



Investigating the Effect of Augmented Reality Applications on Eliminating Misconceptions: A Case Study on the Unit of Sound and Its Properties*

Zeliha Gül TÜRE^{a1} (ORCID ID - 0000-0002-0114-5530)

Paşa YALÇIN^b (ORCID ID - 0000-0002-8085-7914)

Burak GÜLTEKİN^c (ORCID ID - 0000-0001-7965-2340)

^a Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Education, Erzincan/Türkiye

^b Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Education, Erzincan/Türkiye

^c Afyon Kocatepe University, State Conservatory, Afyonkarahisar/Türkiye



Article Info

DOI: 10.14812/cuefd.1731032

Article history:

Received 01.07.25
Revised 01.12.25
Accepted 17.12.25

Keywords:

Augmented Reality,
Sound and Its Properties,
Misconceptions.

Research Article

Abstract

This research investigates the impact of augmented reality technology on students' misconceptions in the "Sound and Its Properties" unit. In this study, an augmented reality learning material called SesAR, encompassing the learning outcomes of the 6th grade Science course unit "Sound and Its Properties," was developed and utilized as the research material. The study group consisted of 155 sixth-grade students enrolled in two public schools located in the central district of a medium-sized province in the Marmara Region. The research was conducted using a quasi-experimental design. During the implementation, the experimental group used the augmented reality materials, while the control group utilized the existing instructional materials, such as the textbook, videos, animations, and similar resources. Data for the study were collected using a conceptual understanding test. Mixed measures ANOVA and descriptive statistics were used in data analysis. The research findings indicated that students in the experimental group, who used augmented reality materials, exhibited fewer misconceptions compared to those in the control group. Additionally, it was found that the formation rate of new misconceptions was lower and the rate of elimination of misconceptions was higher in the experimental group.

Kavram Yanılgılarının Giderilmesinde Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Etkisinin İncelenmesi: Ses ve Özellikleri Ünitesi Örneği

Makale Bilgisi

DOI: 10.14812/cuefd.1731032

Makale Geçmiş:

Geliş 01.07.25
Düzeltilme 01.12.25
Kabul 17.12.25

Anahtar Kelimeler:

Artırılmış Gerçeklik,
Ses ve Özellikleri,
Kavram Yanılgıları.

Öz

Bu araştırmanın amacı, "Ses ve Özellikleri" ünitesinde artırılmış gerçeklik teknolojisi uygulamalarının öğrencilerin kavram yanılgılarına etkisini incelemektir. Bu amaçla 6. sınıf fen bilimleri dersi, "Ses ve Özellikleri" ünitesinde kullanılmak üzere, SesAR adlı artırılmış gerçeklik uygulamalarını içeren öğrenme materyali geliştirilmiştir. Araştırma nicel araştırma yöntemlerinden biri olan yarı deneysel desenle yürütülmüştür. Bu araştırmanın çalışma grubunu, Marmara Bölgesi'nde yer alan orta ölçekli bir ilin merkez ilçesindeki iki devlet okulunda öğrenim gören 155 altıncı sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Uygulama süresince, deney grubunda artırılmış gerçeklik materyali, kontrol grubunda ise ders kitabı, video, animasyon vb. gibi mevcut ders materyali kullanılmıştır. Araştırmaya ait veriler kavramsal anlama testi kullanılarak toplanmıştır. Verilerin analizinde karışık ölçümler ANOVA ve betimsel istatistik tercih edilmiştir. Araştırma

*This study is derived from the doctoral dissertation titled "The Effect of Augmented Reality Applications on the Teaching of the Middle School Unit of Sound and Its Properties," completed in 2024.

¹Corresponding Author: zeliha.g190@hotmail.com

Araştırma Makalesi

bulgularına göre, artırılmış gerçeklik materyalinin kullanıldığı deney grubundaki öğrenciler, kontrol grubundaki öğrencilere kıyasla daha az kavram yanlışlığına sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca deney grubunda bulunan öğrencilerin yeni kavram yanlışlıklarının oluşma oranının daha düşük, kavram yanlışlıklarının giderilme oranının ise yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Introduction

In recent years, the integration of technology into educational processes has gained increasing importance. Technological tools not only facilitate access to information for students but also help them construct knowledge more meaningfully and support the development of affective skills. Especially, digitally enriched multimedia learning environments have the potential to enhance academic achievement by providing learners with safe, engaging, and realistic experiences (Bursalı, 2022). Compared to traditional methods, technology-supported approaches expand the boundaries of learning and make learning processes more effective. The advantages of educational technologies are generally categorized into two main groups: teacher-centered benefits and student-centered outcomes. The integration of digital tools into instructional settings has reduced the workload of teachers, particularly in lesson planning, assessment design, and the development of teaching materials (Alpar et al., 2007). Along with rapid technological advancements and the transformation of modern lifestyles, it has become essential for educators to keep pace with these changes by adopting contemporary instructional strategies and effectively incorporating innovations into classroom environments (Güner, 2018). Factors such as increasing student populations, the growing variety of digital tools, and the strong connection between younger generations and technology have made the integration of information and communication technologies into education inevitable (Yücer, 2011).

There is a strong interrelationship between science and technology disciplines. While science aims to understand and explain nature, technology focuses on applying scientific laws to facilitate life. Hence, these two fields should no longer be considered independently (Çepni, 2014). Science courses, by their nature, form the foundation of technological development and are particularly suited to the use of educational technologies due to the abundance of abstract and scientific concepts they include (Ayas et al., 2001; Doğru & Kıyıcı, 2005). However, a lack of integration of instructional technologies may reduce learning efficiency (Fidan, 2018). For this reason, the incorporation of innovative tools and methods that enhance learning is of particular importance in science education.

One such emerging technology is Augmented Reality (AR), which blends real-world visuals with virtual content in an interactive manner (Azuma, 1997; Schrier, 2006). AR enables learners to experience abstract concepts visually and tangibly, thereby reinforcing their sense of realism and supporting more effective and lasting learning (Cai, 2014; Warkentin et al., 2025). Numerous studies have demonstrated the positive impact of AR applications on academic achievement (Abdüsselam & Karal, 2012; Fleck & Simon, 2013; Sirakaya, 2015; Yen et al., 2013; Zhang et al., 2014). Furthermore, AR facilitates the safe simulation of hazardous or complex experiments, helps concretize abstract concepts, and reduces misconceptions in science learning (Fleck et al., 2013; Mansour et al., 2025). In addition to these pedagogical benefits, AR provides enjoyable and engaging learning experiences, promotes classroom interaction, enhances social development, and increases student motivation and attention (Azuma, 2004; Dunleavy et al., 2009; Sumadio & Rambli, 2010). Accordingly, AR creates an interactive and meaningful learning environment in science education, enabling students to explore concepts in depth and simulate real-world applications visually.

Particularly in physics topics such as the unit "Sound and Its Properties," abstract concepts require visualization and concretization. The abstract nature of such topics, which involve understanding complex physical phenomena and natural laws, may hinder students' learning processes. Students may struggle to reconcile these concepts with their everyday experiences, belief systems, and learning environments, leading to misconceptions about the nature of science and scientific knowledge (Gödek et al., 2018). In such cases, students tend to rely on memorization rather than comprehension, which increases the risk of conceptual misunderstandings (Akkuş, 2013). In the science education literature, terms such as

alternative conceptions, intuitive knowledge, and misconceptions are used to describe these inaccurate cognitive structures, which differ from scientifically accepted knowledge (Driver & Easley, 1978).

Two primary factors contribute to the formation of misconceptions: personal experiences and instructional practices. Individuals construct ideas based on everyday observations, but these ideas are often inconsistent with scientific reality. Instructional factors such as teachers' subject-matter knowledge, pedagogical competence, teaching methods and techniques, student familiarity, choice of instructional materials, language use, and textbook content (including visuals and analogies) also play a crucial role in shaping misconceptions (Laçın Şimşek, 2019). Various assessment tools are used to identify students' knowledge levels and misconceptions, including concept maps, predict-observe-explain activities, interviews, and two- or three-tier diagnostic tests (Bolat & Sözen, 2009; Orduhan & Çakır, 2023; Sarı & Çakır, 2024; Şahin & Çepni, 2011; Wu & Tsai, 2007).

In the science education literature, it has been observed that students hold various misconceptions regarding the nature and propagation of sound (Eshach & Schwartz, 2006; Eshach, 2014; Hrepic et al., 2010; Linder, 1992; Wittmann, 1998). For example, many students perceive sound as a substance or an energy carrier, believing that the movement of matter is necessary for sound to propagate (Eshach, 2014; Linder, 1992). Misconceptions also frequently arise regarding the propagation of sound in a vacuum or the belief that sound is transmitted only through air, and therefore travels more slowly in solid and liquid media (Eshach & Schwartz, 2006; Hrepic et al., 2010). Another common misconception involves students' inability to accurately distinguish between sound intensity, pitch, and frequency. For instance, some students assume that higher-frequency sounds travel faster or that intensity is related solely to the "pitch" of sound (Wittmann, 1998). Similarly, students often fail to understand the energy transformation processes involved in sound reflection, echo, and absorption, leading them to scientifically inaccurate explanations, such as believing that sound "disappears" or is "consumed" (Hrepic et al., 2010; Linder, 1992). These misconceptions cause students to construct new knowledge on top of erroneous cognitive structures, thereby hindering long-term learning. For this reason, it is critical to concretize such concepts (Çepni, 2014).

Research indicates that the "Sound and Its Properties" unit is one of the most challenging topics for students (Atasoy et al., 2013; Gök Altun, 2006; Küçüközer, 2009). Studies have shown that AR applications can help eliminate misconceptions in this unit (Fleck & Simon, 2013; Mansour et al., 2025; Sirakaya, 2015; Yen et al., 2013) and are effective in visualizing complex concepts (İbili & Şahin, 2015). A review of the literature reveals that the contribution of AR to conceptual learning has mostly been addressed in the context of general science topics, while applications targeting abstract subjects, such as "Sound and Its Properties," where misconceptions are common among students, remain limited. Moreover, existing studies have generally examined the effects of AR on concept teaching at a descriptive level and have not experimentally investigated the relationship between the formation of students' misconceptions, the extent of their resolution, and the cognitive change process. To fill this gap, the present study experimentally examines the effect of the AR instructional material, SoundAR, specifically developed for the "Sound and Its Properties" unit, on reducing students' misconceptions, thereby providing an empirical and original contribution to both the application of AR technology in science education and the conceptual learning process.

The purpose of this research is to examine the impact of AR technology applications on students' misconceptions in the "Sound and Its Properties" unit. To this end, the following research questions will be addressed:

- Does the use of AR applications in teaching the "Sound and Its Properties" unit in science classes create a statistically significant difference in the levels of students' misconceptions?
- How does the use of AR applications in teaching the "Sound and Its Properties" unit affect the existing levels of students' misconceptions?

Method

Research Model

This study, a quasi-experimental design, a common quantitative method, was employed. In quasi-experimental designs, researchers cannot create experimental and control groups or apply interventions to certain participants. As a result, participants in quasi-experimental designs are not randomly selected or assigned (Karasar, 2014). Unlike true experimental designs, quasi-experimental designs do not allow for random selection of participants for intervention or random assignment to control and experimental groups (Büyüköztürk et al., 2015). In this study, classes from schools affiliated with the Ministry of National Education (MoNe) were pre-established, and due to the inability to fully control experimental conditions, a quasi-experimental design was selected. When selecting the existing classes for the experimental and control groups, care was taken to ensure similar characteristics (such as class size and academic achievement). In the experimental group, lessons were conducted using materials prepared with AR applications, while the control group used standard teaching materials (printed materials, textbooks, animations, videos, etc.) within MoNe curriculum framework.

Study Group

The study group comprised 155 sixth-grade students enrolled in two public schools located in the central district of a mid-sized city in the Marmara Region. There were 82 students (51 girls, 31 boys) in the experimental group and 73 students (37 girls, 36 boys) in the control group. Classes with no significant differences in science achievement scores from previous terms were selected for the groups.

The schools where the research will be conducted were chosen using the convenience sampling method. This approach is often utilized in situations where accessibility is a priority and when data collection needs to be carried out efficiently with limited resources (McMillan & Schumacher, 2010). During the selection process, factors such as proximity to transportation networks, the distribution of classes across different grade levels, and the adequacy of existing facilities were carefully considered.

Data Collection Tools

In the study, the voluntary participants selected from the sample group were informed about the research and signed a consent form. All principles outlined in the Directive on Scientific Research and Publication Ethics of Higher Education Institutions were followed, and ethical approval for the study was obtained with the decision dated 21.06.2021 and numbered 85906.

In this study, the three-stage Conceptual Understanding Test (CUT) developed by Efe and Demirci (2007) was used to identify students' misconceptions about sound. The test consists of three stages: multiple-choice questions in the first stage, justifications for the choices in the second stage, and confidence levels regarding the justifications in the third stage. Items unrelated to the 6th-grade curriculum were removed based on expert opinions. The test was revised after a pilot application with 40 students. It was reorganized into 21 items, including eight core questions, and administered to 173 seventh-grade students. Some Likert-scale questions measuring confidence levels were excluded from the analysis.

For each item in the first stage of the three-tier test, difficulty and discrimination values were calculated, and the results are shown in Table 1.

Table 1

Difficulty and Discrimination Values of Items in the Three-Tier CUT (For Stage 1)

Question Number	P _j	r _{jx}	Question Number	p _j	r _{jx}
1	0.63	0.65	13	0.67	0.58
4	0.56	0.81	16	0.60	0.58
7	0.58	0.54	19	0.50	0.50
10	0.48	0.73			

Upon examining the table, it is noted that the difficulty indices of the items in the first stage range from .48 to .63, while the discrimination indices span from .50 to .81. The difficulty and discrimination values for each item in the second stage have been calculated and are presented in Table 2.

Table 2

Difficulty and Discrimination Values of Items in the Three-Tier CUT (For Stage 2)

Question Number	Pj	rjx	Question Number	pj	rjx
2	0.50	0.50	14	0.66	0.68
5	0.61	0.71	17	0.50	0.50
8	0.50	0.71	20	0.43	0.50
11	0.54	0.57			

Upon examining the table, it is observed that the difficulty indices of the items range from 0.43 to 0.68, while the discrimination indices range from 0.50 to 0.71. The difficulty index of an item ranges from 0 to 1; approaching 0 indicates higher difficulty, while approaching 1 indicates lower difficulty, with 0.50 suggesting moderate difficulty (Atılğan et al., 2009). According to the analysis results, it is found that there are no items that are very easy or very difficult, with an average difficulty value determined as 0.54. Item discrimination, where indices of 0.40 and higher are considered “very good,” those between 0.30 and 0.39 are “good,” those between 0.20 and 0.29 need correction before inclusion in the test, and those below 0.20 should be corrected or ideally removed from the test (Tekin, 2016). All items in the conceptual understanding test were found to have discrimination indices above 0.38, indicating good item quality. Consequently, no item was removed from the test, as the test analysis results were deemed satisfactory. Item analysis results for Stage I questions in the CUT have been calculated and presented in Table 3.

Table 3

Item Analysis Results for Stage I Questions in the CUT

Item Number	Item-Total Correlation	Average Score		t	p
		%27 upper group	%27 lower group		
1	0.571	0.96	0.31	6.538	.00
4	0.713	0.96	0.15	9.878	.00
7	0.438	0.62	0.23	2.988	.00
10	0.582	0.85	0.12	7.582	.00
13	0.540	0.96	0.38	5.514	.00
16	0.530	0.88	0.31	5.139	.00
19	0.479	0.77	0.23	4.518	.00

The item-total correlations for the questions in Stage I of the scale ranged from 0.479 to 0.713. Item discriminations were found to be statistically significant at the 0.05 level. Item analysis results for Stage II questions in the CUT have been calculated and presented in Table 4.

Table 4

Item Analysis Results for Stage II Questions in the CUT

Item Number	Item-Total Correlation	Average Score		t	p
		%27 upper group	%27 lower group		
2	0.295	0.75	0.25	4.243	.00
5	0.603	0.96	0.25	7.878	.00
8	0.484	0.86	0.14	7.500	.00
11	0.304	0.82	0.25	5.136	.00
14	0.476	1.00	0.32	7.550	.00
17	0.355	0.75	0.25	4.243	.00
20	0.299	0.68	0.18	4.302	.00

It has been determined that the item-total correlations for the questions in Stage 2 of the scale range from 0.295 to 0.603. Item discriminations were found to be statistically significant at the 0.05 level.

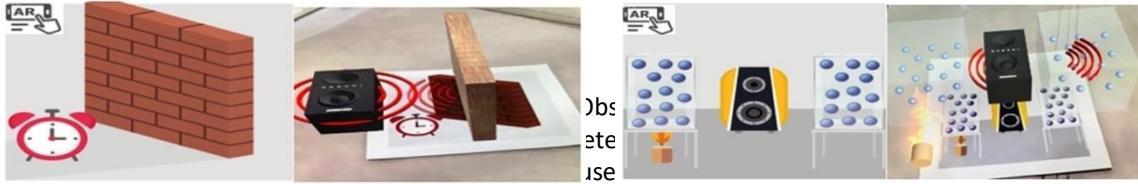
The reliability (KR-20) of the CUT was found to be 0.70 for Stage 1 questions. When considering both Stage 1 and Stage 2 questions together, the overall reliability of the study was determined to be 0.84.

Application Process

In this study, instructional materials were designed and developed prior to the implementation phase, taking into account the characteristics of the unit and the learning objectives. The AR cards were specifically created to address the “Sound and Its Properties” topic in the sixth-grade curriculum. These cards were produced over a period of eight months by a software company, ensuring alignment with predetermined learning goals and technical specifications. Throughout the development process, experts reviewed the content of the cards, and necessary modifications were made accordingly. The 36 AG cards prepared were made available for use with the SesAR application on a phone or tablet without requiring an internet connection. These applications conveyed the unit’s learning objectives and subject matter through audio, video, and image-based formats. In addition, in the worksheets, informative texts and symbols on how to hold the pointers with the tablet or phone were recorded in the form of visual and written text. A selection of the prepared markers is illustrated in Figure 1.

Figure 1

Some Markers Used in AR Applications and the Resulting Images Upon Scanning



topic through a three-stage process. (Çepni, 2014). During the prediction stage, students are presented with an experiment, an event, or a situation and asked to make predictions. In the prediction stage of this research, open-ended questions, consisting of up to three questions related to the specific learning objective, were included. These questions were designed to determine the students' prior knowledge and conceptual misconceptions (Figure 2).

Figure 2

Example of the Prediction Stage in the Worksheet

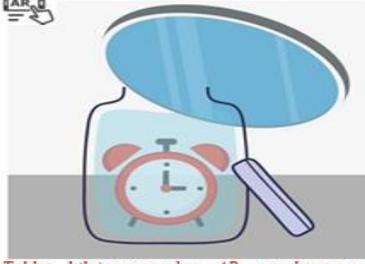


In the observation stage, the situation described in the previous stage is carried out. During the explanation stage, students are asked to compare their predictions and observations and resolve any discrepancies if present (Laçın Şimşek, 2019). In the observation stage of this research, students were asked to make observations by scanning the AR marker images based on the questions from the prediction stage (Figure 3).

Figure 3

Example of the Observation Stage in the Worksheet

Gözlem Yapalım



Tablet bilgisayarımızdan .AR uygulamamızı çalıştırıp, yukarıda bulunan işarete doğru tabletimizin arka kamerasını tutunuz.

? Sizce kavanozun içindeki çalar saatin duyulmasında kavanozun nasıl bir etkisi oldu?

