 21. sorudaki düşük doğru yanıt yüzdesi öğretmen adaylarının soruya dikkat etmemelerinden kaynaklanmış olabilir.

Bilme basamağında 23. soruda öğretmen adayları kararlılık kuşağı terimini bilmediklerinden doğru cevap verme oranı % 5'tir. Öğrencilerin 5. açık uçlu soruda da kararlılık kuşağı konusunda yüksek olan yarı doğru cevap yüzdesi de bu yorumu desteklemektedir.

26. soru nükleer enerjiyle ilgili bir bilme sorusudur. Öğretmen adaylarının bu soruyu doğru yanıtlama oranları % 14'tür. 9. sorudakine (tepkimeden açığa çıkan enerji) benzer şekilde fosil yakıtlarla radyoaktif maddelerin fisyonu ile açığa çıkan enerji miktarlarının kıyaslanarak öğrencilerin bir çıkarımda bulunmaları istenmiştir. Öğretmen adayları 9. soruda (% 82) yüksek bir yanıtlanma davranışı gösterirken, 26. soruda (% 7) düşük bir yanıtlanma oranı vardır.

30. soru radyoizotopların günlük yaşamdaki kullanımlarını sorgulamaktadır. Radyoaktif izotopların büyük bir kısmı endüstride ve temel ve uygulamalı araştırmalarda kullanılmaktadır. Fen eğitimi kitaplarında "radyasyonun kansere sebep olduğu, dolayısıyla kanser tedavisinde kullanılamayacağı", "radyasyonun zararlı olduğu" ya da "radyasyona maruz kalmış yiyeceğin de radyoaktif olduğu" yanlış kavramalarının bulunduğu belirtilmiştir (Nakiboğlu ve Bülbül Tekin, 2006).

32. soru bilme aşamasında olduğundan öğretmen adayları ancak alfa, beta ve gama ışınlarının özelliklerini bilirlerse bu soruyu yanıtlayabilir. Ancak öğretmen adaylarının bu soruyu doğru yanıtlama oranları % 23'tür. Öğretmen adaylarının ışıma türleri, giricilik ve iyonlaşma türleriyle ilgili olan 3. açık uçlu sorudaki performanslarıyla ışıma güçleriyle ilgili 15. açık uçlu sorudaki performansları göz önüne alındığında ilgili kavramlarda bilimsel bir anlayış geliştirmediklerini görülmektedir.

33. soru bilme düzeyinde olduğundan öğretmen adaylarının bu konuda bilgi sahibi olmamaları üzerine doğru cevap verme oranı % 5'tir. Öğretmen adaylarının 15. açık uçlu soruda da çekirdek ışımaları konusunda yüksek olan yanlış kavrama ve yarı doğru cevap yüzdesi de bu yorumu desteklemektedir.

34. soru bilme basamağındadır. Öğretmen adaylarının 4. açık uçlu soruda da izotop kavramı ile ilgili olarak doğru yanıt verme oranları yüksek olmasına rağmen dikkatsiz okuma sonucu 34. soruda doğru cevap verme oranı % 11 olmuştur.

ÖNERİLER

Bu araştırmada fen bilgisi öğretmenliği öğrencilerinin radyoaktiflikle ilgili bilgi düzeyleri incelenmiştir. Bu konuda yapılan çalışma az olmakla birlikte genellikle yanlış kavramaları belirlemeye ilgilidir (Yumuşak ve ark, 2015). Dolayısıyla deneysel çalışmalara da yer verilmesi gerekmektedir.

Öğrencilerin üniversiteye gelmeden önce, daha lisedeyken radyoaktiflik konusunun öğretimine önem verilmesi gerekmektedir. Kimya derslerinde atom, radyoaktiflik gibi soyut konuların öğretmen tarafından anlatım yöntemi kullanılarak işlenmesi yerine derste uygulamaların bilgisayar destekli olarak yapılması konunun daha kalıcı olarak öğrenilmesine olanak sağlayacaktır (Morgil ve ark., 2004). Kayaların yaş tayiniyle ilgili öğretmen adaylarının sahip oldukları yanlış kavrama Crosier, Cobb ve Wilson (2000) soyadlı araştırmacıların önerdiği Geiger-Müller sayacı kullanılarak (akt. Morgil ve ark., 2004) yapılacak uygulama etkinlikleriyle giderilebilir. Aynı araştırmacıların önerdiği gibi duvarlara asılacak radyoaktiflik bilgi ve sembollerinin yer aldığı görselleri radyoaktiflikle ilgili uyarı işaretinin sorulduğu 13. soruya verilen yanıtlarda gözlenen yanlış kavramayı giderebilir.

