

Effects of the STEM SOS Model on Achievement and STEM Attitudes in Teaching the Interaction of Light with Matter

Nejmettin Yıldırım¹  Nevzat Bayri² 

Article Info

Keywords:
STEM SOS model,
Middle school students,
Academic achievement test.

Received: 12.01.2026

Accepted: 15.06.2026

Published: 30.06.2026

Research Article

DOI: [10.17984/adyuebd.1861909](https://doi.org/10.17984/adyuebd.1861909)

Abstract

In this research, the effects of implementing the subject of interaction of light with matter using the Science, Technology, Engineering and Mathematics Students on the Stage (STEM SOS) model on students' achievement and attitudes were investigated. The study group consisted of 42 seventh-grade students enrolled in a middle school in Türkiye during the 2023–2024 academic year. The experimental group received instruction through activities based on the STEM SOS model. Students' academic achievement was measured using a 30-item achievement test developed by the researchers, for which the average difficulty index, average discrimination index, and KR-20 reliability coefficient were 0.406, 0.748 and 0.771, respectively. Students' STEM attitudes were assessed using the STEM Attitude Scale developed by Faber et al. (2013) and adapted into Turkish by Yıldırım and Selvi (2015), with a reported Cronbach's alpha reliability coefficient of 0.94. In the experimental group, students were divided into groups of five and engaged in student-centered activities both in and out of the classroom based on the STEM SOS model, focusing on the topic of light's interaction with matter. At the first level of the model, students' interest and curiosity regarding the topic were stimulated through open-ended questions; at the second and third levels, experimental observations were conducted as part of project tasks, and the findings were transformed into tangible products. The final test results revealed a statistically significant difference in favor of the experimental group in terms of attitudes toward STEM and academic achievement.

Introduction

Science education, an integral part of STEM plays a directly related and complementary role within the broader STEM framework in STEM education, science plays a central role in understanding natural phenomena, while the other disciplines provide the necessary tools and methods to explore, analyze, and develop innovations in these phenomena. The holistic integration of these disciplines promotes an interdisciplinary and holistic approach to learning in STEM education; this approach allows students to acquire scientific knowledge as well as develop higher-order thinking skills. Therefore, integrating science education into the STEM model helps students relate scientific theory to practical applications and supports the development of a new generation of researchers and problem solvers (Larson & Miller, 2011). In recent years, STEM education has become important for the needs of students in the 21st century (Gonzalez & Kuenzi, 2012; Al Hamad et al., 2024). This interdisciplinary approach aims to develop skills such as teamwork, problem-solving, and reasoning (Al Hamad

Author¹: Nejmettin Yıldırım, Ministry of National Education, Türkiye, nyildirim578@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4934-9030

Corresponding author²: Nevzat Bayri, Prof. Dr. Inonu University, Türkiye, nevzat.bayri@inonu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7105-7707

This study was derived from Nejmettin Yıldırım's master's thesis.

et al., 2024). STEM has become a meta-discipline focused on innovation and applied problem solving using current tools and technologies (Kennedy & Odell, 2014). According to Yıldırım and Altun (2015), STEM education is an approach that integrates different disciplines, enables effective and high-quality learning, facilitates meaningful learning by connecting acquired knowledge with everyday life, and ultimately contributes to the development of 21st-century skills.

In the implementation of STEM education, approaches such as the 5E learning model, project-based learning, and integrated STEM are gaining increasing importance. These approaches aim to encourage students' active participation in the learning process, develop their interdisciplinary thinking skills, and enable them to establish meaningful connections across the fields of science, technology, engineering, and mathematics. In this context, the 5E learning model (Ültay & Özkurt, 2025; Açıklı Çelik, 2022) the project-based learning approach (Bekereci & Hamzaoğlu, 2024), and integrated STEM practices (Gencer et al., 2019) are among the approaches widely used in classroom-based STEM education. However, the effective implementation of STEM education is not limited to merely transferring specific instructional models into the classroom setting. This process also requires teachers to engage in interdisciplinary collaboration, pursue professional development, and enhance their subject knowledge, contextual knowledge, and pedagogical competence through a holistic approach (Al Hamad et al., 2024; Han et al., 2015; Selvi & Yıldırım, 2017; Capraro et al., 2013). These requirements highlight the growing need for both structured and student-centered implementation models in STEM education. In this context, the STEM SOS model stands out as a standards-based, student-centered approach that integrates inquiry-based learning with project-based learning (Selvi & Yıldırım, 2017). The STEM SOS model supports students in taking active responsibility for their learning process, conducting research, collecting data, analyzing the data they obtain, and presenting their findings through projects or presentations. In this regard, the model can be considered an approach that contributes to implementing interdisciplinary learning in classroom applications of STEM education in a more systematic and structured manner. (Selvi & Yıldırım, 2017).