.....

.....

.....

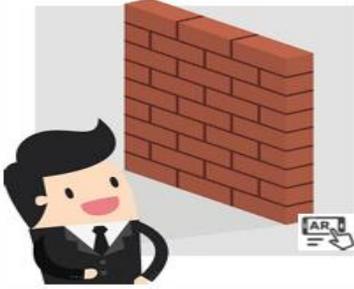
.....

.....

In the explanation stage, students are asked to compare their predictions and observations and provide explanations. At this stage, AR marker images are included to help explain the information related to the learning objective (Figure 4).

Figure 4

Example Of the Explanation Stage in the Worksheet



Tablet bilgisayarımızdan .AR uygulamamızı çalıştırıp, yanda bulunan işarete doğru tabletimizin arka kamerasını tutunuz.

Sesin bir engelden yansıyarak tekrar duyulmasına yankı adı verilir. Okulunuzun uzun koridorunda ses çıktığınızda sesinizin yankısının duyulma ihtimali, sınıfta sesinizin yankısının duyulma ihtimalinden daha fazladır. Çünkü sesin yankısının duyulabilmesi için ses kaynağı ile sesin yansıdığı engel arasında belirli bir mesafe olması gerekir.

Aşağıda günlük hayatta sesin yansımasıyla açıklayabileceğimiz durumlara ve teknolojik uygulamalara örnekler verilmiştir. İnceleyelim.

While preparing the worksheets, resources from MoNe's 6th-grade science lesson textbook and workbook were utilized. Colorful images that would capture students' attention were selected. The final version of the worksheets was evaluated by experts, and the final worksheets were created.

6th grade science course curriculum programme, within the scope of the unit 'Sound and Its Properties'. Before starting the study, the necessary ethics committee permission and research permission for the application were obtained from the relevant institutions. The implementations were conducted over seven weeks, corresponding to a total of twenty-eight lesson hours. Before commencing the study, pre-tests were administered to both the experimental and control groups. In the experimental groups, instruction was carried out using AR applications, while the control groups used regular teaching materials (printed materials, textbooks, animations, videos, etc.). The experimental group was briefed on the study's objectives and details, followed by an introduction to AR applications and technology for the students. In the experimental group, students were organized into groups of 4-6, and each student was assigned specific tasks within their group. The groups received tablets, phones, and worksheets aligned with the learning objectives, and the implementation process was initiated in an organized fashion. The prepared groups were regularly monitored by the teacher, who provided guidance during the implementation process. Activities were carried out by the instructions in the worksheets. Images related to the implementation are presented in Figure 5.

Figure 5
Images Related to the Implementation



The control group lessons were conducted according to the planned curriculum. Using an inquiry-based learning approach, students' readiness and prior knowledge were activated through questions such as "Why don't we hear explosions in space?", "Why do we hear thunder after lightning?", and "How do bats find their way?" Students researched these questions, made predictions, and compared them with data. Additionally, experiments from textbooks were performed, videos and visuals were shown via smartboard, and social education platform and MoNe workbooks were used to reinforce learning.

Data Analysis

In the study, appropriate statistical analyses were conducted to determine the effect of AR-supported science applications on the correction of conceptual misconceptions. The distribution characteristics of the dataset were evaluated to ensure the applicability of these tests. Parametric tests require data to be at least interval or ratio scale, normally distributed, and have homogenous variances (Can, 2014). Normality was assessed by examining median, mode, mean, skewness, and kurtosis. Skewness and kurtosis coefficients divided by their standard errors (Z-scores) between -1.96 and +1.96 indicate normal distribution (Can, 2014). Additionally, according to Tabachnick and Fidell (2007), skewness and kurtosis values between -1.5 and +1.5 and closely aligned central tendency measures support normality. Descriptive statistics were calculated for each test to evaluate adherence to normality criteria.

Table 5 provides the descriptive statistics for the CUT. Table 6 presents the Z scores for skewness and kurtosis for the tests.

Table 5
Descriptive Statistics of Pre-test and Post-test Results for the CUT Scale

	Group	Test	N	Average	Median	Mode	S	Skewness	Kurtosis
CUT	Control	Pre-test	73	4.63	5	5	1.65	-.387	-.624
	Group	Post-test	73	4.55	5	5	1.65	-.344	.663
	Experiment	Pre-test	82	5.01	5	6	1.50	-.267	-.284
	al Group	Post-test	82	2.43	2	3	1.77	.407	-.507

When examining Table 5, it is observed that the mean, mode, and median values are close to each other for each test, and the skewness and kurtosis values fall between -1.5 and +1.5. Furthermore, the Z scores for skewness and kurtosis of the tests range between -1.96 and +1.96, as indicated in Table 6.

Table 6
Skewness (Z Skewness) and Kurtosis (Z Kurtosis) Statistics of the CUT Scale Pre-test and Post-test

Tests	Group		Z skewness	Z kurtosis
CUT	Control	Pre-test	-.387/-.281	-1.64
	Group	Post-test	-.344/.281	0.66
	Experimental	Pre-test	-.267/.266	1.57
	Group	Post-test	.407/.266	-1.68

As a result of the analyses, It was determined that the groups adhered to a normal distribution. A parametric test called Repeated Measures ANOVA was performed to compare the scores between the groups.

For the analysis of the test conducted in three stages, the categorized table taken from the study by Arslan et al. (2012) based on responses given to the three stages is used, as shown in Table 7.

Table 7
Categorized Conditions for All Responses

First stage	Second stage	Third stage	Categories
Correct	Correct	Certain	Scientific Knowledge
Correct	Incorrect	Certain	Conceptual Misconception
Incorrect	Correct	Certain	Conceptual Misconception
Incorrect	Incorrect	Certain	Conceptual Misconception
Correct	Correct	Uncertain	Guessing, Lack of Confidence
Correct	Incorrect	Uncertain	Lack of Knowledge
Incorrect	Correct	Uncertain	Lack of Knowledge
Incorrect	Incorrect	Uncertain	Lack of Knowledge

According to Table 7, to determine if students are experiencing conceptual misconceptions, they need to provide correct answers in the first stage, incorrect answers in the second stage and indicate that they are certain about these incorrect answers in the third stage. This also applies to situations where a student provides incorrect answers in the first stage, correct answers in the second stage, and is certain in the third stage. Additionally, even if a student provides incorrect answers in the first two stages but indicates certainty in the third stage, this can also be considered a conceptual misconception. In cases outside of these possibilities, the student's answers are analyzed according to other categories (scientific knowledge, guessing, lack of confidence, lack of knowledge).

Validity and Reliability in Research

Validity and reliability are fundamental concepts that enhance the quality of research and ensure the trustworthiness of findings. Validity refers to the extent to which an instrument measures the intended construct independently from other variables (Yıldırım & Şimşek, 2013), while reliability indicates the consistency of the data. In this study, data collection tools and analysis procedures were thoroughly described, and method selection was supported by the literature (Balat et al., 2019). Attention was paid to balancing the groups during sampling, obtaining necessary permissions before implementation, and ensuring participants' voluntariness. The extended duration of the application aimed to reduce threats to internal validity. Expert opinions were consulted, pilot studies were conducted, and reliability coefficients were reported (Topu et al., 2013). Furthermore, raw data, codings, and documents were archived to guarantee confirmability. Throughout the process, approaches supporting both validity and reliability were rigorously followed.

The individuals who voluntarily participated in the study were informed about the research and signed a consent form prior to data collection. All procedures were conducted in accordance with the rules set forth by the Directive on Scientific Research and Publication Ethics of the Higher Education Institutions (Decision No. 85906, dated 21.06.2021).

Findings

Findings of the CUT

The first research question is stated as follows: "Does the teaching of the Sound and Its Properties unit in the Science course using AR applications create a statistically significant difference in students' levels of conceptual misconceptions?" The normal distribution data for the CUT scores relevant to the research questions are presented in Tables 5 and 6. Based on these data and the research question, the "Repeated Measures ANOVA Test" was conducted among the parametric tests. The conditions required to perform

the test include homogeneity of variances among the groups and the absence of significant differences between the covariances of the pairwise combinations of the measurement groups. In this context, the Levene Test (Table 8) and the Box's Test of Equality of Covariance Matrices were performed.

Table 8

Homogeneity of Variance for Pre-test and Post-test Results of CUT

		Levene Statistic	df1	df2	p
Conceptual Understanding Test	Pre-test	1.673	1	153	.198
	Post-test	.431	1	153	.513

Upon examining the table, it is observed that the pre-test result of CUT ($p = 0.198$, $p > 0.05$) and the post-test result ($p = 0.51$, $p > 0.05$) indicate that the variances are distributed homogeneously. Additionally, the Box's test ($p = 0.73$, $p > 0.05$) concludes that the covariances of the groups are equal. Initially, Table 9 displays the mean scores and standard deviation (SD) values for both the pre-test and post-test of the experimental and control groups in the study.

Table 9

Mean and Standard Deviation Values of CUT

Group	Test	N	X	SD
Control Group	Pre-test	73	4.63	1.65
	Post-test	73	4.54	1.65
Experimental Group	Pre-test	82	5.01	1.50
	Post-test	82	2.43	1.77

An analysis of Table 9 reveals that the mean CUT score of students in the experimental group was 5.01 prior to the AR application, which subsequently declined by 2.58 points to 2.43 after the intervention. In contrast, students in the control group had a pre-test mean score of 4.63, which experienced a 1414inör reduction of 0.09 points, resulting in a post-test mean of 4.54. Given the differing degrees of decline between the groups, it was noted that students in the experimental group who utilized AR applications exhibited a more substantial decrease in CUT scores compared to their counterparts in the control group. The mean and SD values of the pretest and posttest scores of the experimental and control groups from the conceptual understanding test are shown in Table 10.

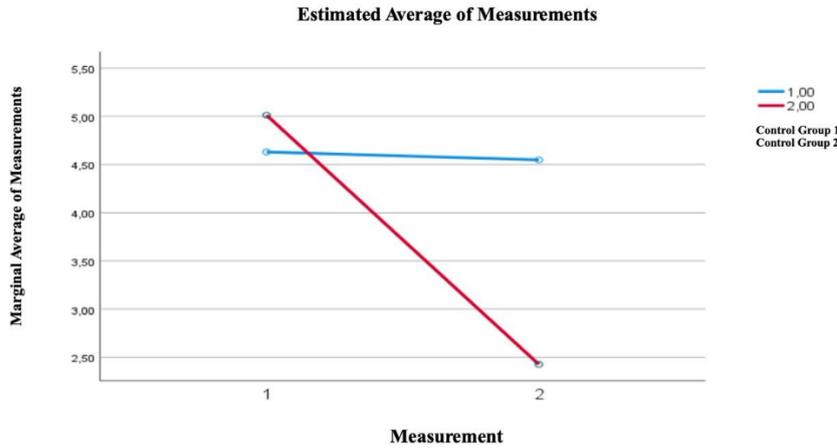
Table 10

ANOVA Results of Pre-test and Post-test of CUT for Experimental and Control Groups

Source of Variance	KT	df	KO	F	p	η^2
Between groups	383.839	154				
Group(Experimental/Control)	58.399	1	58.399	27.46	.000	.152
Error	325.440	153	2.127			
Within groups	765.102	155				
Measurement (Pre-test-Post-test)	137.405	1	137.405	41.49	.000	.213
Group Measurement	120.992	1	120.992	36.53	.000	.193
Error	506.705	153	3.312			
Total	1.148.941	309				

Upon examining Table 10, it is determined that when considering the repeated measures factors across different groups together, there is a statistically significant difference in the levels of conceptual misconceptions from pre-test to post-test in the experimental group where AR applications were used [$F(1,153) = 36.53$, $p < .05$]. This finding indicates that AR applications and the current teaching methods have different effects on addressing students' conceptual misconceptions. The changes in the pre-test and post-test means of the CUT according to the control and experimental groups are shown in Figure 6.

Figure 6
Changes in CUT Pre-test and Post-test Means According to Control and Experimental Groups

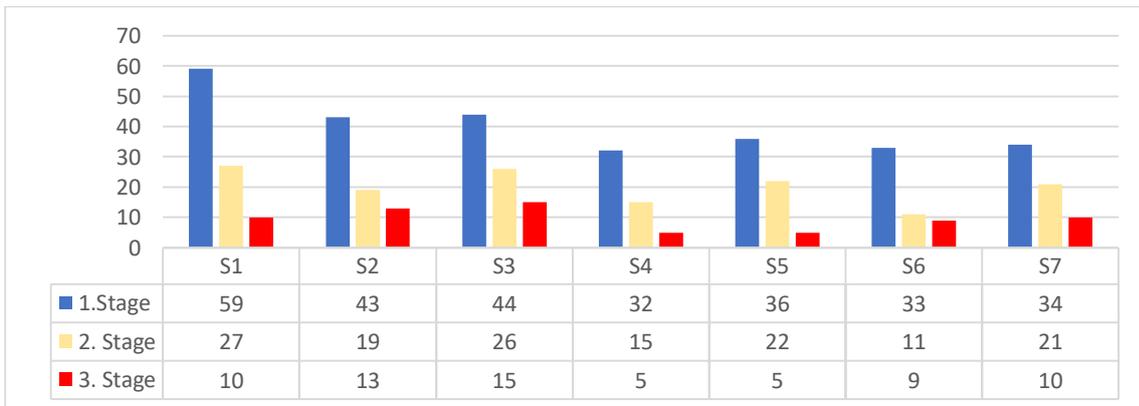


Upon examining Figure 6, it is observed that the CUT pre-test and post-test means for the experimental group where AR applications were used are 5.01 and 2.43, respectively, while for the control group, the CUT pre-test and post-test means are 4.63 and 4.54, respectively. The effect size of AR applications on reducing conceptual misconceptions has been determined based on Eta-squared values. The effect size values for the current study are calculated as 0.15 for between-groups, 0.21 for within-groups, and 0.19 for the interaction effect between Group and Measurement.

Findings Regarding Changes in Conceptual Misconception Levels

The second research question is stated as follows: “How do AR (Augmented Reality) applications in the Science course affect changes in students' existing levels of conceptual misconceptions?” In this section, the percentages of correct responses to CUT questions and each stage from pre-test to post-test were analyzed for students in both the experimental and control groups. Based on the obtained data, the groups were compared. Additionally, conceptual misconceptions identified based on the results of the pre-test applications of students in the experimental and control groups were examined by comparing them with the results of the post-test. Figure 7 presents the analyses of responses given by students in the experimental group to the pre-test questions at each stage.

Figure 7
Percentage of Correct Answers at Each Stage of Pre-test for Experimental Group Students



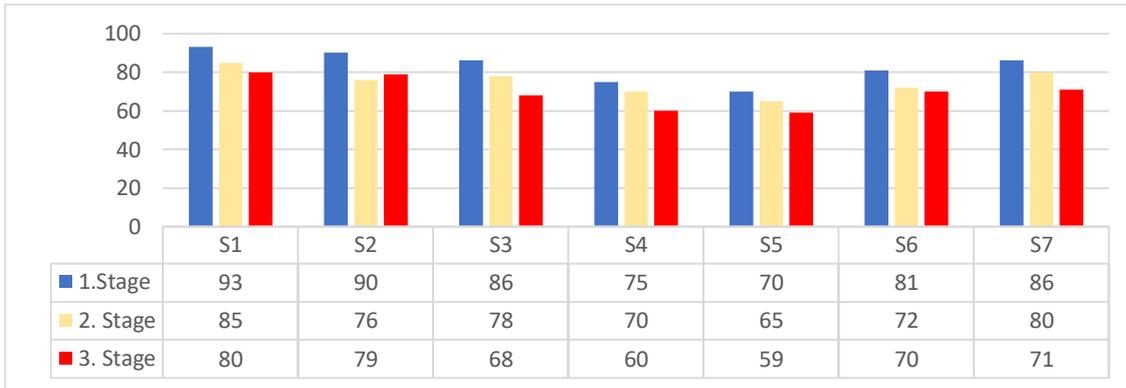
Upon examining Figure 7, it was observed that in the analysis of pre-test results for the experimental group students, the percentage of correct answers decreased as the stages of test questions increased.

The average percentage of correct answers for Stage 1 was 40%, while for the first two and first three stages, these percentages were determined as 20% and 9%, respectively.

Figure 8 provides the analyses of responses given by students in the experimental group to the post-test questions at each stage.

Figure 8

Percentage of Correct Answers at Each Stage of Post-test for Experimental Group Students

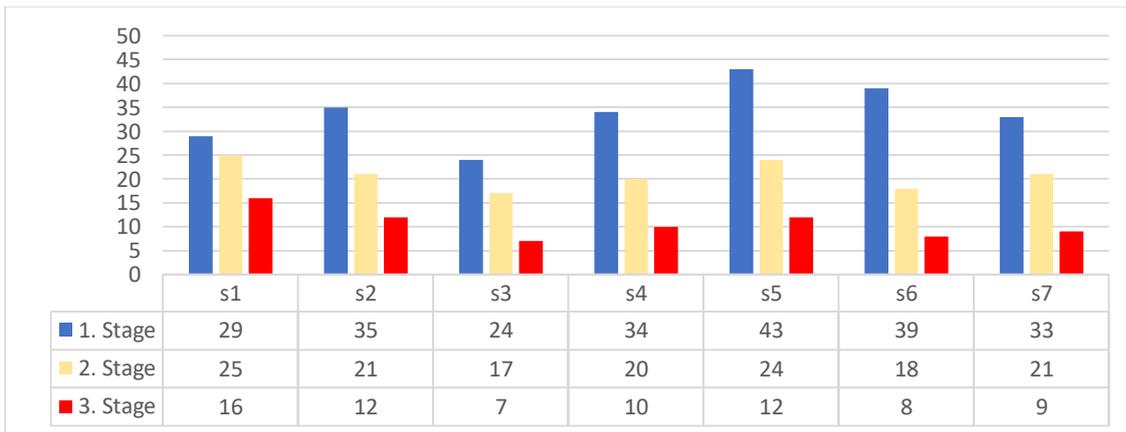


Upon examining Figure 8, it is observed that in the analysis of post-test results for the experimental group students, the percentage of correct answers decreased as the stages of test questions increased. The average percentage of correct answers for Stage 1 was 83%, while for the first two and first three stages, these percentages were determined as 75% and 70%, respectively. Considering all questions and stages, it was found that in the experimental group, the percentage of correct answers increased by 43% (83% - 40%) from Stage 1 pre-test to post-test, by 55% (75% - 20%) in Stage 2, and by 61% in Stage 3. It was observed that the response rate to the first three stages was above 50%.

Figure 9 presents the analyses of responses given by students in the control group to the pre-test questions at each stage.