Lisans programında radyoaktiflik konusu 1 ve 2. sınıfta Genel Kimya dersleri yanında 3. sınıfta Çevre Bilimi ve Kimyada Özel Konular dersinde de işlenmektedir. Ancak Genel Kimya gibi genel fen dersleri öğrencileri fen öğretmeni olduklarında çevre konusunda bilgi sahibi etmekte yetersiz kalmaktadır (Aydemir, 2007). Lisans eğitiminde iki ya da daha fazla çevre konulu ders almış olmak fen öğretmenlerinin çevreyle ilgili bilgi düzeyinde anlamlı bir etkiye sahip olduğundan (Aydemir, 2007), çevre konusunda ayrı bir dersin konulması gerektiğini vurgulamaktadır. Ayrıca yine aynı çalışma (Aydemir, 2007) çevre projelerine katılan öğretmenlerin katılmayanlara göre bilgi düzeylerinin daha iyi olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla eğitim fakülteleri diğer kurumlarla işbirliği yaparak çevre projeleri düzenlemelidir. Ayrıca sivil toplum kuruluşlarının projelerine öğretmen adaylarını dâhil etmesi gerekmektedir (Aydın, 2013).

Aydemir (2007), fen öğretmenlerinin çevre kavramlarıyla ilgili bilgi düzeyleri üzerine medyanın herhangi bir etkisinin olmadığını, öğretmenlerin medyadan bilimsel olmayan bilgi edindiğini belirtmektedir. Ülkemizde Akkuyu Nükleer Santrali için geçen yıl başlanan reklam yayınlarının bu alanda bir ilk olduğunu düşündüğümüzde, bu reklamlarda, bilimsel bilgi vermek yerine temiz enerji olarak bahsedilmesi kavram yanlışlarının sürmesine neden olacaktır. Bu yüzden

ilköğretim fen ve ortaöğretim kimya programlarına ve ders kitaplarına radyasyon teknolojisi konusunun da ilave edilmelidir (Morgil ve ark., 2004). Yülek (1992) ve Ronneau (1990) soyadlı araştırmacılara göre radyoaktivitenin olumsuz yönleri olduğu kadar olumlu taraflarının da vurgulanması gerekmektedir (akt. Morgil ve ark., 2004).

Öğrenmenin anlamlı olması için kavramsal anlamayı sağlamak elzemdir. Öğrencinin mevcut bilgi birikimiyle yeni öğrendiği bilginin etkileşerek yeniden yapılandırılması kavramsal anlamadaki en önemli adımdır (Nakiboğlu, 2006, s. 208). Öğrenci, öğretim ortamına boş bir kara kutu olarak değil, kişisel deneyim ve sosyal etkileşimlerle gelişen ve pek çok yanlış kavramayı da içeren bir birikimle gelir (Nakiboğlu, 2006, s. 208). Yanlış kavramalar değişime oldukça dirençlidir ve öğrenmeye engel olur. Bu noktadan hareketle kavramsal anlama gerçekleşirken mevcut bilgi birikimine ekleme yapılmasının yanında kavramsal değişimler de olmakta ve yanlış kavramalar düzeltilmektedir (Nakiboğlu, 2006, s. 208).

Kavramsal değişimi gerçekleştirmek için çeşitli model (bilişsel çatışma, öğrenme döngüsü); strateji (buluş, araştırma, probleme dayalı öğretim); yöntem (problem çözme, tartışma); teknik (beyin fırtınası, soru-cevap, gösteri, benzetme, grup çalışması) ve materyaller (kavram haritası, kavramsal değişim ve yürütme metinleri) kullanılabilir (Nakiboğlu, 2006, s. 209-211). Aktif öğrenme yaklaşımına uygun olarak radyoaktiflik kavramının anlaşılması için Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (Aydın. 2013) vb. yerlere geziler düzenlenmelidir.

KAYNAKÇA

- Acar Şeşen, B., & İnce, E. (2010). Internet as a source of misconception: "Radiation and radioactivity". *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(4), 94-100.
- Akçay, H. , Tüysüz, C., Feyzioğlu, B. ve Uçar, V. (2007). Bilgisayar destekli kimya öğretiminin öğrenci başarısı ve tutumuna etkisine bir örnek: "radyoaktivite". *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22, 98-106.
- Aydemir, M. (2007). The investigation of teachers with respect to knowledge level on environmental concepts. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Aydın, G. (2013). Fen bilgisi ve sınıf öğretmen adaylarının ağır metal ve radyasyon kirliliği konusunda bilgi düzeyleri: Giresun Üniversitesi örneği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Giresun: Giresun Üniversitesi.
- Büyüköztürk, Ş. (2012). Örneklem Yöntemleri. 5.14.2012. <http://w3.balikesir.edu.tr/~msackes/wp/wp-content/uploads/2012/03/BAY-Final-Konulari.pdf> adresinden 21 Temmuz 2016 tarihinde indirilmiştir.
- Dönmez Usta, N., & Ayas, A. (2010). Common misconceptions in nuclear chemistry unit. *Procedia Social and Behavioural Sciences*, 2(2010), 1432-1436.