The STEM SOS model is related to integrated STEM education, the 5E Learning Model, and project-based learning; however, it distinguishes itself by offering a more structured, systematic, and application-focused STEM teaching model than these approaches. Integrated STEM education is defined as a general approach that aims to incorporate at least two of the disciplines of science, technology, engineering, and mathematics into the teaching process by linking them to real-life problems, and to develop students' interdisciplinary problem-solving skills (Moore et al., 2014; Bybee, 2013; Kennedy & Odell, 2014). The 5E Learning Model, on the other hand, is a lesson design model that supports students' conceptual learning through the stages of engagement, exploration, explanation, elaboration, and evaluation (Ültay & Özkurt, 2025; Açıklı Çelik, 2022) Project-based learning, on the other hand, is a process-oriented learning approach that centers on students' active participation in researching real-life problems, collecting data, developing products, and presenting their work (Capraro et al, 2013). The STEM SOS model, while leveraging the strengths of these three approaches, integrates STEM disciplines within a standards-based, research and project focused, technology-supported, and student-centered framework. In this model, students are not limited to merely establishing interdisciplinary connections or developing a project product; they also systematically engage in processes such as formulating research questions, collecting and analyzing data, using technology, collaborating, designing products, presenting results, and taking ownership of their learning. In this regard, the STEM SOS model distinguishes itself by transforming the interdisciplinary structure of integrated STEM, the conceptual learning process of the 5E model, and the research-product development dimension of project-based learning into a more planned, phased, and STEM-focused implementation system (Şahin, 2015; Sahin & Top, 2015; Selvi & Yıldırım, 2017).

In this regard, the STEM SOS model can be regarded as a comprehensive and structured framework that supports interdisciplinary integration through systematic project structures and presentation-based outcomes; it contributes to the development of students' higher-order thinking, problem-solving, and collaboration skills. Indeed, the inability of traditional teaching methods to sufficiently engage students in authentic STEM learning experiences has made the need for innovative and holistic teaching models even more evident (Baltabıyık & Duru, 2021). One of the models addressing this need, STEM SOS, enables students to develop their own solutions (Selvi & Yıldırım, 2017). Adopted by Harmony Charter Schools during the 2013–2014 academic year with the goal of improving math and science achievement across all student subgroups, the core concept of this model dates back to 2001 (Şahin, 2015). The primary objective of the STEM SOS model, which combines

research-based learning with project-based learning approaches, is to enhance students' academic achievement through a collaborative, project-based learning process by empowering them to take ownership of their own learning (Selvi & Yıldırım, 2017). For this reason, it is important to examine the theoretical foundations, core components, and implementation processes of the STEM SOS model in detail.