Figure 9

Percentage of Correct Answers at Each Stage of Pre-test for Control Group Students

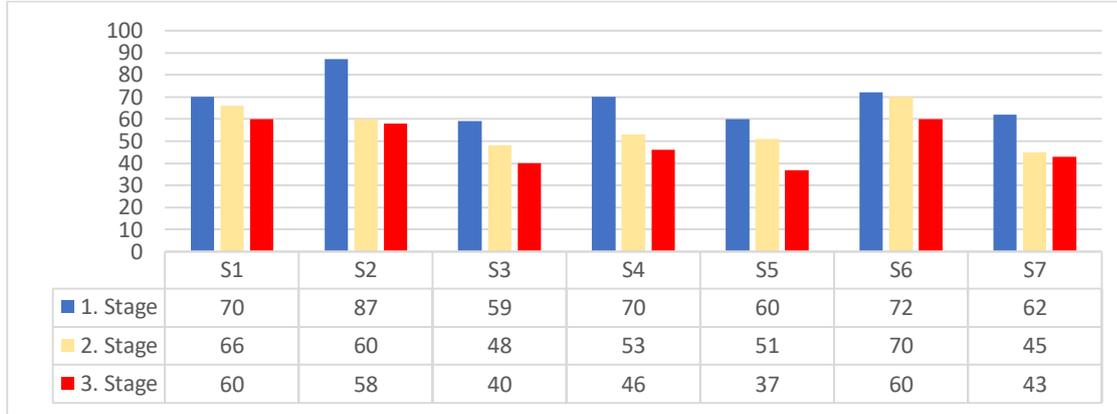


Upon examining Figure 9, it is observed that in the analysis of pre-test results for the control group students, the percentage of correct answers decreased as the stages of test questions increased. The average percentage of correct answers for Stage 1 was 33%, while for the first two and first three stages, these percentages were determined as 20% and 10%, respectively. It is noted that all three stages are similar to the pre-test data of the experimental group students.

Figure 10 presents the analyses of responses given by students in the control group to the post-test questions at each stage.

Figure 10

Percentage of Correct Answers at Each Stage of Post-test for Control Group Students



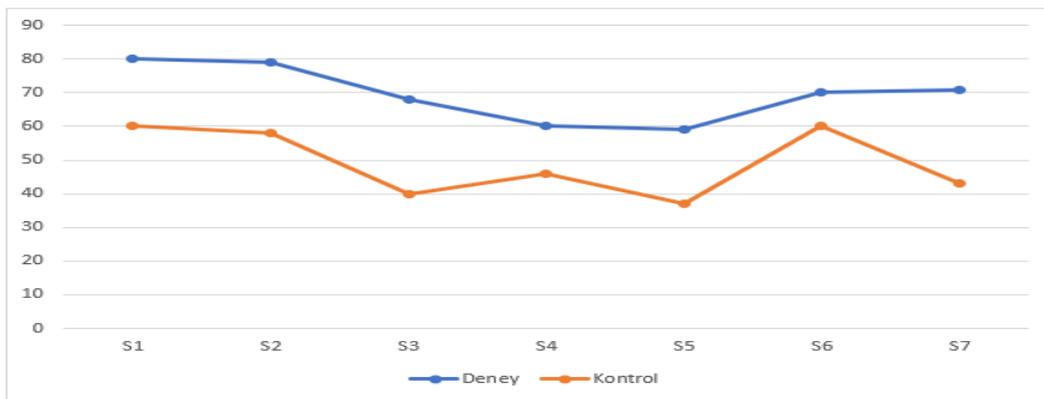
Upon examining Figure 10, it is observed that in the analysis of post-test results for the control group students, the percentage of correct answers decreased as the stages of test questions increased. The average percentage of correct answers for Stage 1 was 69%, while for the first two and first three stages, these percentages were determined as 56% and 49%, respectively. Considering all questions and stages, it was found that in the control group, the percentage of correct answers increased by 36% (69% - 33%) from Stage 1 pre-test to post-test, by 36% (56% - 20%) in Stage 2, and by 40% in Stage 3. While success rates were above 50% for all questions in Stage 1, it was found that questions 3, 4, 6, and 7 achieved success rates below 50% in Stage 2. Similar observations were made in Stage 3, where success rates were also below 50% for the same questions.

In both groups, the percentage increase in correct answers from the pre-test to the post-test differed based on the number of stages. However, it was observed that after the implementation, students in the experimental group outperformed those in the control group at every stage of the test. Based on the results of Stage 1, the experimental group had an average increase of 43%, while the control group had an average increase of 36%. Likewise, the experimental group showed increases of 55% and 61%, whereas the control group demonstrated increases of 36% and 40% for the first two and three stages, respectively.

Figure 11. Percentages of Students in Control and Experimental Groups Providing Correct Answers to All Three Stages in CUT Post-test.

Figure 11

Percentages of Students Providing Correct Answers to All Three Stages in CUT Post-test



For the analyses to be conducted, the students' conceptual misconceptions identified through the pre-test and post-test were numerically coded. A situation where a conceptual misconception is identified in the relevant question in either the pre-test or post-test is coded as 0, while other situations where no misconception is identified are coded as 1. To determine the change in students' conceptual misconceptions, pre-test scores were subtracted from post-test scores. The results obtained from these calculations regarding changes in conceptual misconceptions are presented in Table 11.

Table 11

Procedures for Determining Changes in Students' Levels of Conceptual Misconceptions

Pre-test Score	Post-test Score	Post-test - Pre-test Difference	Conceptual Misconception Change Status
0	0	0	No change
0	1	1	Misconception resolved
1	0	-1	New misconception formed
1	1	0	No change

Descriptive statistics related to the change in conceptual misconceptions in the control and experimental groups are presented in Table 12.

Table 12

Descriptive Statistics of Conceptual Misconception Changes in Control and Experimental Groups

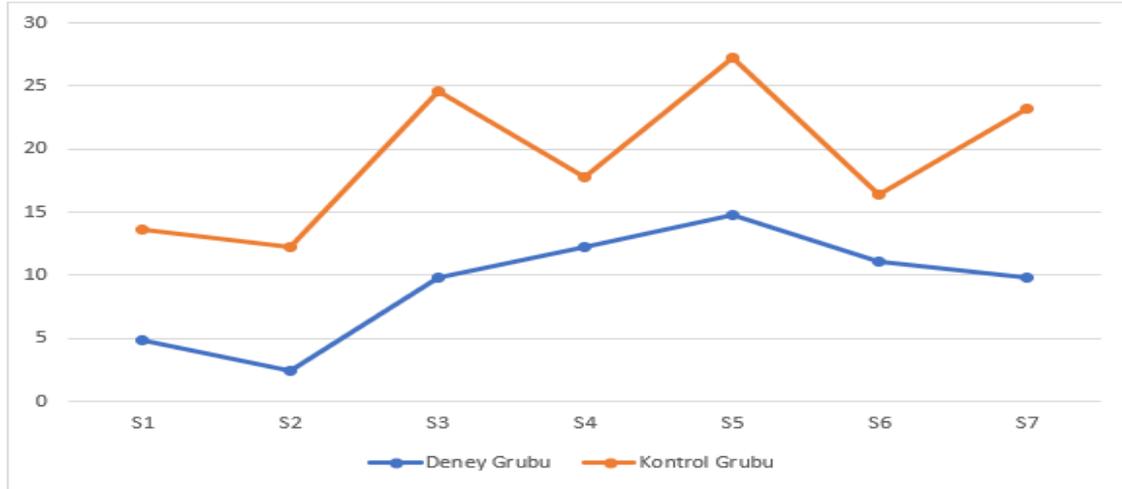
Question No	Conceptual Misconceptions	Experimental Group						Control Group					
		*-1		**0		***1		*-1		**0		***1	
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
1	Vocal cords produce sound by colliding. Sound is produced by molecules reflecting off a surface. Objects that absorb surrounding molecules produce sound.	2	2.4	49	60.4	30	37.2	9	12.3	50	68.4	14	19.1
2	Sound travels in a vacuum and stops when it hits an obstacle.	4	4.9	48	59.2	29	35.8	10	13.6	52	71.2	11	15.1
3	Sound travels faster in the air if it does not encounter an obstacle. Because the density of solids is lower, sound travels faster in solids. Sound travels faster in solids because there is no air in the atmosphere.	8	9.8	51	62.9	22	27.1	18	24.6	47	64.3	8	10.9
4	The speed of sound depends on its intensity, pitch, and timbre. If the sound is loud, it travels faster. The pitch of the sound makes windows vibrate and break.	10	12.3	46	56.7	25	30.8	13	17.8	49	67.1	11	15.1
5	The reflection of sound after a lightning strike causes it to be heard later. Sound waves wear out as they spread, and there is nothing left as sound. Confusion between the speed of sound and the reflection of sound.	9	11.1	54	66.6	18	22.2	20	27.3	40	54.8	13	17.8
6	Sound is not heard with double glazing because there are two panes.	12	14.8	52	64.9	17	20.9	12	16.4	52	71.2	9	12.3
7	The chime produced by the collision of bells helps bats find their way. Because bats' eyes do not see, they use the intensity of sound.	8	9.8	45	55.5	28	34.6	17	23.2	42	57.3	14	19.1
AVERAGE		7,8	9.1	49.2	60.9	24.1	29.8	14.1	19.3	47.4	64.9	11.4	15.6

* -1: New misconception formed, ** 0: No change, *** 1: Misconception resolved

As shown in Table 12, the rate of emergence of new misconceptions was 9.1% in the experimental group, where AR applications were implemented, whereas this rate was higher in the control group, which used the existing course materials, at 19.3%. This result indicates that AR applications are more effective in reducing the formation of misconceptions compared to the existing course materials.

Figure 12 graphically shows the rates of conceptual misconceptions for each question in both the experimental and control groups.

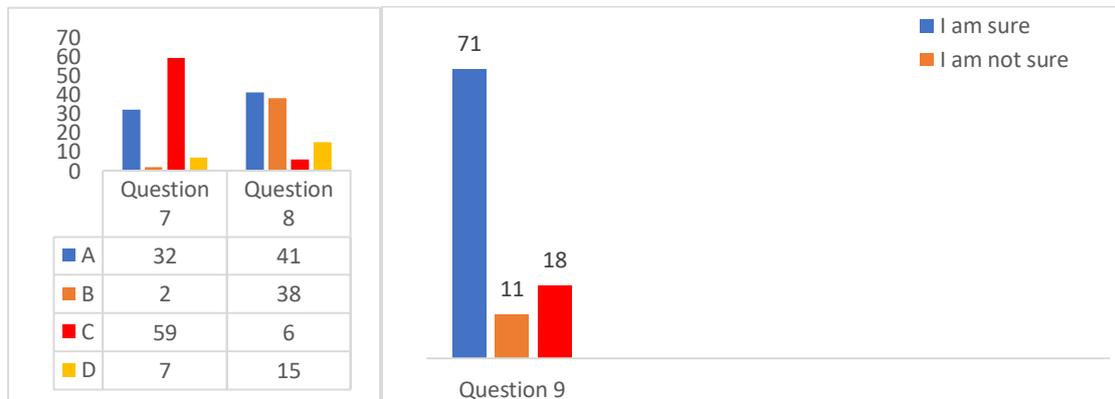
Figure 12
Rates of Conceptual Misconception Formation for Each Question in the Experimental and Control Groups



When Figure 12 was examined, it was seen that the rate of misconception formation was lower in each question in the experimental group than in the control group and the difference in the percentage of misconception formation between the groups was the highest in questions 3, 5 and 7.

Question 3 queries about the propagation speed of sound in different environments (corresponding to the seventh question in the test due to its three stages), the eighth question inquires about the reasons behind this issue, and the ninth question explores the certainty of responses. The percentages of responses provided by students in the control group for these questions are depicted in Figure 13.

Figure 13
Percentages of Responses by the Control Group Students to Questions 7, 8, and 9 in the CAT



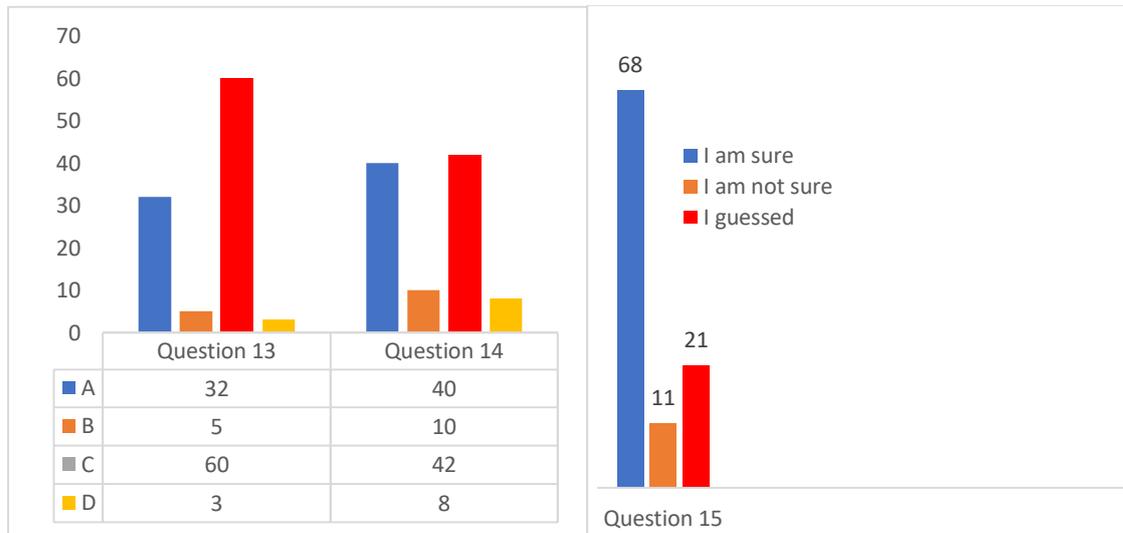
In Figure 13, it was determined that 59% of students correctly answered Question 7 by selecting option C, while the remaining 41% answered incorrectly. However, the majority of incorrect responses 32% were associated with option A. The percentage of correct answers decreased to 38% when asked about the

reason for Question 7 in Question 8. From these findings, it can be inferred that 59% of the students grasped the concept of sound propagation speed. Conversely, 32% of students exhibited misconceptions. These students chose the answer stating that sound travels fastest 'in the atmosphere' and explained it as 'Sound travels faster in the air when not encountering an obstacle.' In Question 9, which asked about their certainty, 71% of students indicated they were certain. Their certainty about the incorrect answer can be attributed to conceptual misunderstandings in this question.

Regarding Question 5 (the thirteenth question in the test with three stages) comparing the speeds of light and sound, Question 14 which queried the cause of this problem and the certainty of the answers given in Question 15 is given in Figure 14 for students in the control group.

Figure 14

Percentages of Responses by the Control Group Students to Questions 13, 14, and 15 in the CAT

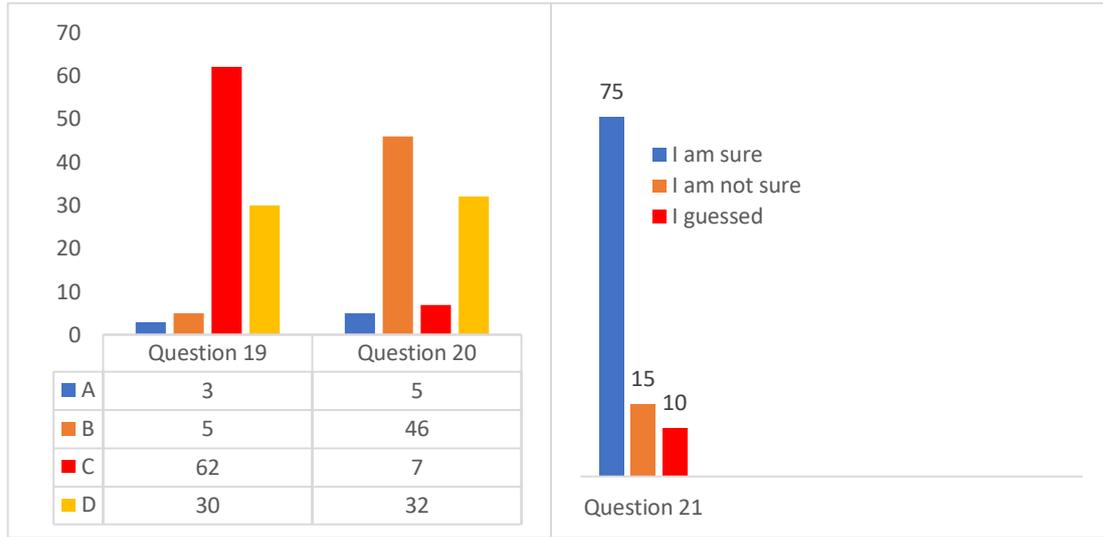


In Figure 14, it was determined that 60% of the students chose option C, 'speed of sound,' as the correct answer for the thirteenth question, while the remaining 40% of students who selected option A, 'reflection of sound,' constituted 32%. The correct answer rate for the fourteenth question, which sought to explain the reason for this, decreased to 42%. The rate of choosing option A increased to 40%. It can be stated that students who chose 'reflection of sound' explained the fourteenth question by saying 'The sound reflected after the lightning makes it heard later.' Furthermore, it was observed that some of the students who initially answered 'speed of sound' also shifted their explanation towards sound reflection. Regarding the fifteenth question about their certainty, 68% of the students expressed that they were certain. Students were unable to distinguish between the concepts of sound reflection and the speed of sound.

The percentages of responses given by the control group concerning the seventh question (nineteenth question in the three-stage test) regarding bats flying without colliding with anything, the twentieth question questioning the reason for this, and the twenty-first question asking about the certainty of the given answers are shown in Figure 15.

Figure 15

Percentages of Responses by the Control Group Students to Questions 19, 20, and 21 in the CAT



In Figure 15, it was found that 62% of the students chose option C, 'echo of sound,' as the correct answer for the nineteenth question, while the remaining 38% of students selected option D, 'absorption of sound,' constituting 30%. The correct answer rate for the twentieth question, which sought to explain the reason for this, decreased to 46%. In contrast, the rate of choosing option D increased to 32%. It can be said that students who chose 'absorption of sound' in explaining the twentieth question, regarding bats finding their directions, and some students who initially answered 'echo of sound' in the first question, continued with the explanation 'The sound absorbed by the walls of the room helps bats find their way.' Regarding their certainty in the twenty-first question, 75% of the students stated that they were certain. It can be concluded that students have difficulty distinguishing between the concepts of sound echo and sound absorption, leading to a misconception in this regard.

In the experimental group, where AR applications were implemented, the rate of elimination of existing misconceptions was found to be 29.8%, whereas in the control group, which used the existing course materials, this rate remained at 15.6%. This result indicates that AR applications are more effective than existing course materials in addressing students' pre-existing misconceptions. Furthermore, an item-level analysis revealed that misconceptions related to sound formation (questions 1 and 2), the speed of sound propagation (question 5), and sound reflection (question 7) were significantly reduced in the experimental group. In contrast, students in the control group were observed to show a tendency to develop new misconceptions on similar questions (3, 5, 6, and 7).

Discussion & Conclusion

The findings of the study indicate that AR applications are significantly effective in reducing students' misconceptions in the "Sound and Its Properties" unit. In the experimental group, the rate of misconception elimination increased to 29.8%, while the emergence of new misconceptions was reduced by half compared to the control group, indicating that AR-supported instruction strongly promotes conceptual change. In particular, the meaningful improvement in students' understanding of abstract processes such as sound reflection and absorption demonstrates that AR contributes to reorganizing students' mental structures by making abstract concepts visible. The continued emergence of new misconceptions in the control group indicates that the existing course materials are insufficient for properly structuring abstract concepts.

The study findings are consistent with a broad literature highlighting the positive effects of AR on conceptual learning (Altıntaş, 2018; Fleck et al., 2013; Iordache et al., 2012; Liu et al., 2024; Mansour et

al., 2025; Sırakaya, 2015; Taş, 2025). For instance, Sırakaya (2015) reported that AR applications significantly reduce students' misconceptions, while Altıntaş (2018) emphasized that AR is effective in transforming alternative conceptions in environmental topics. Liu et al. (2024) demonstrated that AR-based games support deep conceptual learning and enhance knowledge retention. Fleck and Simon (2013) stated that in astronomy topics, AR promotes conceptual understanding more effectively than physical materials. A common aspect of these studies is that AR not only provides students with an engaging experience but also facilitates the restructuring of misconceptions by creating learning environments that induce cognitive conflict. In the present study, the three-stage test (KAT) revealed increases of 43%, 55%, and 61% in the first, second, and third stages for the experimental group, respectively, indicating that AR supports learning not only at the surface knowledge level but also at the level of reasoning and explanation. Presenting abstract processes such as sound propagation, reflection, and absorption through three-dimensional, interactive models helped students recognize inconsistencies in their thinking. This finding supports the results of Parwati and Suharta (2020) and Bağdat and Sezen Yüksel (2025), emphasizing the importance of cognitive conflict for conceptual change.