- Karasar, N. (2009). Bilimsel Araştırma Yöntemi. 20. Baskı. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Morgil, İ., Yılmaz, A. ve Uludağ, N. (2004). Lise kimya 2 ders kitabında yer alan radyoaktivite konusunun incelenmesi, öğrencilerin bu konudaki bilgilerinin araştırılması ve öneriler. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 27, 206-215.
- Nakiboğlu, C. (2006). Fen ve teknoloji öğretiminde yanlış kavramalar. İçinde M. Bahar (Ed.), *Fen ve Teknoloji Öğretimi* (s. 190-217). Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Nakiboğlu, C., & Bülbül Tekin, B. (2006). Identifying students' misconceptions about nuclear chemistry: A study of Turkish high school students. *Journal of Chemical Education*, 83(11), 1712-1718.
- Önal, H. (2008). Coğrafya öğretiminde aktif öğrenme uygulamaları. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi.
- Tezcan, H. ve Erçoklu, H. F. (2003). Geleneksel anlatım ve yapılandırıcı yaklaşımın radyoaktivite öğretiminde başarıya etkilerinin karşılaştırılması ve ilgili yanlış kavramaların giderilmesindeki etkileri. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8 (1), 201-225.
- Tsaparlis, G., Hartzavalos, S., & Nakiboğlu, C. (2013). Students' knowledge of nuclear science and its connection with civic scientific literacy in two European contexts: The case of newspaper articles. *Science & Education*, (22), 1963-1991.
- Vasudevan, S. (2014). https://www.researchgate.net/post/What_is_the_solution_to_a_low_Cronbachs_alpha_0_5_Is_it_possible_to_continue_with_a_low_value_of_05 adresinden 29 Temmuz 2016 tarihinde indirilmiştir.
- Yalçın, A. ve Kılıç, Z. (2005). Öğrencilerin yanlış kavramaları ve ders kitaplarının yanlış kavramalara etkisi örnek konu: Radyoaktivite. *GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(3), 125-141.
- Yumuşak, A., Maraş, İ., & Şahin, M. (2015). Effects of computer-assisted instruction with conceptual change texts on removing the misconceptions of radioactivity. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 3(2), 23-50.

EXTENDED SUMMARY

In recent days, what university students know about the issues of nuclear chemistry, radiation, radioactivity and radioactive, which have come to the agenda again upon request by the initiative for the establishment of nuclear power plants in our country, will provide information on this layer of our society and show the knowledge of young people as the owner of tomorrow. It will also serve a basis for the future educational studies. To determine what the students studying in the science education department of the faculty of education is associated with the estimation of what they teach to the next generation and the next generation's level of knowledge. This study was planned to provide information to the relevant authorities about what should be done at the in-service and pre-service teacher education levels. In this study,

which aimed to determine the knowledge of the science teacher candidates on radioactivity, a 34-questioned-test developed by the researchers was applied to freshmen attending the faculty of education at a state university. The test was developed by using the literature and high school chemistry topics and had 18 multiple choice and 16 open-ended questions. The subject areas of the questions were as the following; nuclear reactions (12 questions), usage of radioactivity (12 questions), concept definition (6 questions), the difference between chemical and nuclear reactions (2 questions), conceptual modelling (1 question) and concept example (1 question). Furthermore the questions were prepared in the cognitive processes of knowledge and application. This scale was applied to 56 pre-service science teachers attending to the General Chemistry I course during the fall semester of 2014-15 academic year. In this way, the papers obtained from the pre-service teachers were read and evaluated by the researchers. The answers to open-ended questions were classified into the categories of "accurate", "misconception", "wrong", and "blank". On the other hand the answers to the multiple choice questions were classified as either "true" or "false". The rate of the correct responses to the multiple choice questions were as the following; 52 % (question 17); 13 % (question 18); 19 % (question 47), 79 % (question 20); 4 % (questions 21, 23 and 33); 58 % (questions 22 and 30); 31 % (question 24); 45 % (question 25); 11 % (question 26); 55 % (question 27); 63 % (question 28); 21 % (question 29); 43 % (question 31); 18 % (question 32), 8 % (question 34). Therefore, the correct response rates of the pre-service science teachers ranged from 4 % (definition of concepts and issues related to nuclear reactions) to 79 % (on the concept of examples). On the other hand, the pre-service teachers' correct response rates were between 9 % (concept definition, question 15) and 86 % (radioactivity uses, question 14) in open-ended questions. Pre-service science teachers hold misconceptions on the radioactivity, warning picture, nuclear power plant (questions 1, 13, and 16); isotopes (question 4); natural and artificial nucleus reaction (question 6); age of the rocks (question 8); atomic bomb (question 10); hydrogen bomb (question 11) and core irradiation (question 15).