STEM SOS Model

STEM SOS model, the process is supervised by teachers; teachers provide guidance by asking questions to groups of 3-4 or 5-6 students during classroom research. Level I projects are implemented twice per semester in accordance with the curriculum and are completed within one week. Students are informed about how to conduct research, what to pay attention to, and how to analyze data during the project process. Teachers provide feedback and support to ensure that projects are completed on time. The final product is usually a PowerPoint presentation, photo gallery, or project report, and each project is evaluated separately using assessment lists prepared by teachers. Level I projects are short-term and cover a single area, aiming to develop students' research skills and contribute to 21st-century skills; they also form the basis for other projects (Selvi & Yıldırım, 2017). Level II projects are planned at the beginning of the year according to mathematics and science topics and are carried out with student notes and instructional guide. Instructors provide feedback and mentorship including evaluation checklists, to ensuring the completion of activities, while students submit their completed activities through the website. (Şahin & Top, 2015). Level III activities are designed for students who enjoy conducting research and developing their own products; they are interdisciplinary, and technology is integrated into the project throughout the entire process. Students can choose from pre-determined projects or develop their own project ideas; these projects are not planned in advance by the teacher (Selvi & Yıldırım, 2017; Şahin & Top, 2015). Level II and III projects are carried out over one semester; Level II projects are generally implemented at the middle school level, while Level III projects are implemented at the high school level. Technology is directly integrated into both levels through video and photo sharing and presentation preparation on web-based platforms (Doğan & Robin, 2015). Students can present their completed projects at science, STEM activities and other STEM-focused competitions; within the model, STEM integration is only implemented in Level II and III projects (Selvi & Yıldırım, 2017). This model includes three levels of student participation: teacher-guided research projects (Level I), teacher-designed project-based learning (Level II), and student-led independent projects (Level III) (Akgül & Yıldırım, 2018). The process is monitored by teachers at Level I. The integration of STEM SOS activities into science education is consistent with the goals of inquiry-based learning and constructivist approaches and actively construct knowledge. Research has shown that this model contributes to students' conceptual understanding, interest in STEM, research skills, and self-confidence (Şahin, 2015). Pre-service science teachers reported benefits such as product creation, skill development, and increased interest in research, despite encountering difficulties related to project implementation and group dynamics (Dede, 2022). High school students found STEM SOS projects useful and experienced positive emotions during presentations (Akgül & Yıldırım, 2018). This model generally involves project-based learning; while the vast majority of projects fall under Levels I and II, some projects reach Level III (Akgül & Yıldırım, 2018; Dede, 2022). In another study examining student and teacher roles within the levels, it is noted that in Level I project-based learning, teachers present questions to student groups that they must answer during in-class investigations. The same study states that in Level II and Level III project-based learning, teachers maintain active participation through leadership roles but grant students autonomy regarding teamwork, determining research topics, and tasks conducted outside of class hours (Erdogan & Bozeman, 2015).

Overall, this model is recognized as an effective approach to enhancing education and students' forward-looking planning. Particularly in the context of optics education, it emphasizes the importance of STEM education for young students and pre-service teachers. It has been shown that as a result of using STEM steps in teaching optics, students' understanding of these concepts has improved. (Dede., 2022). For teacher candidates, STEM-based practical methodologies have led to significant improvements in both knowledge and teaching self-efficacy compared to traditional academic-explanatory approaches (Martínez-Borreguero et al., 2022). STEM SOS model activities are expected to engage students, increase their learning motivation, and positively impact their academic achievement. A literature review reveals that research specific to the STEM SOS model is limited (Akgül & Yıldırım, 2018; Sahin & Top, 2015; Tanrıöver, 2025).

Sahin and Top (2015) conducted semi-structured interviews with 11 secondary school students to examine the STEM SOS model. Findings obtained through grounded theory and continuous comparative analysis demonstrated that the model made students more active in the learning process through teacher-guided instruction, practical activities, student presentations and projects carried out throughout the year. Furthermore, the research findings revealed that the STEM SOS model enhances students' conceptual understanding of STEM subjects, their interest in STEM, their inclination towards research, their self-confidence, and their skills in technology, communication, collaboration, and life skills (Sahin & Top, 2015)

Akgül and Yıldırım (2018) conducted a qualitative case study with 21 secondary school pupils in Year 10 during the spring term of the 2016–2017 academic year, with the aim of examining the impact of the STEM SOS model on various variables. In the study, data were collected using a semi-structured interview form developed by the researchers and analysed using content analysis. The findings indicated that projects designed in accordance with the STEM SOS model were found to be beneficial by the students; they enhanced the students' knowledge levels, interest and motivation, self-confidence, and presentation and research skills. However, it was determined that the projects were largely concentrated at Levels I and II, with only one project being carried out at Level III (Akgül & Yıldırım, 2018).