The simultaneous use of AR with the TGA technique provided a significant advantage in the study. Students made predictions based on their prior knowledge, conducted real observations through AR, and subsequently produced reasoned explanations. In this process, students not only identified the correct answers but also sought to understand the underlying physical mechanisms of the concepts. This is an important indicator of students' development at the reasoning level. Additionally, the structured inquiry environment provided by TGA allowed students to recognize their misconceptions and begin questioning them. In this respect, the study aligns with the findings of Özkan (2021), highlighting the positive impact of TGA-supported AR applications on conceptual learning.

A particularly noteworthy finding of the study is that some misconceptions related to the topic of sound were not completely eliminated despite AR applications. The abstract and unobservable nature of sound frequently leads to resistant misconceptions in students, as highlighted in the literature (Hrepic et al., 2010; Laçın Şimşek, 2019). For example, students' belief that sound can propagate in a vacuum (Küçüközer, 2009) or the confusion between echo and absorption (Öztürk & Atalay, 2012; Zeybek, 2007) are among the most commonly observed misconceptions. In this study, the intuitive belief that "sound travels fastest in air" was only partially reduced in the experimental group. Hrepic et al. (2010) explain that this misconception stems from students' reliance on air as a fundamental reference point in their daily experiences, making it one of the most resistant concepts. Similarly, the continued confusion between reflection and absorption at the reasoning level is noteworthy. Zeybek (2007) and Öztürk & Atalay (2012) note that these processes occur at a microscopic level and students cannot directly observe them, which often leads to conceptual confusion. Furthermore, the failure to completely eliminate students' intuitive belief that increased sound intensity leads to increased speed, as noted by Laçın Şimşek (2019), stems from students' tendency to derive incorrect proportional reasoning from daily life experiences.

Although AR applications are effective, misconceptions are not entirely eliminated, indicating that such misunderstandings cannot be easily changed with short-term interventions. Studies show that misunderstandings related to abstract science concepts can be more permanently addressed through learning experiences supported by augmented reality and modeling-based instruction, the use of multiple representations, and interactive experimental engagement (Ainsworth, 2006; Mansour et al., 2025; Sivri & Eroğlu, 2022). Therefore, AR plays an important role as a tool that initiates and supports conceptual change, but it should be reinforced with repeated and long-term instructional practices, particularly when targeting intuitively derived daily-life beliefs.

In conclusion, this study demonstrates that AR holds significant potential in science education, especially for learning processes involving abstract and hard-to-observe concepts. AR applications reduce students' misconceptions, enhance conceptual understanding, and improve their ability to provide reasoned explanations. Additionally, by promoting active engagement, reducing cognitive load through

concretization, and making the learning process more motivating, AR becomes a powerful tool in the context of 21st-century science education.

Limitations and Recommendations for Future Research

This study demonstrates the effectiveness of AR applications in reducing students' misconceptions in the "Sound and Its Properties" unit. However, it was conducted in a single province, with a limited number of students and within the scope of a single unit, limiting the generalizability of the findings. Future research should involve larger, more diverse samples from different regions and socioeconomic backgrounds to allow for comparative analyses of results.

The AR applications in this study were implemented according to the available school infrastructure and device performance. Some students experienced delays, connectivity issues, or differences in image quality, which may have indirectly affected their engagement and conceptual understanding. Future studies should consider standardized hardware and software environments to minimize the impact of technological variability and to evaluate AR's effects more reliably.

Extending the intervention duration and including follow-up tests for retention could help determine the long-term effects of AR. Additionally, mixed-method and longitudinal studies, not limited to quantitative data, can provide deeper insights into students' conceptual change processes. Research in different science topics and age groups would also contribute to understanding the generalizability of AR-supported instruction in reducing misconceptions.

This study identified certain resistant misconceptions. Therefore, future research should focus on interventions targeting intuitive misconceptions such as "sound travels fastest in air," "confusion between reflection and absorption" and "relationship between sound intensity and speed." Combining AR with TGA, argumentation, concept maps, and conflict-creation strategies could be more effective in addressing resistant misconceptions. Furthermore, future studies should examine "deep-structured misconceptions" where students continue to provide incorrect reasoning despite selecting correct answers.

Author Contributions

The authors contributed equally to the study.

Ethical Statement

All rules stated in the "Directive on Scientific Research and Publication Ethics of Higher Education Institutions" have been followed, and none of the "Violations of Scientific Research and Publication Ethics" listed in the second section of the directive have been committed.

Conflict of Interest Statement

The authors declare that there is no conflict of interest with any individual or institution within the scope of this study.

Statement of Support

This research was supported under the Erzincan Binali Yıldırım University Scientific Research Project (BAP) numbered FDK-2021-807.

Türkçe Sürümü

Giriş

Son yıllarda eğitim-öğretim süreçlerinde teknolojinin kullanımı giderek önem kazanmıştır. Teknolojik araçlar, öğrencilere bilgiye kolay erişim sağlamanın yanı sıra, bu bilgileri daha anlamlı hâle getirerek duyuşsal becerilerin gelişimine katkıda bulunur. Özellikle çoklu ortamlarla zenginleştirilmiş dijital öğrenme ortamları, öğrencilere hem güvenli hem de gerçek yaşamı andıran öğrenme deneyimleri sunarak akademik başarıyı artırma potansiyeline sahiptir (Bursalı, 2022). Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, teknoloji destekli yaklaşımlar, eğitsel sınırları genişletmekte ve öğrenme sürecini daha etkili hâle getirmektedir. Eğitimde teknolojinin sunduğu faydalar genel olarak öğretmen merkezli ve öğrenci merkezli kazanımlar şeklinde iki ana başlık altında toplanabilir. Dijital araçların ders süreçlerine dâhil edilmesi, öğretmenlerin ders hazırlık yükünü azaltmakta, sınav ve materyal geliştirme süreçlerinde zamandan tasarruf etmelerine olanak tanımaktadır (Alpar vd., 2007). Teknolojik gelişmelerle birlikte değişen yaşam biçimleri, öğretmenlerin bu yeniliklere ayak uydurmalarını zorunlu kılmış; güncel öğretim yaklaşımlarının bilinmesi ve teknolojinin etkili entegrasyonu önemli hâle gelmiştir (Güner, 2018). Öğrenci sayısındaki artış, dijital araç çeşitliliği ve öğrencilerin teknolojiyle güçlü bağları gibi etkenler, bilgi ve iletişim teknolojilerinin eğitim sistemine entegrasyonunu kaçınılmaz kılmıştır (Yücer, 2011).

Fen ve teknoloji disiplinleri arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Fen eğitimi doğayı anlamayı ve açıklamayı, teknoloji ise doğa yasalarına uygun çözümler üretmeyi hedefler. Bu nedenle, fen ve teknoloji günümüzde birbirinden bağımsız düşünülmemelidir (Çepni, 2014). Fen bilimleri dersi, teknolojik gelişmelerin temelini oluşturan yapısı ve soyut kavramlar içermesi nedeniyle teknolojinin entegrasyonu için oldukça elverişlidir (Ayas vd., 2001; Doğru & Kıcı, 2005). Ancak öğretim teknolojilerinin etkili şekilde kullanılmaması, öğrenme süreçlerinde verimliliği azaltabilir (Fidan, 2018). Bu noktada, öğrencilerin öğrenmesini destekleyecek çağdaş teknolojilerin, özellikle de görselleştirmeyi destekleyen uygulamaların kullanımı büyük önem taşımaktadır.

Bu teknolojilerden biri olan Artırılmış Gerçeklik (AG), gerçek dünya görüntüleri üzerine sanal nesnelere entegre edildiği, fiziksel ve dijital unsurların bir araya getirildiği etkileşimli bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Azuma, 1997; Schrier, 2006). Eğitimde AG kullanımı, öğrencilerin soyut kavramları görsel olarak deneyimlemelerine, gerçeklik algılarını güçlendirmelerine ve öğrenmeyi daha kalıcı hâle getirmelerine katkı sağlar (Cai vd., 2014; Warkentin vd., 2025). AG uygulamalarının akademik başarı üzerinde olumlu etkileri olduğu çeşitli araştırmalarda ortaya konmuştur (Abdüsselam & Karal, 2012; Fleck & Simon, 2013; Sırakaya, 2015; Yen vd., 2013; Zhang vd., 2014). Ayrıca tehlikeli ya da uygulanması zor deneylerin güvenli biçimde gerçekleştirilmesine olanak sunması ve kavram yanlışlarını azaltması, bu teknolojiyi özellikle fen dersleri için değerli kılmaktadır (Fleck vd., 2013; Mansour vd., 2025). Eğlenceli ve ilgi çekici deneyimler sunması, sınıf içi etkileşimi artırarak sosyal gelişimi desteklemesi ve öğrencilerin motivasyonunu yükseltmesi de (Azuma, 2004; Dunleavy vd., 2009; Sumadio & Rambli, 2010) bu teknolojinin eğitimdeki rolünü güçlendirmektedir. Bu bağlamda AG, fen eğitiminde öğrencilerin konuları daha derinlemesine, etkileşimli ve anlamlı biçimde öğrenmelerini sağlayan etkili bir araçtır.

Özellikle “Ses ve Özellikleri” ünitesi gibi soyut kavramlar içeren fizik konularında, AG uygulamaları önemli bir rol oynamaktadır. Bu konular doğanın temel yasalarını anlamayı gerektirdiğinden, öğrenciler soyut yapılarla karşılaştıklarında kavramları zihinsel olarak canlandırmakta zorlanabilmekte ve ezber dayalı öğrenmeye yönelebilmektedir (Akkuş, 2013; Gödek vd., 2018). Bu durum kavram yanlışlarına zemin hazırlamakta, öğrencilerin bilimsel bilgiyle çelişen bilişsel yapılar geliştirmelerine neden olmaktadır (Güneş, 2021). Fen eğitimi literatüründe bu tür hatalı yapılanmalar için “alternatif kavramlar”, “yanlış kavramlar” gibi çeşitli terimler kullanılmaktadır (Driver & Easley, 1978). Bu kavramlar bireyin kendi mantığıyla oluşturduğu ancak bilimsel gerçeklerle örtüşmeyen yapılar olarak tanımlanır.

Kavram yanlışlarının oluşumunda bireysel deneyimler ve öğretim süreçleri temel etkenlerdir. Günlük yaşam deneyimlerinden edinilen bilgiler çoğu zaman bilimsel doğruluk taşımaz. Bunun yanı sıra,

öğretmenin alan bilgisi, pedagojik yeterliliği, yöntem seçimi ve kullanılan materyaller de kavram yanlışlarının oluşmasında belirleyici rol oynar (Laçın Şimşek, 2019). Bu nedenle, öğrencilerin bilgi düzeylerini ve kavram yanlışlarını belirlemek için çeşitli ölçme araçları kullanılmaktadır. Bunlar arasında kavram haritaları, tahmin-gözlem-açıklama, mülakatlar ve iki/üç aşamalı teşhis testleri gibi teknikler öne çıkmaktadır (Bolat & Sözen, 2009; Orduhan & Çakır, 2023; Sarı & Çakır, 2024; Şahin & Çepni, 2011; Wu & Tsai, 2007).

Fen eğitimi literatüründe öğrencilerin sesin doğası ve yayılması hakkında çeşitli yanlış inanışlara sahip oldukları tespit edilmiştir (Eshach & Schwartz, 2006; Eshach, 2014; Hrepic, Zollman & Rebello, 2010; Linder, 1992; Wittmann, 1998). Örneğin, birçok öğrenci sesi bir madde veya enerji taşıyıcısı olarak algılamakta; sesin yayılabilmesi için bir ortamda madde hareketi gerektiğini düşünmektedir (Eshach, 2014; Linder, 1992). Ayrıca sesin boşlukta yayılabileceği veya sadece hava aracılığıyla iletilebileceği, dolayısıyla katı ve sıvı ortamlarda daha yavaş yayıldığı gibi yanlışlar da sıkça görülmektedir (Eshach & Schwartz, 2006; Hrepic vd., 2010). Öğrencilerin bir diğer kavram yanlışlığı, sesin şiddeti, yüksekliği ve frekansı arasındaki farkı doğru biçimde ayırt edememeleridir. Örneğin, yüksek frekanslı seslerin daha hızlı yayıldığını veya şiddetin yalnızca sesin “yüksekliği” ile ilişkili olduğunu düşünmektedirler (Wittmann, 1998). Benzer şekilde, sesin yansıma, yankı ve soğurulma süreçlerinde enerji dönüşümünü doğru şekilde kavrayamayan öğrenciler, sesin “kaybolduğu” veya “tüketildiği” gibi bilimsel olmayan açıklamalara yönelmektedirler (Hrepic vd., 2010; Linder, 1992). Belirtilen yanlışlar, öğrencilerin kavramsal öğrenme sürecinde yeni bilgileri mevcut hatalı bilişsel yapılar üzerine inşa etmelerine neden olmakta; dolayısıyla kalıcı öğrenmeyi engellemektedir. Bu nedenle bu tür kavramların somutlaştırılması büyük önem taşımaktadır (Çepni, 2014).

Araştırmalar, “Ses ve Özellikleri” konusunun öğrenciler açısından zor anlaşılan konular arasında yer aldığını ortaya koymuştur (Atasoy vd., 2013; Gök Altun, 2006; Küçüközer, 2009). Bu doğrultuda yapılan çalışmalar, AG uygulamalarının kavram yanlışlarının giderilmesine katkı sağladığını (Mansour vd., 2025; Sırakaya, 2015; Yen vd., 2013) ve soyut kavramların daha anlaşılır hâle getirilmesinde etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir (İbili & Şahin, 2015). Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, AG’nin kavramsal öğrenmeye olan katkısının çoğunlukla genel fen konuları üzerinden ele alındığı, özellikle “Ses ve Özellikleri” gibi öğrencilerde kavram yanlışlarının sık görüldüğü soyut konulara yönelik uygulamaların sınırlı olduğu dikkat çekmektedir. Ayrıca mevcut çalışmalar genellikle AG’nin kavram öğretimi üzerindeki etkisini betimsel düzeyde incelemiş, öğrencilerin kavram yanlışlarının oluşumu, giderilme düzeyi ve bilişsel değişim süreci arasındaki ilişkiyi deneysel olarak ortaya koymamıştır. Bu araştırma, söz konusu boşluğu doldurmak amacıyla, “Ses ve Özellikleri” ünitesine özel olarak geliştirilen SesAR adlı AG öğretim materyalinin öğrencilerin kavram yanlışlarını azaltmadaki etkisini deneysel olarak incelemek; böylece AG teknolojisinin fen eğitimi alanındaki uygulama boyutuna ve kavramsal öğrenme sürecine ampirik ve özgün bir katkı sunmaktadır.

Bu araştırmanın temel amacı, “Ses ve Özellikleri” ünitesinde AG uygulamalarının öğrencilerin kavram yanlışları üzerindeki etkisini incelemektir. Bu doğrultuda şu araştırma soruları ele alınmıştır:

- Fen bilimleri dersi “Ses ve Özellikleri” ünitesinin AG uygulamaları ile öğretimi, öğrencilerin kavram yanlışlığı düzeylerinde anlamlı bir değişiklik yaratmakta mıdır?
- Fen bilimleri dersi “Ses ve Özellikleri” ünitesinin AG uygulamaları ile öğretimi, öğrencilerin var olan kavram yanlışlığı seviyelerinde nasıl bir değişime neden olmaktadır?

Yöntem

Araştırma Modeli

Araştırmada nicel yöntemlerden yararlanılarak ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Yarı deneysel desenlerde, araştırmacıların deney ve kontrol gruplarını tamamen rastgele oluşturma ya da bazı katılımcılara müdahale uygulama imkânı bulunmamaktadır (Karasar, 2014). Bu nedenle, katılımcıların rastgele seçilmesi veya rastgele gruplara atanması genellikle mümkün olmamaktadır (Büyüköztürk vd., 2015). Mevcut çalışmada, Millî Eğitim Bakanlığı (MEB)’e bağlı okullarda önceden oluşturulmuş sınıflar kullanılmış ve deneysel koşullar tam olarak kontrol edilemediği için yarı deneysel desen tercih edilmiştir. Çalışma grupları belirlenirken, sınıf mevcudu ve başarı gibi bazı

özelliklerin benzer olmasına özen gösterilmiştir. Deney grubunda dersler, AG uygulamalarıyla desteklenen materyallerle yürütülürken; kontrol grubunda ise MEB öğretim programı kapsamında yer alan mevcut materyaller (ders kitapları, basılı materyaller, videolar, animasyonlar vb.) kullanılmıştır.

Çalışma Grubu

Araştırma, 2022-2023 eğitim-öğretim yılının bahar döneminde gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubunu, Marmara Bölgesi'nde orta ölçekli bir ilin merkez ilçesinde bulunan iki devlet okulunda öğrenim gören toplam 155 altıncı sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Bu öğrencilerden 82'si (51 kız, 31 erkek) deney grubunda, 73'ü ise (37 kız, 36 erkek) kontrol grubunda yer almıştır. Grupların belirlenmesinde, önceki dönemlerde fen bilimleri dersindeki başarı puan ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmayan sınıflar tercih edilmiştir.

Uygulamanın yapılacağı okullar, uygun örnekleme yöntemi kullanılarak seçilmiştir. Uygun örnekleme yöntemi, erişimin kolay olduğu durumlarda tercih edilmekte olup, sınırlı kaynaklarla daha etkili veri toplama süreci sağlama amacıyla da kullanılabilir (McMillan & Schumacher, 2010). Okulların belirlenmesinde, coğrafi yakınlıkları, sınıf düzeyindeki şube sayısı ve öğrenci mevcudunun uygunluğu gibi kriterlere dikkat edilmiştir.

Kullanılan Veri Toplama Araçları

Araştırmada, örneklem grubundan veri toplamak amacıyla seçilen gönüllü bireyler, konu hakkında bilgilendirilmiş ve onay formu imzalatılmıştır. Araştırma sürecinde, Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesinde belirtilen tüm ilkelere uyulmuş olup, çalışma için 21.06.2021 tarihli ve 85906 sayılı etik kurul onayı alınmıştır.

Bu çalışmada, öğrencilerin ses konusundaki kavram yanılgılarını belirlemek için Efe ve Demirci (2007) tarafından geliştirilen üç aşamalı Kavramsal Anlama Testi (KAT) kullanılmıştır. Testin ilk aşaması çoktan seçmeli sorulardan, ikinci aşaması bu seçeneklerin gerekçelerinden ve üçüncü aşaması ise gerekçeye yönelik güven düzeyinden oluşmaktadır. 6. sınıf müfredatına dahil olmayan kazanım dışı sorular uzman görüşüyle çıkarılmış, pilot uygulamada 40 öğrenciyle test revize edilmiştir. Test, sekiz temel sorudan oluşan 21 maddeye düzenlenmiş ve 173 yedinci sınıf öğrencisine uygulanmıştır. Güven düzeyini ölçen bazı likert tipi sorular analiz dışında bırakılmıştır.

Üç aşamalı KAT pilot uygulamasından elde edilen veriler, madde analizi için istatistiksel programlar kullanılarak değerlendirilmiştir. KAT'ın birinci aşamasına ait her madde için güçlük ve ayırt edicilik indeksleri hesaplanmış ve Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1

KAT'ta Yer Alan Maddelerin Güçlük ve Ayırt Edicilik Değerleri (Birinci Aşama İçin)

Soru Numarası	Pj	Rjx	Soru Numarası	pj	rjx
1	0.63	0.65	13	0.67	0.58
4	0.56	0.81	16	0.60	0.58
7	0.58	0.54	19	0.50	0.50
10	0.48	0.73			

Tablo incelendiğinde, birinci aşamada yer alan maddelerin güçlük indeksleri .48 ile .63 arasında değiştiği görülmüştür. Maddelerin ayırt edicilik indeksleri ise .50 ile .81 arasında bulunmuştur.

İkinci aşamaya ait her bir madde için güçlük ve ayırt edicilik değerleri hesaplanmış ve Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2*KAT'ta Yer Alan Maddelerin Güçlük ve Ayırt Edicilik Değerleri (İkinci Aşama İçin)*

Soru Numarası	Pj	rjx	Soru Numarası	pj	rjx
2	0.50	0.50	14	0.66	0.68
5	0.61	0.71	17	0.50	0.50
8	0.50	0.71	20	0.43	0.50
11	0.54	0.57			

Tablo 2 incelendiğinde, maddelerin güçlük indekslerinin 0.43 ile 0.68 arasında değiştiği görülmektedir. Madde ayırt edicilik indeksleri ise 0.50 ile 0.71 aralığındadır.

Madde güçlük indeksi 0 ile 1 arasında değerler almakta olup, 0'a yakın değerler maddenin zor olduğunu, 1'e yakın değerler ise maddenin kolay olduğunu göstermektedir. Ayrıca 0.50 değeri maddenin orta güçlükte olduğunu ifade eder (Atılğan vd., 2009). Analizler sonucunda çok kolay veya çok zor maddelerin olmadığı belirlenmiş ve ortalama güçlük indeksi 0.54 olarak hesaplanmıştır. Madde ayırt ediciliğinde ise, 0.40 ve üzeri değerler "çok iyi", 0.30-0.39 arası "iyi", 0.20-0.29 arası ise "düzeltme gerektiren" maddeler olarak kabul edilmektedir. 0.20'nin altındaki maddelerin ise mutlaka düzeltilmesi veya mümkünse testten çıkarılması önerilmektedir (Tekin, 2016). KAT'ta yer alan tüm maddelerin ayırt edicilik indeksleri 0,38'in üzerinde olup, iyi madde niteliği taşıdığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, testten madde çıkarılmamış ve test analiz sonuçları uygun bulunmuştur.

KAT'ta birinci aşamasına ait madde analiz sonuçları hesaplanarak Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3*KAT'ta Yer Alan 1. Aşama Sorularına İlişkin Madde Analizi Sonuçları*

Madde Numarası	Madde-Toplam Korelasyonu	Ortalama Puan		t değeri	p
		%27 üst grup	%27 alt grup		
1	0.571	0.96	0.31	6.538	0.00
4	0.713	0.96	0.15	9.878	0.00
7	0.438	0.62	0.23	2.988	0.00
10	0.582	0.85	0.12	7.582	0.00
13	0.540	0.96	0.38	5.514	0.00
16	0.530	0.88	0.31	5.139	0.00
19	0.479	0.77	0.23	4.518	0.00

KAT'ta yer alan birinci aşama sorularının madde-toplam korelasyon katsayılarının 0,479 ile 0,713 arasında değiştiği belirlenmiştir. Maddelerin ayırt edicilik değerleri ise %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı bulunmuştur. KAT'ın ikinci aşamasına ilişkin madde analiz sonuçları hesaplanmış olup, Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4*KAT'ta Yer Alan 2. Aşama Sorularına İlişkin Madde Analizi Sonuçları*

Madde Numarası	Madde-Toplam Korelasyonu	Ortalama Puan		t değeri	p
		%27 üst grup	%27 alt grup		
2	0.295	0.75	0.25	4.243	0.00
5	0.603	0.96	0.25	7.878	0.00
8	0.484	0.86	0.14	7.500	0.00
11	0.304	0.82	0.25	5.136	0.00
14	0.476	1.00	0.32	7.550	0.00
17	0.355	0.75	0.25	4.243	0.00
20	0.299	0.68	0.18	4.302	0.00

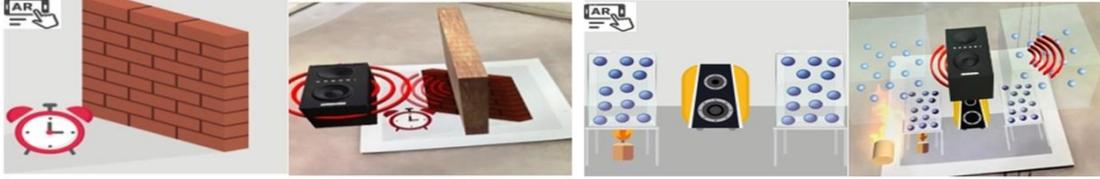
Ölçekte yer alan ikinci aşamaya ait soruların madde-toplam korelasyonlarının 0.295 ile 0.603 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Maddelerin ayırt edicilik değerlerinin %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğu bulunmuştur. KAT'ın KR-20 güvenilirliği, birinci aşama soruları için 0.70; ilk iki aşamanın birlikte değerlendirilmesi sonucunda ise 0.84 olarak belirlenmiştir.

Uygulama Süreci

Uygulama sürecinde öncelikli olarak ders planları ve kazanımlar çerçevesinde materyaller planlanmış ve geliştirilmiştir. AG kartları, 6. sınıf “Ses ve Özellikleri” ünitesini kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu kartlar, belirlenen öğrenme hedeflerine ve teknik gerekliliklere uygun olarak yazılım şirketi tarafından 8 ay içinde tamamlanmıştır. Kartların içeriği sürecin bir parçası olarak uzmanlar tarafından değerlendirilmiş ve gerekli revizeler yapılmıştır. Hazırlanan 36 adet AG kartları telefon veya tablet kullanılarak SesAR adlı uygulama ile internet bağlantısı gerektirmeden kullanılabilir hâle getirilmiştir. Bu uygulamalarla, “Ses ve Özellikleri” ünitesinin kazanımları ve konu bilgisi ses, video ve görüntü formatlarında sunulmuştur. Ayrıca çalışma kâğıtlarında, tablet veya telefonla işaretçilere nasıl tutulacağına dair bilgilendirme metinleri ve sembolleri görsel ve yazılı metin şeklinde kaydedilmiştir. Şekil 1'de kullanılan işaretçilerden bazıları gösterilmiştir.

Şekil 1

AG Uygulamalarında Kullanılan Bazı İşaretçiler ve Okutunca Oluşan Görüntüler



Çalışma kâğıtları hazırlanırken, öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini desteklemek ve kavramlarla ilgili ön bilgileri ile yanılgıları ortaya koymak amacıyla “Tahmin-Gözlem-Açıklama” (TGA) tekniği tercih edilmiştir. TGA tekniği, üç aşamalı bir süreçle öğrencilerin belirli bir konu hakkındaki bilgilerini açığa çıkarmak için kullanılan bir tekniktir (Çepni, 2014). Tahmin aşamasında, öğrencilere bir deney, olay veya durum sunularak kendi tahminlerini yapmaları istenmiştir. Araştırmanın bu aşamasında, ilgili kazanımlara yönelik olarak en fazla üç açık uçlu soru yer almış olup, bu sorular öğrencilerin ön bilgilerini ve kavram yanılgılarını belirlemeye yönelik hazırlanmıştır (Şekil 2).

Şekil 2

Çalışma Kâğıdı Tahmin Aşaması Örneği



Gözlem aşamasında, önceki aşamada betimlenen durum uygulanmıştır. Açıklama aşamasında ise öğrencilerden, tahminleri ile gözlemlerini karşılaştırmaları ve varsa çelişkileri gidermeleri beklenmiştir (Laçın Şimşek, 2019). Araştırmanın bu aşamasında, öğrencilerin tahmin aşamasındaki sorular doğrultusunda AG işaretçi görsellerini kullanarak gözlem yapmaları sağlanmıştır (Şekil 3).

Şekil 3

Çalışma Kâğıdı Gözlem Aşaması Örneği

Çözlem Yapalım



Tablet bilgisayarımızdan AR uygulamasını çalıştırıp, yukarıda bulunan işaretçiye doğru tabletimizin arka kamerasını tutuyoruz.

? Sizce kavanozun içindeki çalar saatin duyulmasında kavanozun nasıl bir etkisi oldu?

.....

.....

.....

.....

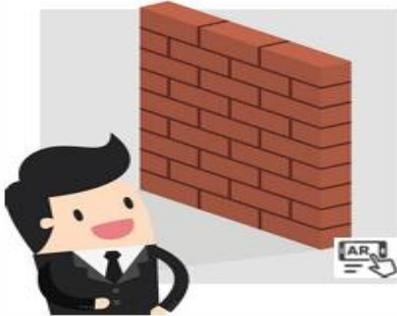
.....

.....

Açıklama aşamasında, öğrencilerden tahminleri ile gözlemlerini karşılaştırmaları ve bu doğrultuda açıklama yapmaları istenmiştir. Bu aşamada, kazanımlara ilişkin bilgilerin açıklanması amacıyla AG işaretçi görsellerine yer verilmiştir (Şekil 4).

Şekil 0

Çalışma Kâğıdı Açıklama Aşaması Örneği



Tablet bilgisayarımızdan AR uygulamasını çalıştırıp, yanda bulunan işaretçiye doğru tabletimizin arka kamerasını tutuyoruz.

Sesin bir engelden yansyarak tekrar duyulmasına yankı adı verilir. Okulunuzun uzun koridorunda ses çıkardığınızda sesinizin yankısının duyulma ihtimali, sınıfta sesinizin yankısının duyulma ihtimalinden daha fazladır. Çünkü sesin yankısının duyulabilmesi için ses kaynağı ile sesin yansıdığı engel arasında belirli bir mesafe olması gerekir.

Aşağıda günlük hayatta sesin yansmasıyla açıklayabileceğimiz durumlara ve teknolojik uygulamalara örnekler verilmiştir. İnceleyelim.

Çalışma kâğıtları hazırlanırken MEB 6. sınıf fen bilimleri ders ve çalışma kitabı esas alınmış, öğrencilerin ilgisini çekebilecek renkli görseller tercih edilmiştir. Hazırlanan materyaller alan uzmanları tarafından değerlendirilmiş ve son hâlleri oluşturulmuştur.

Araştırma, 6. sınıf fen bilimleri müfredatındaki “Ses ve Özellikleri” ünitesi kapsamında yürütülmüş; uygulama öncesinde ilgili kurumlardan etik kurul onayı ve araştırma izinleri alınmıştır. Uygulamalar, yedi hafta süresince toplam 28 ders saati boyunca gerçekleştirilmiştir. Çalışma öncesinde deney ve kontrol gruplarına ön test uygulanmıştır. Deney grubunda AG destekli öğretim, kontrol grubunda ise mevcut ders materyalleri (ders kitabı, basılı içerikler, video, animasyon vb.) kullanılmıştır. Tüm gruplarda kazanımların pekiştirilmesi amacıyla EBA içerikleri ve MEB çalışma kitaplarından yararlanılmıştır. Deney grubuna çalışmanın amacı ve kullanılan teknoloji hakkında bilgi verilmiş, ardından 4-6 kişilik gruplar oluşturularak her öğrenciye görev dağılımı yapılmıştır. Gerekli araçlar (tablet, telefon, çalışma kâğıtları) öğrencilere sağlanmış ve uygulamalar eşgüdömlü olarak yürütölmüştür. Öğretmen süreci düzenli olarak takip etmiş ve

ihtiyaç duyulduğunda rehberlik etmiştir. Etkinlikler, çalışma kâğıtlarındaki yönergeler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Uygulama sürecine ait görsellere Şekil 5'te yer verilmiştir.

Şekil 5

Uygulamaya Ait Görüntüler



Kontrol grubundaki dersler belirlenen plan doğrultusunda yürütülmüştür. Sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımıyla, öğrencilerin hazırbulunuşluklarını ve ön bilgilerini ortaya çıkarmak için “Uzaydaki patlamaları neden duymuyoruz?”, “Gök gürültüsünü neden şimşekten sonra duyarız?” ve “Yarasalar yönlerini nasıl bulur?” gibi sorular sorulmuştur. Öğrenciler bu soruları araştırarak tahminlerde bulunmuş ve verilerle karşılaştırmıştır. Ayrıca ders kitaplarındaki deneyler yapılmış, akıllı tahta ile videolar ve görseller gösterilmiş, EBA platformu ve MEB çalışma kitapları kullanılarak öğrenme pekiştirilmiştir.

Veri Analizi

Araştırmada, AG destekli fen uygulamalarının kavram yanılgılarının giderilmesine etkisini belirlemek için uygun istatistiksel analizler yapılmıştır. Bu testlerin uygulanabilmesi için veri setinin dağılım özellikleri değerlendirilmiştir. Parametrik testler için verilerin en az aralık veya oransal ölçekte olması, normal dağılımı ve varyansların homojen olması gereklidir (Can, 2014). Analiz sürecinde öncelikle normallik varsayımı test edilmiş; medyan, mod, aritmetik ortalama, çarpıklık ve basıklık katsayıları incelenmiştir. Çarpıklık ve basıklık katsayılarının standart hata değerine oranla hesaplanan Z puanlarının -1.96 ile +1.96 arasında olması durumunda dağılım normal kabul edilmiştir (Can, 2014). Ayrıca Tabachnick ve Fidell'e (2007) göre, çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1.5 ile +1.5 aralığında bulunması ve merkezi eğilim ölçütlerinin birbirine yakın olması da normalliği desteklemektedir. Her bir test için betimsel istatistikler hesaplanarak normallik kriterlerine uygunluk değerlendirilmiştir.

Tablo 5'de KAT betimsel istatistik verileri Tablo 6'da ise testlerin Z çarpıklık ve basıklık puanları verilmiştir.

Tablo 5

KAT Sonuçlarına Ait Betimleyici İstatistik

	Grup	Test	N	Ort.	Medyan	Mod	Ss	Çarpıklık	Basıklık
KAT	Kontrol	Ön test	73	4.63	5	5	1.65	-.387	-.624
	Grubu	Son test	73	4.55	5	5	1.65	-.344	.663
	Deney	Ön test	82	5.01	5	6	1.50	-.267	-.284
	Grubu	Son test	82	2.43	2	3	1.77	.407	-.507

Tablo 5 incelendiğinde her bir test için ortalama mod medyan değerlerinin birbirine yakın olduğu, çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1.5 ile +1.5 arasında yer aldığı görülmektedir. Ayrıca testlere ait Z çarpıklık ve Z basıklık puanları 1.96 ile +1.96 arasında yer almıştır (Tablo 6).

Tablo 6
KAT Z Çarpıklık ve Z Basıklık İstatistiği Sonuçları

Testler	Grup		Z çarpıklık	Z basıklık		
KAT	Kontrol grubu	Ön test	-0.387/-281	-1.64	-0.624/.555	0.01
		Son test	-0.344/281	0.66	.663/.555	-1.58
	Deney grubu	Ön test	-0.267/.266	1.57	-0.284/.526	-0.91
		Son test	.407/.266	-1.68	-0.507/.526	-1.74

Yapılan analizler sonucunda deney ve kontrol grubu KAT ön test-son testlerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Deney ve kontrol grubu puanlarının karşılaştırılması amacıyla parametrik testlerden Tekrarlı Ölçümler ANOVA testi kullanılmıştır.

Testin üç aşamalı yapısına ilişkin analiz sürecinde, katılımcıların her bir aşamaya verdikleri yanıtlar Arslan ve diğerleri (2012) tarafından oluşturulan ve Tablo 7’de yer alan kategorik tablo temel alınarak değerlendirilmiştir.

Tablo 7
Tüm Yanıtlar İçin Kategorilendirilmiş Durumlar

Birinci aşama	İkinci aşama	Üçüncü aşama	Kategoriler
Doğru	Doğru	Emin	Bilimsel Bilgi
Doğru	Yanlış	Emin	Kavram Yanılgısı
Yanlış	Doğru	Emin	Kavram Yanılgısı
Yanlış	Yanlış	Emin	Kavram Yanılgısı
Doğru	Doğru	Emin değil	Tahmin Etme, Güven Eksikliği
Doğru	Yanlış	Emin değil	Bilgi Eksikliği
Yanlış	Doğru	Emin değil	Bilgi Eksikliği
Yanlış	Yanlış	Emin değil	Bilgi Eksikliği

Tablo 7’ye göre, öğrencilerin kavram yanılgısı taşıdıklarının belirlenebilmesi için; ilk aşamada doğru, ikinci aşamada ise yanlış cevap vermeleri ve üçüncü aşamada bu yanlışlık konusunda kendilerinden emin olduklarını belirtmeleri gerekmektedir. Bu durum, birinci aşamada yanlış, ikinci aşamada doğru cevap veren ve üçüncü aşamada emin olduklarını belirten öğrenciler için de geçerlidir. Ayrıca öğrenci ilk iki aşamada yanlış cevap verse bile üçüncü aşamada kendinden emin olduğunu ifade ediyorsa, bu durumda kavram yanılgısı olasılığı gündeme gelmektedir. Bu durumlar dışındaki cevaplar ise bilimsel bilgi, tahmin etme, güven eksikliği ve bilgi eksikliği gibi diğer kategorilere göre analiz edilmiştir.

Geçerlilik ve Güvenirlik

Geçerlilik ve güvenirlik, araştırmanın kalitesini artıran ve bulguların güvenilirliğini sağlayan temel kavramlardır. Geçerlilik, ölçme aracının hedeflenen özelliği diğer değişkenlerin etkisinden bağımsız olarak ölçebilme düzeyidir (Yıldırım & Şimşek, 2013). Güvenirlik ise verilerin tutarlılığına işaret eder. Bu çalışmada, veri toplama araçları ve analiz süreci ayrıntılı biçimde tanımlanmış, yöntem seçimi literatürle ilişkilendirilmiştir (Balat vd., 2019). Örneklem seçiminde gruplar arasında denge sağlanmasına dikkat edilmiş, uygulama öncesi gerekli izinler alınmış ve katılımcı gönüllülüğü temin edilmiştir. Uygulama süresinin uzun tutulması, iç geçerliliği tehdit eden unsurları azaltmayı hedeflemiştir. Araştırmada uzman görüşleri alınmış, pilot uygulamalar yapılmış ve güvenirlik değerleri belirtilmiştir (Topu vd., 2013). Ayrıca ham veriler, kodlamalar ve belgeler teyit edilebilirliği sağlamak amacıyla saklanmıştır. Tüm süreçlerde geçerlilik ve güvenirliği destekleyici yaklaşımlar izlenmiştir.