Tanrıöver (2025) examined the theoretical foundations of the STEM SOS model, the project stages structured as Levels I, II and III, and the model's impact on the learning process. The study noted that the STEM SOS model develops students' skills in scientific research, problem-solving, collaboration, creative thinking, communication and technology use; it also supports them in producing interdisciplinary outputs based on real-life problems. In this regard, it was emphasized that the model offers an effective educational approach capable of increasing students' interest in STEM fields and their career awareness (Tanrıöver, 2025).

The integration of the STEM SOS model into science education is regarded as an important approach that can help students learn scientific concepts in a more meaningful way through structured, inquiry-based and project-based activities. This model supports students' active participation in processes such as data collection, data analysis, design development, problem-solving and presentation, thereby contributing not only to conceptual learning but also to the development of skills such as creativity, critical thinking, communication, collaboration and the use of technology (Sahin & Top, 2015; Bybee, 2013; Moore et al., 2014). Relevant research indicates that activities based on the STEM SOS model increase students' interest in the subject, their motivation, and their participation in the learning process (Akgül & Yıldırım, 2018; Selvil & Yıldırım, 2017; Sahin & Top, 2015; Tanrıöver, 2025). However, studies on the STEM SOS model in the literature appear to be limited; in particular, no study has been identified that quantitatively examines the combined effect of this model on secondary school students' academic achievement and attitudes towards STEM. Therefore, it is considered important to determine the effect of teaching the topic of 'Interaction of Light with Matter', structured in accordance with the STEM SOS model, on students' academic achievement and attitudes towards STEM, as this would contribute to the science education literature.

The Primary aim of this study is to examine the effect of teaching the "Interaction of Light with Matter" unit through activities based on the STEM SOS model on the academic achievement and attitudes toward STEM fields of seventh-grade students attending a secondary school in Turkey. In line with this aim, the main research question of the study was formulated as follows: "What is the effect of teaching the 'Interaction of Light with Matter' unit through STEM SOS model-based activities on seventh-grade students' academic achievement and attitudes toward STEM fields? Within the scope of this main research question, answers have been sought to the following sub-questions:

1-What is the effect of the STEM SOS Model used in the "Light-Matter Interaction" unit on students' academic achievement?

2- What is the effect of the STEM SOS Model used in the "Light-Matter Interaction" unit on students' attitudes toward STEM fields?

Method

Research Model

This study employed a quasi-experimental pre-test–post-test control group design. Participants are measured in relation to the dependent variable before and after the experimental intervention. The advantage of the pretest–posttest control group design is that, since measurements are made on the same subjects, measurements obtained under different experimental conditions will be highly correlated in many experiments, which will increase statistical power by reducing the error term (Büyüköztürk, 2001). For science class, the STEM SOS model was determined as the independent variable, while achievement and attitude towards STEM were determined as the dependent variables. Students in both groups of the study were determined using a convenience sampling method. In the implementation group, which was based on the current science curriculum, lesson content was supported by STEM SOS model projects implemented outside the classroom, creating a hybrid structure. In the other group, education was conducted in accordance with the approach prescribed in the science curriculum. Experimental designs are methods that enable the systematic examination of cause-and-effect relationships between variables through the researcher's intervention. However, since the groups in quasi-experimental designs are predetermined, random assignment to groups is not possible; this situation carries certain limitations in terms of causal inferences. (Büyüköztürk et al., 2012).

Study Group

The study group for this research was determined using a convenience sampling method. This method allowed the research to be conducted within a limited time and resource framework. (Patton, 2002).

The study group was selected from 7th-grade middle school students in a city located in the Eastern Anatolia region of Türkiye. The research group includes 21 students (n=21) in the experimental group for the STEM SOS model, which will be implemented within the scope of the unit on the interaction of light with matter and integrated into the science teaching program. In addition, the control group, in which teaching will be implemented through the inquiry-based learning approach recommended by the current science curriculum, consists of 21 students (n=21), making a total of 42 students. The control group consisted of 12 male and 9 female students, whereas the experimental group comprised 13 female and 8 male students. For the experimental group, lessons were implemented taking into account the steps of the STEM SOS model.