Bulgular

KAT’tan Elde Edilen Bulgular

Araştırmanın birinci problemi, “Fen bilimleri dersi Ses ve Özellikleri ünitesinin AG uygulamaları ile öğretimi, öğrencilerin kavram yanılgısı düzeylerinde anlamlı bir değişiklik yaratmakta mıdır?” şeklinde

ifade edilmiştir. İlgili araştırma problemi kapsamında toplanan KAT puanlarının normal dağılım özellikleri Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir. Bu veriler doğrultusunda, parametrik analizlerden Karışık Ölçümler ANOVA testi uygulanmıştır. Bu testin sağlıklı sonuç verebilmesi için gruplar arası varyansların eşitliği ile ölçüm gruplarının ikili kombinasyonlarında kovaryans matrislerinin benzerliği gerekmektedir. Bu bağlamda Levene Testi (Tablo 8) ve Box's Test of Equality of Covariance Matrices testleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 8*KAT Ön Test ve Son Test Sonuçlarının Varyans Homojenliği*

		Levene Statistic	df1	df2	p
Kavramsal	Ön test	1.673	1	153	.198
Anlama Testi	Son test	.431	1	153	.513

Tablo 8 incelendiğinde, KAT ön test sonuçlarının ($p = 0.198$, $p > 0.05$) ve son test sonuçlarının ($p = 0.51$, $p > 0.05$) varyanslarının homojen dağıldığı görülmüştür. Ayrıca Box's Testi sonucu ($p = 0.73$, $p > 0.05$) grupların kovaryanslarının eşit olduğunu göstermiştir.

Deney ve kontrol gruplarının kavramsal anlama testinden aldıkları ön test ve son test puanlarının ortalama ve standart sapma (ss) değerleri Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 9*KAT Ortalama ve Standart Sapma Değerleri*

Grup	Test	N	X	Ss
Kontrol grubu	Ön test	73	4.63	1.65
	Son test	73	4.54	1.65
Deney grubu	Ön test	82	5.01	1.50
	Son test	82	2.43	1.77

Tablo 9 incelendiğinde, deney grubundaki öğrencilerin AG uygulaması öncesi KAT ortalamasının 5.01 olduğu, uygulama sonrasında ise 2.58 puan azalarak 2.43'e düştüğü görülmüştür. Kontrol grubunda ise ön test ortalaması 4.63 iken, son testte 0.09 puanlık bir azalma ile 4.54 olarak belirlenmiştir. Grup ortalamalarındaki bu azalış farkı değerlendirildiğinde, AG uygulaması yapılan deney grubunda öğrencilerin KAT puanlarında kontrol grubuna kıyasla daha belirgin bir düşüş yaşandığı saptanmıştır.

Deney ve kontrol gruplarının ön test ve son test aritmetik ortalamaları arasındaki istatistiksel farkın belirlenmesi amacıyla uygulanan karışık ölçümler ANOVA sonuçları Tablo 10'da sunulmuştur.

Tablo 10*KAT Deney ve Kontrol Gruplarının Ön Test- Son Test ANOVA Sonuçları*

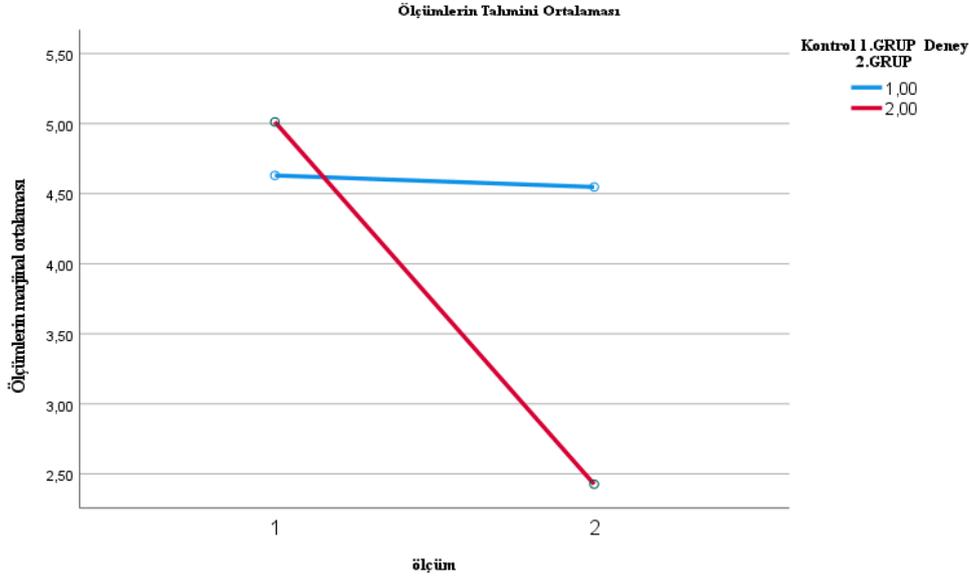
Varyans Kaynağı	KT	df	KO	F	p	η^2
Gruplar arası	383.839	154				
Grup (Deney/Kontrol)	58.399	1	58.399	27.46	.000	.152
Hata	325.440	153	2.127			
Gruplar içi	765.102	155				
Ölçüm (Ön test-Son test)	137.405	1	137.405	41.49	.000	.213
Grup*Ölçüm	120.992	1	120.992	36.53	.000	.193
Hata	506.705	153	3.312			
Toplam	1.148.941	309				

Tablo 10 incelendiğinde, farklı gruplarda tekrarlı ölçüm faktörleri birlikte ele alındığında, AG uygulamalarının kullanıldığı deney grubunda, deney öncesi ve sonrası kavram yanlışlığı düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark ortaya çıkmıştır [$F(1,153) = 36,53$, $p < .05$]. Bu sonuç, AG uygulamaları ile mevcut ders materyallerinin öğrencilerin kavram yanlışlıklarını giderme konusunda farklı etkiler

gösterdiğini ortaya koymuştur. Araştırmada, KAT ön test ve son test ortalamalarının deney ve kontrol gruplarına göre değişimleri Şekil 6'da sunulmuştur.

Şekil 6

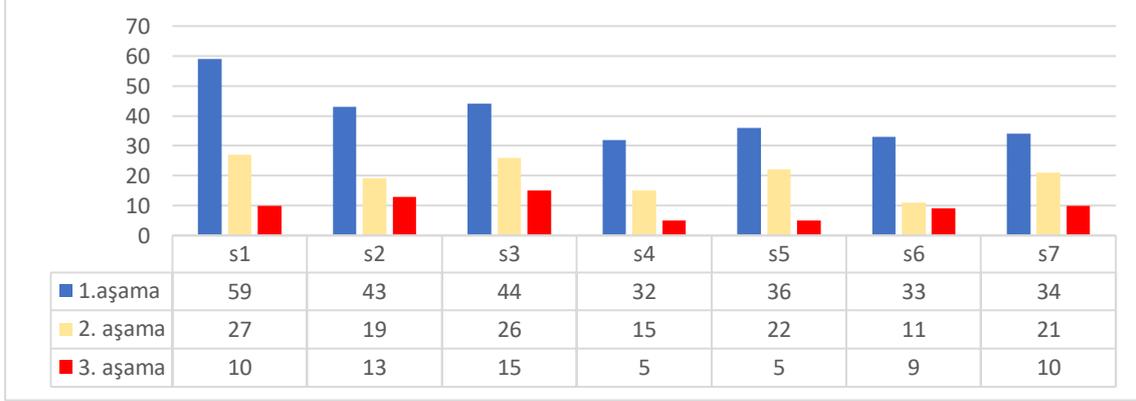
KAT Ön Test ve Son Test Ortalamalarının Deney ve Kontrol Gruplarına Göre Değişimleri



Şekil 6 incelendiğinde, AG uygulamalarının uygulandığı deney grubunda KAT ön test ve son test ortalamalarının sırasıyla 5.01 ve 2.43 olduğu, kontrol grubunda ise bu ortalamaların sırasıyla 4.63 ve 4.54 olarak belirlendiği görülmüştür. AG uygulamalarının kavram yanılgılarının giderilmesindeki etkisi, Eta-Kare (η^2) değerine göre değerlendirilmiştir. Araştırmada etki büyüklüğü değerleri, gruplar arası ölçümler için 0.15, ölçümler arası için 0.21 ve Grup*Ölçüm etkileşimi için 0.19 olarak hesaplanmıştır.

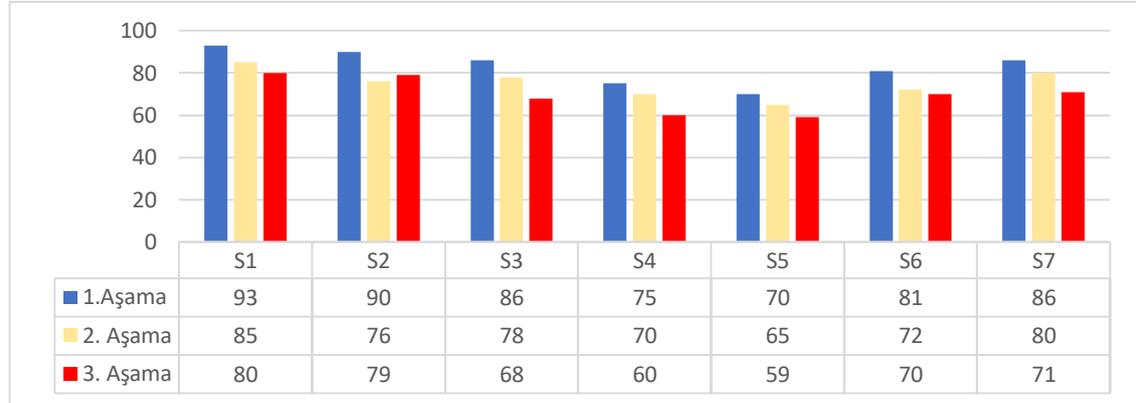
Kavram Yanılgı Seviyesindeki Değişime Ait Bulgular

Araştırmanın ikinci problemi, “Fen bilimleri dersi Ses ve Özellikleri ünitesinin AG uygulamaları ile öğretimi, öğrencilerin var olan kavram yanılgı seviyelerinde nasıl bir değişime neden olmaktadır?” şeklinde ifade edilmiştir. Bu kapsamda, deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin KAT sorularına ve her bir aşamaya doğru cevap verme oranları hem ön test hem de son test sonuçları üzerinden analiz edilmiştir. Elde edilen veriler ışığında gruplar karşılaştırılmıştır. Ayrıca deney ve kontrol gruplarının ön test sonuçlarına dayanarak belirlenen kavram yanılgıları, son test bulguları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Şekil 7’de deney grubundaki öğrencilerin ön testte verdikleri cevapların aşama bazlı analizleri sunulmuştur.

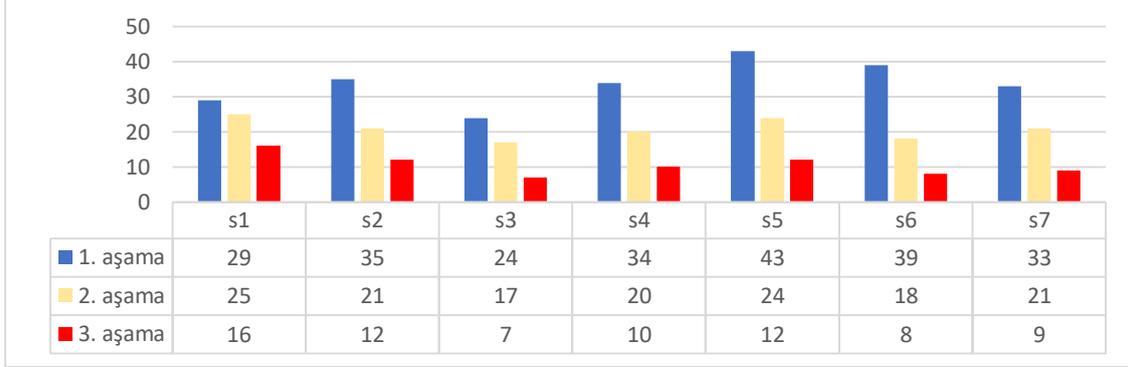
Şekil 7*Deney Grubu Öğrencilerinin Ön Test Aşamalar Bazında Doğru Cevap Yüzdeleri*

Şekil 7 incelendiğinde, deney grubundaki öğrencilerin ön test analiz sonuçlarında, test sorularının aşamaları ilerledikçe doğru cevap verme oranlarının azaldığı belirlenmiştir. Yedi sorunun ortalaması baz alındığında, birinci aşamadaki doğru cevap yüzdesi %40 iken, ilk iki aşama için bu oran %20'ye, ilk üç aşama için ise %9'a düşmüştür.

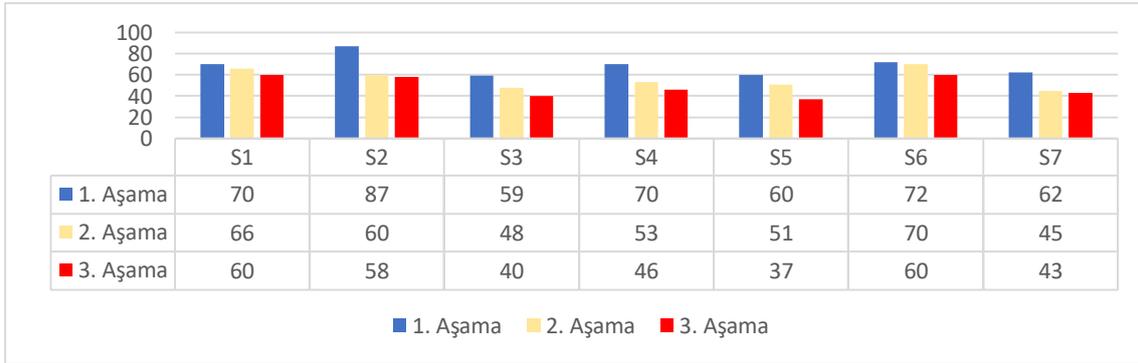
Deney grubundaki öğrencilerin son testteki cevaplarına ilişkin aşama bazında analizler Şekil 8'de gösterilmiştir.

Şekil 8*Deney Grubu Öğrencilerinin Son Test Aşamalar Bazında Doğru Cevap Yüzdeleri*

Şekil 8 incelendiğinde, deney grubundaki öğrencilerin son test analiz sonuçlarında, test sorularının aşamaları ilerledikçe doğru cevap verme oranlarının azaldığı görülmüştür. Yedi sorunun ortalaması baz alındığında, birinci aşamadaki doğru cevap oranı %83 iken, ilk iki aşama için bu oran %75'e, ilk üç aşama için ise %70'e düşmüştür. Tüm sorular ve aşamalar dikkate alındığında, deney grubunda öğrencilerin doğru cevap yüzdeleri birinci aşamada ön testten son teste %43 (83-40), ikinci aşamada %55 (75-20) ve üçüncü aşamada %61 oranında artış göstermiştir. Ayrıca ilk üç aşamada doğru cevap verme oranlarının %50'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubundaki öğrencilerin ön testte verdikleri cevapların aşama bazlı analizleri ise Şekil 9'da sunulmuştur.

Şekil 9*Kontrol Grubu Öğrencilerinin Ön Test Aşamalar Bazında Doğru Cevap Yüzdeleri*

Şekil 9 incelendiğinde, kontrol grubundaki öğrencilerin ön test analiz sonuçlarında, test sorularının aşamaları ilerledikçe doğru cevap verme oranlarının azaldığı tespit edilmiştir. Yedi sorunun ortalaması dikkate alındığında, birinci aşamadaki doğru cevap yüzdesi %33 iken, ilk iki ve ilk üç aşamaya göre bu oranlar sırasıyla %20 ve %10 olarak belirlenmiştir. Ayrıca üç aşamanın da deney grubunun ön test verileriyle benzerlik gösterdiği gözlenmiştir. Kontrol grubundaki öğrencilerin son testte verdikleri cevapların aşama bazlı analizleri ise Şekil 10'da sunulmuştur.

Şekil 10*Kontrol Grubu Öğrencilerinin Son Test Aşamalar Bazında Doğru Cevap Yüzdeleri*

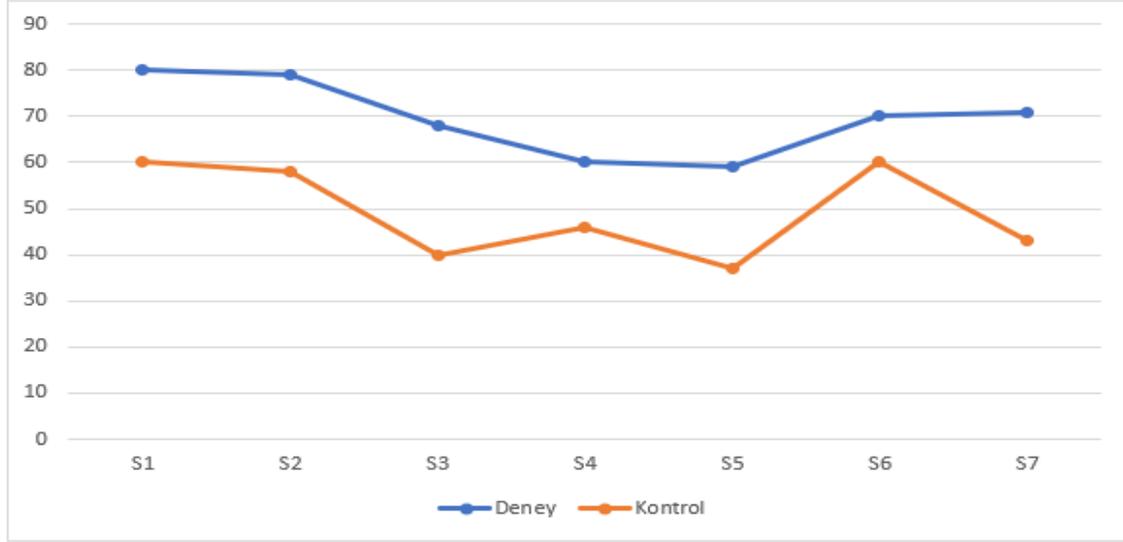
Şekil 10 incelendiğinde, kontrol grubu öğrencilerinin son test analizlerinde test sorularının aşamaları ilerledikçe doğru cevap verme oranlarının azaldığı görülmüştür. Yedi sorunun ortalaması dikkate alındığında, birinci aşamadaki doğru cevap oranı %69 iken, ilk iki ve ilk üç aşamaya göre bu oranlar sırasıyla %56 ve %49 olarak belirlenmiştir. Tüm sorular ve aşamalar göz önünde bulundurulduğunda, kontrol grubundaki öğrencilerin doğru cevap oranları birinci aşamada ön testten son teste %36 (69-33), ikinci aşamada %36 (56-20) ve üçüncü aşamada %40 oranında artış göstermiştir. Birinci aşamada tüm sorularda %50'nin üzerinde başarı sağlanmış olmasına karşın, ikinci aşamada 3., 4., 6. ve 7. sorularda başarı oranlarının %50'nin altında kaldığı tespit edilmiştir. Üçüncü aşamada da aynı sorularda %50'nin altında başarı oranları gözlenmiştir.

Her iki grupta da doğru cevap oranlarındaki artışlar, aşama sayısına bağlı olarak yükselmiştir. Ancak, uygulama sonrası deney grubundaki öğrencilerin kontrol grubundaki öğrencilere kıyasla testin her aşamasında daha yüksek başarı elde ettikleri belirlenmiştir. Birinci aşama bazında, deney grubunda ortalama başarı oranı %43 artarken, kontrol grubunda %36 oranında artış gözlemlenmiştir. Benzer şekilde ilk iki ve üç aşamaya göre deney grubunda sırasıyla %55 ve %61'lik artışlar kaydedilirken, kontrol grubunda bu artışlar %36 ve %40 olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 11’de, deney ve kontrol gruplarında yer alan ve KAT son testinde üç aşamaya da doğru cevap veren öğrencilerin oranları gösterilmektedir.

Şekil 11

KAT Son Testte Üç Aşamaya da Doğru Cevap Veren Öğrencilerin Yüzdeleri



Analizlerin yapılabilmesi için öğrencilerin ön test ve son testte belirlenen kavram yanılığı durumları sayısal olarak kodlanmıştır. Kavram yanılığının tespit edildiği durumlar 0, tespit edilmediği durumlar ise 1 olarak kodlanmıştır. Öğrencilerin kavram yanılığlarındaki değişimlerinin belirlenmesi amacıyla son test puanlarından ön test puanları çıkarılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen kavram yanılığı değişimlerine dair bulgular Tablo 11’de sunulmuştur.

Tablo 11

Öğrencilerin Kavram Yanılığısı Seviyelerindeki Değişim Durumlarının Belirlenmesi İçin Yapılan İşlemler

Ön Test Puanı	Son Test Puanı	Son Test-Ön Test Farkı	Kavram Yanılığısı Değişim Durumu
0	0	0	Değişim yok
0	1	1	Kavram yanılığısı giderilmiş
1	0	-1	Yeni kavram yanılığısı oluşmuş
1	1	0	Değişim yok

Deney ve kontrol gruplarındaki kavram yanılığısı değişimlerine ilişkin betimsel istatistiksel veriler Tablo 12’te sunulmuştur.

Tablo 12
Kontrol ve Deney Gruplarında Olan Kavram Yanılgısı Değişim Durumlarına Ait Betimsel İstatistikler

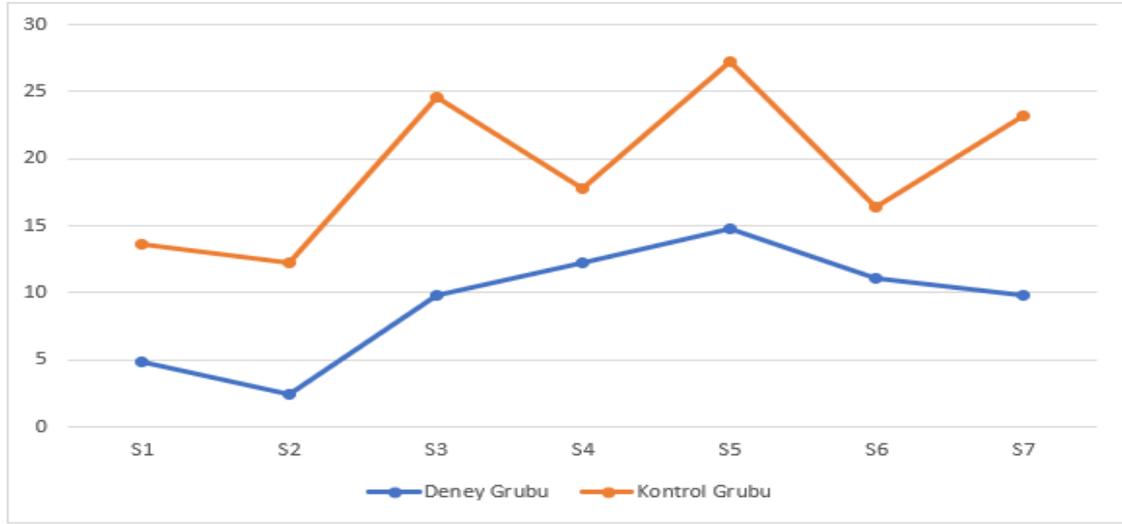
Soru No	Kavram Yanılgıları (KY)	Deney Grubu						Kontrol Grubu					
		*-1		**0		***1		*-1		**0		***1	
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
1	Ses tellerinin çarpışması sonucu ses oluşur. Ses, moleküllerinin bir yüzeyden yansımaları ile oluşur. Çevredeki molekülleri soğuran cisimler ses oluşturur.	2	2.4	49	60.4	30	37.2	9	12.3	50	68.4	14	19.1
2	Ses havasız ortamda yayılır ve bir engele çarparak durur.	4	4.9	48	59.2	29	35.8	10	13.6	52	71.2	11	15.1
3	Ses havada bir engelle karşılaşmaz ise daha hızlı ilerler. Katı maddelerin yoğunluğu daha az olduğu için ses daha hızlı yayılır. Atmosferde hava olmadığı için ses katılarda daha hızlı yayılır.	8	9.8	51	62.9	22	27.1	18	24.6	47	64.3	8	10.9
4	Sesin yayılma hızı, sesin şiddetine, yüksekliğine ve tınısına bağlıdır. Eğer, ses yüksekse daha hızlı yol alır. Sesin yüksekliği ile camlar titreşir ve kırılır.	10	12.3	46	56.7	25	30.8	13	17.8	49	67.1	11	15.1
5	Şimşek çaktıktan sonra sesin yansımaları onun daha geç duyulmasını sebep olur. Ses dalgaları halinde yayılırken yıpranıyor ve ses diye bir şey kalmıyor. Sesin hızı ve sesin yansımaları kavramlarının birbirine karıştırılması	9	11.1	54	66.6	18	22.2	20	27.3	40	54.8	13	17.8
6	Çift camda iki cam olduğu için ses duyulmaz.	12	14.8	52	64.9	17	20.9	12	16.4	52	71.2	9	12.3
7	Çanların birbirine çarpmasıyla oluşan tını yarasaların yolunu bulmalarını sağlar. Yarasaların gözleri görmediği için sesin şiddetinden yararlanırlar.	8	9.8	45	55.5	28	34.6	17	23.2	42	57.3	14	19.1
	ORTALAMA	7.8	9.1	49.2	60.9	24.1	29.8	14.1	19.3	47.4	64.9	11.4	15.6

Tablo 12 incelendiğinde, AG uygulamalarının uygulandığı deney grubunda yeni kavram yanlışlığı oluşma oranının %9,1 olduğu, mevcut ders materyallerinin kullanıldığı kontrol grubunda ise bu oranın %19,3 gibi daha yüksek bir seviyede gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu sonuç, AG uygulamalarının mevcut ders materyalleriyle kıyaslandığında kavram yanlışlıklarının oluşumunu azaltmada daha etkili olduğunu göstermektedir.

Her bir soruya ilişkin olarak deney ve kontrol gruplarında gözlemlenen kavram yanlışlığı oranları, Şekil 12’de grafiksel biçimde gösterilmiştir.

Şekil 12

Deney ve Kontrol Gruplarında Her Soru İçin Kavram Yanlışlığı Oluşma Oranları

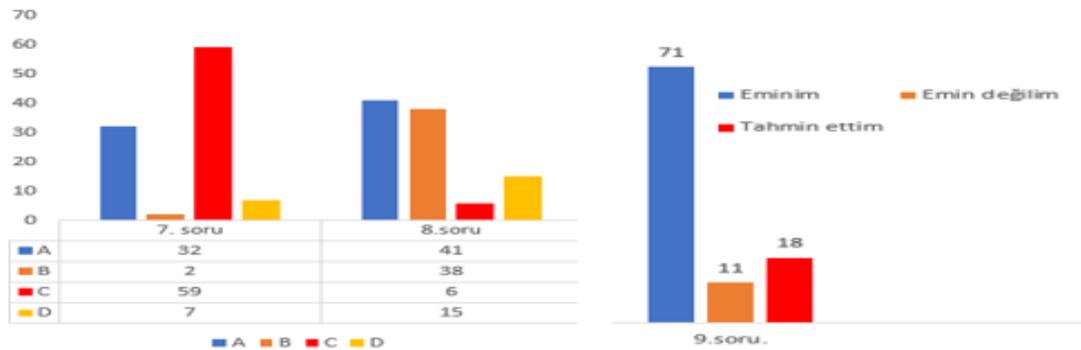


Şekil 12 incelendiğinde, kavram yanlışlığı oluşma oranlarının her soruda deney grubunda kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca gruplar arasındaki yanlışlığı oluşma oranı farkının en fazla olduğu soruların 3., 5. ve 7. sorular olduğu tespit edilmiştir.

Sesin farklı ortamlardaki yayılma hızını sorgulayan 3. soru (testin yedinci sorusu olması nedeniyle), bu sorunun nedenini araştıran 8. soru ve verilen yanıtlardan emin olma durumunun sorgulandığı 9. soruya ilişkin kontrol grubundaki öğrencilerin cevap yüzdeleri Şekil 13’te sunulmuştur.

Şekil 13

Kontrol Grubundaki Öğrencilerin KAT 7, 8 ve 9. Soruya Verdikleri Cevapların Yüzdeleri



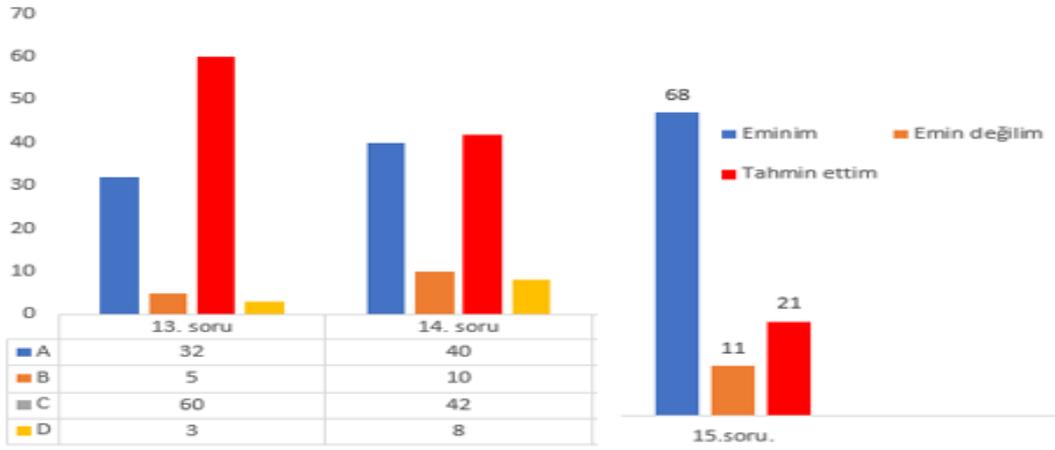
Şekil 13 incelendiğinde, öğrencilerin %59’unun C seçeneğini işaretleyerek yedinci soruyu doğru yanıtladığı, kalan %41’lik kısmın ise soruyu yanlış cevapladığı belirlenmiştir. Yanlış cevapların büyük

çoğunluğu (%32) A seçeneğinde toplanmıştır. Yedinci sorunun gerekçesini sorgulamak amacıyla yöneltilen sekizinci soruda, doğru cevap oranı %38'e gerilemiştir. Bu bulgular doğrultusunda, öğrencilerin %59'unun sesin yayılma hızı kavramını doğru anladığı, ancak %32'sinin kavram yanlışlığına sahip olduğu söylenebilir. Yanılığa sahip öğrenciler, sesin en hızlı "atmosferde" yayıldığını seçmiş ve bunun sebebinin "Atmosferde bir engel ile karşılaşmayan ses, havada daha hızlı ilerler" şeklinde açıklamışlardır. Dokuzuncu soruda, öğrencilerin %71'i verdikleri cevaplar konusunda kendilerinden emin olduklarını belirtmişlerdir. Yanlış cevap verdikleri hâlde kendilerinden emin olmaları, bu sorudaki kavram yanlışlığının varlığını göstermektedir.

Işık ve sesin hızlarının karşılaştırıldığı beşinci soru (üç aşamalı testte on üçüncü soru), bu sorunun gerekçesini araştıran on dördüncü soru ve cevaplardan emin olma durumunun sorgulandığı on beşinci soruya ilişkin kontrol grubundaki öğrencilerin cevap yüzdeleri Şekil 14'te sunulmuştur.

Şekil 14

Kontrol Grubundaki Öğrencilerin KAT 13, 14 ve 15. Soruya Verdikleri Cevapların Yüzdeleri

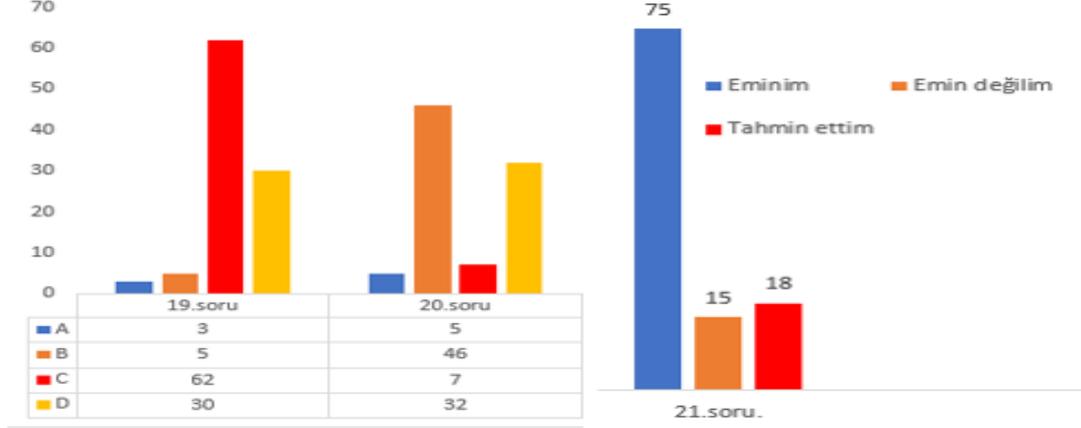


Şekil 14 incelendiğinde, öğrencilerin on üçüncü soruda %60'ının C seçeneğini işaretleyerek "sesin hızı" yanıtını doğru olarak verdikleri, geri kalan %40'lık kesimin ise %32'sinin A seçeneği olan "sesin yansıması"ni tercih ettiği belirlenmiştir. On dördüncü soruda, doğru yanıt oranının %42'ye gerilediği ve A seçeneğini işaretleme oranının %40'a yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu durum, öğrencilerin gök gürültüsünün şimşekten sonra duyulmasının nedenini "sesin yansıması" olarak açıklamalarından kaynaklanmaktadır; zira on dördüncü soruda bu öğrenciler "şimşek çaktıktan sonra çıkan sesin yansıması onun daha geç duyulmasını sağlar" ifadesini kullanmışlardır. Ayrıca ilk soruda "sesin hızı" cevabını veren bazı öğrencilerin, ikinci soruda sesin yansımasıyla ilgili açıklamalara yöneldiği görülmüştür. Eminlik derecesinin sorgulandığı on beşinci soruda ise öğrencilerin %68'i verdikleri cevaplar konusunda kendilerinden emin olduklarını ifade etmiştir. Öğrenciler sesin yansıması ile sesin hızı kavramlarını ayırt edememişlerdir.

Yarasaların engellere çarpmadan uçmalarıyla ilgili yirminci soru ve bu sorunun gerekçesini sorgulayan yirmi birinci soru ile ilgili kontrol grubundaki öğrencilerin cevap yüzdeleri Şekil 15'te sunulmuştur.

Şekil 15

Kontrol Grubundaki Öğrencilerin KAT 19, 20 ve 21. Soruya Verdikleri Cevapların Yüzdeleri



Şekil 15 incelendiğinde, öğrencilerin on dokuzuncu soruda %62'sinin C seçeneği olan "sesin yankısı"nı işaretleyerek doğru yanıt verdikleri, geri kalan %38'lik kısmın %30'unun ise D seçeneği olan "sesin soğurulması"nı tercih ettiği görülmüştür. On dokuzuncu sorunun gerekçesini sorgulayan yirminci soruda doğru cevap oranı %46'ya gerilerken, D seçeneğini işaretleme oranı %32'ye yükselmiştir. Yarasaaların yönlerini belirlerken "sesin soğurulması"nı seçen öğrencilerle, ilk soruya doğru yanıt verip "sesin yankısı" diyen bazı öğrencilerin, yirminci soruda "odanın duvarları tarafından soğurulan ses, yarasaaların yollarını bulmasını sağlar" şeklinde açıklama yaptıkları görülmüştür. Eminlik derecesi ölçülen yirmi birinci soruda ise öğrencilerin %75'i verdikleri cevaplar konusunda kendilerinden emin olduklarını belirtmişlerdir. Bu durum, öğrencilerin sesin yankısı ve sesin soğurulması kavramlarını ayırt etmekte zorlandıklarını ve bu konuda kavram yanılgısı yaşadıklarını göstermektedir.

AG uygulamalarının uygulandığı deney grubunda var olan kavram yanılgılarının giderilme oranı %29,8 olarak tespit edilirken, mevcut ders materyallerinin kullanıldığı kontrol grubunda bu oran %15,6'da kalmıştır. Bu sonuç, AG uygulamalarının, mevcut ders materyalleriyle kıyaslandığında öğrencilerin var olan kavram yanılgılarını giderme açısından daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca sorulara yönelik incelemede, deney grubundaki öğrencilerin sesin oluşumu (sorular 1 ve 2), sesin yayılma hızı (soru 5) ve sesin yansıması (soru 7) ile ilgili kavram yanılgılarının belirgin ölçüde giderildiği gözlenmiştir. Buna karşın, kontrol grubundaki öğrencilerin benzer sorularda (3, 5, 6 ve 7) yeni kavram yanılgıları geliştirme eğiliminde oldukları tespit edilmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Araştırma bulguları, AG uygulamalarının "Ses ve Özellikleri" ünitesinde öğrencilerin kavram yanılgılarını azaltmada belirgin ölçüde etkili olduğunu göstermektedir. Deney grubunda kavram yanılgılarının giderilme oranının %29,8'e yükselmesi, yeni kavram yanılgılarının ise kontrol grubuna kıyasla yarı yarıya azalması, AG destekli öğretimin kavramsal değişimi güçlü biçimde desteklediğinin göstergesidir. Özellikle sesin yankılanması ve soğurulması gibi soyut süreçlerin anlaşılmasında öğrencilerin anlamlı gelişim göstermesi, AG'nin soyut kavramları görünür hâle getirerek öğrencilerin zihinsel yapılarını yeniden düzenlemelerine katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Kontrol grubunda yeni kavram yanılgılarının oluşmaya devam etmesi ise mevcut ders materyallerinin soyut kavramların doğru biçimde yapılandırılmasında yetersiz kaldığını göstermektedir.

Araştırma bulguları, AG'nin kavramsal öğrenme üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koyan geniş bir literatürle uyumludur (Altıntaş, 2018; Cengiz, 2023; Fleck vd., 2013; İordache vd., 2012; Liu vd., 2024; Sırakaya, 2015; Taş, 2025). Örneğin Sırakaya (2015), AG uygulamalarının öğrencilerin kavram yanılgılarını önemli ölçüde azalttığını belirtirken; Altıntaş (2018), AG'nin çevre konularındaki alternatif kavramları

dönüştürmede etkili olduğunu vurgulamaktadır. Liu vd. (2024) ise AG tabanlı oyunların derin kavramsal öğrenmeyi desteklediğini ve bilgi kalıcılığını artırdığını göstermiştir. Fleck ve Simon (2013), astronomi konularında AG'nin fiziksel materyallere göre kavramsal öğrenmeyi daha fazla desteklediğini ifade etmiştir. Bu çalışmaların ortak yönü, AG'nin öğrencilere yalnızca dikkat çekici bir deneyim sunmakla kalmayıp, bilişsel çelişki yaratan öğrenme ortamları oluşturularak yanlış inanışların sorgulanmasını ve yeniden yapılandırılmasını kolaylaştırmasıdır. Mevcut araştırmanın üç aşamalı testi olan KAT'ta deney grubunun birinci aşamada %43, ikinci aşamada %55 ve üçüncü aşamada %61 oranında artış görülmesi, AG'nin sadece yüzeysel bilgi düzeyinde değil gerekçelendirme ve açıklama düzeyinde de öğrenmeyi desteklediğini göstermektedir. Sesin yayılması, yansımaları ve soğurulması gibi soyut süreçlerin üç boyutlu, etkileşimli modellerle sunulması öğrencilerin düşünce yapılarındaki tutarsızlıkları fark etmelerini kolaylaştırmıştır. Bu durum, kavramsal değişim için öğrencilerin bilişsel çelişki yaşamalarının önemini vurgulayan Parwati ve Suharta (2020) ile Bağdat ve Sezen Yüksel'in (2025) bulgularını desteklemektedir.

Araştırmada AG'nin TGA tekniğiyle eşzamanlı kullanılması önemli bir avantaj sağlamıştır. Öğrenciler mevcut bilgilerine dayanarak tahminde bulunmuş, AG üzerinde gerçek gözlemler yapmış ve sonuçta gerekçeli açıklamalar üretmiştir. Bu süreçte öğrenciler yalnızca doğru cevabı belirlemekle kalmamış, aynı zamanda kavramların altında yatan fiziksel mekanizmaları anlamlandırmaya yönelmişlerdir. Bu durum, öğrencilerin gerekçelendirme düzeyindeki gelişimlerini destekleyen önemli bir göstergedir. Ayrıca TGA'nın sunduğu yapılandırılmış sorgulama ortamı, öğrencilerin yanlış inanışlarını fark etmelerine ve bu inanışları sorgulamaya başlamalarına olanak sağlamıştır. Bu açıdan çalışma, TGA destekli AG uygulamalarının kavramsal öğrenmedeki olumlu etkisini vurgulayan Özkan'ın (2021) yaptığı çalışmayla örtüşmektedir.

Araştırmada özellikle dikkat çeken bulgulardan birisi ses konusuyla ilgili bazı kavram yanlışlarının AG uygulamalarına rağmen tamamen giderilememesidir. Sesin soyut ve doğrudan gözlemlenemeyen yapısının öğrencilerde dirençli kavram yanlışlarına yol açtığı literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır (Hrepić vd., 2010; Laçin Şimşek, 2019). Örneğin; öğrencilerin sesin boşlukta yayılabileceğine olan inancı (Küçüközer, 2009) ya da yankı ile soğurulmanın aynı süreç olduğu görüşü (Öztürk & Atalay, 2012; Zeybek, 2007) alanyazında en sık karşılaşılan yanlışlardan biridir. Bu araştırmada da "sesin havada en hızlı yayılacağı" yönündeki sezgisel inanış, deney grubunda kısmen azalsa da tamamen giderilememiştir. Hrepić vd. (2010), bu yanlışın öğrencilerin günlük yaşantılarında havayı en temel referans noktası olarak görmelerinden kaynaklandığını ve bu nedenle değişime en dirençli kavramlardan biri olduğunu belirtmektedir. Benzer şekilde yansıma ile soğurulmanın aynı süreç olduğu yönündeki yanlışın gerekçe düzeyinde devam etmesi de dikkat çekicidir. Zeybek (2007) ve Öztürk & Atalay (2012), bu süreçlerin mikroskobik düzeyde gerçekleşmesi ve öğrencilerin bu süreçleri doğrudan gözlemleyememesi nedeniyle kavramların sıklıkla karıştırıldığını ifade etmektedir. Gerekçeli sorularda doğru seçeneği işaretleyen bazı öğrencilerin hatalı açıklamalar sunmaya devam etmesi bu tür inançların öğretim süreçlerine direnç gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca sesin şiddetinin artmasıyla hızının da artacağı yönündeki sezgisel genellemenin deney grubunda tamamen ortadan kalkmaması, Laçin Şimşek'in de (2019) belirttiği gibi öğrencilerin günlük yaşamdan türettiği yanlış orantı kurma eğiliminden kaynaklanmaktadır.

AG uygulamalarının etkili olmasına karşın kavram yanlışlarının tamamen giderilememesi, bu tür yanlışların kısa süreli müdahalelerle kolayca değişmediğini göstermektedir. Yapılan çalışmalar, soyut fen kavramlarına ilişkin yanlış anlamaların artırılmış gerçeklik ve modelleme temelli öğretim uygulamaları, çoklu temsil kullanımı ve deneysel etkileşimlerle desteklenen öğrenme süreçleri aracılığıyla daha kalıcı biçimde giderilebileceğini göstermektedir (Ainsworth, 2006; Mansour vd., 2025; Sivri & Eroğlu, 2022). Bu bağlamda AG'nin, kavramsal değişimi başlatan ve destekleyen bir araç olarak önemli bir rolü olmakla birlikte, özellikle günlük yaşantıya dayalı sezgisel inanışların dönüşümünde tekrarlı ve uzun soluklu öğretim uygulamalarıyla desteklenmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak bu araştırma; AG'nin fen bilimleri öğretiminde, özellikle de soyut ve gözlemlenmesi güç kavramlara yönelik öğrenme süreçlerinde önemli bir potansiyel taşıdığını ortaya koymuştur. AG uygulamaları öğrencilerin kavram yanlışlarını azaltmakta, kavramsal anlama düzeylerini yükseltmekte ve gerekçeli açıklama yapma becerilerini geliştirmektedir. Bunun yanında, öğrencilerin öğrenmeye aktif

olarak katılmalarını sağlaması, somutlaştırma yoluyla bilişsel yükü azaltması ve öğrenme sürecini daha motive edici bir hâle getirmesi, AG'yi 21. yüzyıl fen eğitimi bağlamında güçlü bir araç hâline getirmektedir.

Sınırlılıklar ve Gelecekteki Araştırmacılar İçin Öneriler

Bu araştırma, AG uygulamalarının “Ses ve Özellikleri” ünitesinde öğrencilerin kavram yanılgılarını azaltmada etkili olduğunu göstermektedir. Ancak çalışma; belirli bir ilde, sınırlı sayıda öğrenciyle ve yalnızca bir ünite kapsamında yürütülmüştür. Bu durum, elde edilen sonuçların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Gelecekte yapılacak araştırmalarda farklı bölgelerden ve sosyoekonomik düzeylerden öğrencilerin dâhil edildiği daha geniş örneklemeler kullanılarak bulguların karşılaştırmalı biçimde incelenmesi önerilmektedir.

Araştırmada kullanılan AG uygulamaları, mevcut okul altyapısı ve cihaz performansları doğrultusunda yürütülmüştür. Uygulama sürecinde bazı öğrencilerin cihaz gecikmeleri, bağlantı sorunları veya görüntü kalitesindeki farklardan etkilenmiş olabileceği gözlenmiştir. Bu durumun, öğrencilerin etkileşim düzeylerini ve dolayısıyla kavramsal anlamalarını dolaylı olarak etkileyebileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, teknolojik altyapı farklılıklarının öğrenme çıktıları üzerindeki etkisini azaltmak amacıyla donanım ve yazılım açısından standartlaştırılmış ortamlarda yürütülecek çalışmaların planlanması önerilmektedir. Böylece AG'nin etkisinin daha güvenilir biçimde değerlendirilebilmesi sağlanabilir.

Bunun yanı sıra, uygulama süresinin uzatılması ve kalıcılığa yönelik izleme testlerinin eklenmesi, AG'nin uzun vadeli etkilerinin belirlenmesine katkı sağlayabilir. Ayrıca yalnızca nicel verilerle sınırlı kalmayan, karma yöntemli ve uzunlamasına çalışmalar, öğrencilerin kavramsal değişim süreçlerini derinlemesine ortaya koyabilir. Farklı fen konularında ve yaş gruplarında yapılacak çalışmalar AG destekli öğretimin kavram yanılgılarını gidermedeki genellenebilir etkisini ortaya koymada önemli bir adım olacaktır.

Bu çalışmada bazı kavram yanılgılarının dirençli olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle gelecekteki çalışmalarda özellikle “sesin havada en hızlı yayılması”, “yansıma-soğurulma karışıklığı” ve “ses şiddeti-hız ilişkisi” gibi sezgisel kökenli yanılgılara odaklanan müdahale programlarının geliştirilmesi önerilmektedir. Bu kapsamda; AG'nin TGA, argümantasyon, kavram haritaları ve çelişki yaratma stratejileriyle birleştirilmesi dirençli yanılgıların üstesinden gelmede daha etkili olabilir. Ayrıca yapılacak olan sonraki çalışmaların, öğrencilerin doğru cevabı vermelerine rağmen hatalı gerekçeler üretmeye devam ettiği “derin yapıdaki yanılgıları” özel olarak incelemesi büyük önem taşımaktadır.

Yazarların Makaleye Katkı Oranları

Yazarlar, çalışmaya eşit oranda katkı sunmuşlardır.

Etik Beyan

Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesinde yer alan tüm kurallara uyulmuş ve yönergenin ikinci bölümünde yer alan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemlerden” hiçbirini gerçekleştirilmemiştir.

Çatışma Beyanı

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

Destek Beyanı

Bu araştırma, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi FDK-2021-807 nolu Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) kapsamında desteklenmiştir.

References

- Abdüsselam, M. S., & Karal, H. (2012). The effect of augmented reality environments on student academic achievement in physics education: The case of 11th grade magnetism topic. *Journal of Research in Education and Teaching*, 4, 170–181.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Akkuş, G. (2013). *6. sınıf öğrencilerinde dolaşım sistemi konusunda görülen kavram yanlışlarının giderilmesinde bilgisayar destekli kavram haritalarının etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Pamukkale Üniversitesi.
- Alpar, D., Batdal, G., & Avcı, Y. (2007). Öğrenci merkezli eğitimde eğitim teknolojileri uygulamaları. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, 4(1), 19–31.
- Altıntaş, G. (2018). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğretmen adaylarının bilimsel epistemolojik inançları ve kavram yanlışlarına etkisi: küresel ısınma konusu* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.
- Arslan, H. O., Çiğdemöğlü, C., & Moseley, C. (2012). A three-tier diagnostic test to assess pre-service teachers' misconceptions about global warming, greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1667–1686. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.680618>
- Atasoy, Ş., Tekbiyık, A., & Gülay, A. (2013). Beşinci sınıf öğrencilerinin ses kavramını anlamaları üzerine kavram karikatürlerinin etkisi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 10(1), 176–196. <https://doi.org/10.36681/>
- Atılğan, H., Kan, A., & Doğan, N. (2009). *Eğitimde değerlendirme ve ölçme* (4. Bs.). Anı Yayıncılık.
- Ayas, A., Karamustafaoğlu, S., Cerrah, L., & Karamustafaoğlu, O. (2001). *Fen bilimlerinde öğrencilerdeki kavram anlama seviyelerini ve yanlışlarını belirleme yöntemleri üzerine bir inceleme* [Sözlü bildiri]. X. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi, Bolu, Türkiye.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Azuma, R. T. (2004). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34–47.
- Bağdat, A., & Sezen Yüksel, N. (2025). Altıncı sınıf öğrencilerinin bilişsel çatışma temelli etkinlikler aracılığı ile kesirlerde kavram değişiminin izlenmesi. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 15(1), 55–83. <https://doi.org/10.18039/ajesi.1510801>
- Bolat, M., & Sözen, M. (2009). Knowledge levels of prospective science and physics teachers on basic concepts on sound. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 1, 1231–1238. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.220>
- Bursalı, H. (2022). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin okuduğunu anlama başarılarına, motivasyonlarına ve derse yönelik tutumlarına etkisi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Atatürk Üniversitesi.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2015). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Pegem Akademi.
- Cai, S., Wang, X., & Chiang, F. K. (2014). A case study of augmented reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.04.018>
- Can, A. (2014). *SPSS ile bilimsel araştırma sürecinde nicel veri analizi* (4. Bs.). Pegem Yayıncılık.

- Çepni, S. (2014). *Kuramdan uygulamaya fen ve teknoloji öğretimi* (9. Bs.). Pegem Akademi.
- Demirci, N., & Efe, S. (2007). İlköğretim öğrencilerinin ses konusundaki kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 1(1), 23–56.
- Doğru, M., & Kıyıcı, F. B. (2005). *Fen eğitiminin zorunluluğu*. Anı Yayıncılık.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61–84. <https://doi.org/10.1080/03057267808559857>
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7–22. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1>
- Eshach, H. (2014). Sound: A unique phenomenon that is both physical and perceptual. *Journal of Science Education and Technology*, 23(2), 317–328.
- Eshach, H., & Schwartz, J. L. (2006). Sound stuff? Naïve materialism in middle school students' conceptions of sound. *International Journal of Science Education*, 28(7), 733–764. <https://doi.org/10.1080/09500690500277938>
- Fidan, M. (2018). *Artırılmış gerçeklikle desteklenmiş probleme dayalı fen öğretiminin akademik başarı, kalıcılık, tutum ve öz-yeterlik inancına etkisi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi.
- Fleck, S., & Simon, G. (2013). An augmented reality environment for astronomy learning in elementary grades: An exploratory study. *Proceedings of the 25ième Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*, 14–22. <https://doi.org/10.1145/2534903.2534907>
- Fleck, S., Hachet, M., & Bastien, C. (2015). Marker-based augmented reality: Instructional design to improve children's interactions with astronomical concepts. *Interaction Design and Children*, Tufts University.
- Gödek, Y., Polat, D., & Kaya, V. H. (2018). *Fen bilgisi öğretiminde kavram yanlışları* (2. Bs.). Pegem Akademi.
- Gök Altun, D. (2006). *Çoklu zekâ kuramına göre hazırlanmış ses ve ışık ünitesinin öğrenci başarısına, hatırlama düzeylerine, fen bilgisine karşı tutumlarına ve öğretmen ve öğrenci görüşlerine etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Muğla Üniversitesi.
- Güner, N. (2018). *Attitudes towards using augmented reality in corporate training* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Boğaziçi Üniversitesi.
- Güneş, B. (2021). *Fizikteki kavram yanlışları* (2. Bs.). Pegem Akademi.
- Hrepic, Z., Zollman, D. A., & Rebello, N. S. (2010). Identifying students' mental models of sound propagation: The role of conceptual frameworks. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 6(2), 1–22. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020114>
- Iordache, D. D., Pribeanu, C., & Balog, A. (2012). Influence of specific AR capabilities on learning effectiveness and efficiency. *Studies in Informatics and Control*, 3, 233–240. <https://doi.org/10.24846/v21i3y201201>
- İbili, E., & Şahin, S. (2015). The effect of augmented reality-assisted geometry instruction on students' achievement and attitudes. *Teaching Mathematics and Computer Science*, 13(2), 177–193. <https://doi.org/10.5485/TMCS.2015.0392>
- Karasar, N. (2014). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Küçüközer, A. (2009). Fen bilgisi öğretmen adaylarının ses konusundaki kavram yanlışlarının incelenmesi. *İlköğretim Online*, 8(2), 313–321.
- Laçın Şimşek, C. (2019). *Kavram, kavram yanlışları, tespiti ve giderilmesi*. Pegem Akademi Yayınları.

- Linder, C. J. (1992). Understanding sound: So what is the problem? *Physics Education*, 27(5), 258–264.
- Liu, B., Wan, X., Li, X., Zhu, D., & Liu, Z. (2024). An augmented reality serious game for children's optical science education: Randomized controlled trial. *JMIR Serious Games*, 12, e47807. <https://doi.org/10.2196/47807>
- Mansour, N., Aras, C., & Staarman, J. K. (2025). *Embodied learning of science concepts through augmented reality technology*. *Education and Information Technologies*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13120-0>
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2010). *Research in education: Evidence-based inquiry*. Pearson.
- Orduhan, Y., & Çakır, Ç. Ş. (2023). Ortaokul 6. sınıf "Ses ve Özellikleri" ünitesine yönelik kavramsal anlama testi geliştirme çalışması. *Uluslararası Eğitim Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(3), 138–178. <https://doi.org/10.47714/uebt.1355916>
- Özkan, S. (2021). *8. sınıf asit ve baz konusuna yönelik teknoloji destekli rehber materyal geliştirilmesi ve etkililiğinin araştırılması* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Aksaray Üniversitesi.
- Öztürk, N., & Atalay, N. (2012). Öğretmen adaylarının ses konusundaki kavram yanlışlarının incelenmesi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 43–58.
- Parwati, N., & Suharta, I. (2020). Effectiveness of the implementation of cognitive conflict strategy assisted by e-service learning to reduce students' mathematical misconceptions. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 15(11), 102–118. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i11.11802>
- Sarı, A., & Çakır, Ç. Ş. (2024). Ortaokul 8. sınıf Basınç ünitesine yönelik iki aşamalı kavram testi geliştirilmesi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(2), 305–338. <https://doi.org/10.52826/mcbuefd.1381957>
- Schrier, K. (2006). Using augmented reality games to teach 21st century skills. In *ACM SIGGRAPH 2006 Educators Program* (p. 15). ACM. <https://doi.org/10.1145/1179295.1179311>
- Sırakaya, M. (2015). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarıları, kavram yanlışları ve derse katılımlarına etkisi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Sivri, Ş. N., & Eroğlu, E. (2022). The impact of using model and augmented reality technology on students' science achievement, motivation, and interest levels. *International Journal of Contemporary Educational Research*, 9(2), 123–140. <https://doi.org/10.33200/ijcer.1123204>
- Sumadio, D. D., & Rambli, D. R. A. (2010, March). Preliminary evaluation on user acceptance of the augmented reality use for education. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Engineering and Applications (ICCEA 2010)* (Vol. 2, pp. 461–465). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCEA.2010.239>
- Şahin, Ç., & Çepni, S. (2011). Development of a two-tiered test for determining differentiation in conceptual structure related to floating-sinking, buoyancy and pressure concepts. *Journal of Turkish Science Education*, 8(1), 79–110.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics* (5th Ed.). Allyn & Bacon/Pearson Education.
- Taş, M. (2025). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının akademik başarı ve kavram yanlışlarına etkisi; Üreme konusu örneği* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Tekin, H. (2016). *Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme* (27. Bs.). Yargı Yayınları.
- Topu, F., Baydaş, Ö., Turan, Z., & Göktaş, Y. (2014). Common reliability and validity strategies in instructional technology research. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 42(1), 110–126. <https://doi.org/10.14812/cuefd.54285>
- Warkentin, T., Mierdel, J., Melzer, A., & Schreiber, F. (2025). *Hands-on experiment supported by augmented reality smartglasses for learning the Lorentz force*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.06421>

- Wittmann, M. C. (1998). *Making sense of how students come to an understanding of physics: An example from mechanical waves* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Maryland, College Park.
- Wu, H. K., & Tsai, C. C. (2007). High school students' informal reasoning regarding socio-scientific issues and its relationship to scientific epistemological beliefs and cognitive structures. *International Journal of Science Education*, 29(10), 1163–1187. <https://doi.org/10.1080/09500690903505661>
- Yen, C. J., Tsai, C. H., & Wu, M. T. (2013). Augmented reality in teaching science: Preliminary observations from a case study. *Educational Technology & Society*, 16(3), 197–206. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.322>
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9. Bs.). Seçkin Yayıncılık.
- Yücer, S. (2011). İnternet yoluyla Türkçe öğretimi ve sorunları. *Gazi Üniversitesi Türkçe Araştırmaları Akademik Öğrenci Dergisi*, 1(1), 108–116.
- Zeybek, Y. (2007). *Sınıf öğretmenliği öğretmen adaylarının kuvvet, hareket ve ses konularında sahip oldukları kavram yanlışlarının tespiti üzerine bir araştırma* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Zhang, J., Ogan, A., Liu, T. C., Sung, Y. T., & Chang, K. E. (2014). The influence of using augmented reality on textbook support for learners of different learning styles. In *2016 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 107–114. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2016.26>