Data Collection Tools

In this study, STEM attitude scale and achievement test were used to collect quantitative data. Previous studies have shown that achievement tests developed for light and optics topics at the middle school level in Türkiye provide important tools for assessing students' knowledge and skills in science. For example, Sevim et al., (2021) developed the "Light Propagation Unit Achievement Test" for 5th grade students. Yanar et al. (2019) used the "Success Test on Light and Sound" they developed for 6th grade students, while Durkaya and Aydoslu (2021) examined students' cognitive structures and misconceptions using alternative measurement techniques for the concepts of light and reflection. Furthermore, Can and Akgün (2025) developed the "Light Interaction with Matter Unit Achievement Test." These studies demonstrate the diversity and scientific validity of tests developed for light and optics topics at the middle school level in Turkey and offer teachers important opportunities for assessing student achievement in science education processes. Instead of using tests from the literature, our study developed a new achievement test aligned with the learning outcomes and STEM SOS activities.

Achievement Test

As a data collection tool for the study, a 37-item multiple-choice test was prepared based on the learning outcomes of the 7th grade unit on the interaction of light with matter for application both groups. The test questions were selected from questions included in the official publications of the Ministry of National Education that had undergone validity and reliability studies. A criterion table was created. A total of seven experts, two of whom were science education academics and five of whom were experienced science teachers, were consulted on the test questions to determine whether the test was sufficient to measure the unit learning outcomes, whether there were any scientific errors, and whether the questions were linguistically

understandable. Based on feedback from subject matter experts, four questions were initially removed from the test. A 33-question achievement test was administered to two 7th-grade students, and feedback was collected on their understanding of the questions. Based on the feedback received from the students on the final version of the test, minor revisions were made to the test, and the final version of the test was completed. The achievement test was administered to 295 eighth-grade students from three different schools. Subsequently, the three questions with the lowest item discrimination index were removed, and the academic achievement test was revised to consist of 30 questions.

The item analysis for the achievement test we developed is presented in Table 1.

Table 1. *Item analysis*

Statistics	Value
N	295
Total Number of Items	30
Average Difficulty	0.406
Average Discrimination Index	0.748
KR-20	0.771

Table 1 shows that the average difficulty level of the test is 0.406 and its discriminative power is 0.748. This indicates that the developed achievement test is of medium difficulty on average and has a very high discriminative power (Turgut & Baykul, 2012). The KR-20 value was determined to be 0.771. A KR-20 value of 0.7 or higher indicates that the developed achievement test has sufficient internal consistency and reliability (Büyükoztürk, 2021). Considering the values in the table, it can be said that the test is reliable.

STEM Attitude Scale

In addition to the achievement test developed by the researchers, the STEM Attitude Scale, developed by Faber et al. (2013) and adapted into Turkish by Yıldırım and Selvi (2015), was employed to assess students' attitudes toward STEM. The Turkish adaptation study was carried out with 1,360 middle school students attending the 6th, 7th, and 8th grades. Construct validity was examined through exploratory and confirmatory factor analyses, whereas reliability was assessed using Cronbach's alpha internal consistency coefficients, corrected item-total correlations, and an independent samples t test comparing the item mean scores of the upper and lower 27% groups. The findings revealed that the Turkish form of the scale consisted of four factors, with factor-level Cronbach's alpha coefficients ranging between 0.86 and 0.89 and corrected item-total correlations ranging from 0.38 to 0.78. These results demonstrated that the Turkish version of the STEM Attitude Scale is a valid and reliable instrument for measuring students' attitudes toward STEM (Yıldırım & Selvi, 2015).

STEM SOS Model Applied in the Experimental Group.

For the experimental group, the experimental procedure was carried out as in-class activities. The STEM SOS model activities prepared were designed for in-class and out-of-class curriculum in accordance with the science course content and learning outcomes. The experimental procedure level conducted for the experimental group was given in three levels. At Level I, the teacher guided students into the inquiry process by posing questions such as "How do we observe stars in the sky?", "Why does a spoon appear bent in a glass of water?", and "Can light be focused at a single point?". Students conducted research in response to these questions and presented their findings through reports and presentations. At Level II, within an interdisciplinary framework, experimental setups related to the dispersion of light were established; students conducted experimental observations and related the obtained data to real-life and environmental phenomena. At Level III, the process evolved into a product-oriented phase emphasizing student autonomy; students designed optical devices such as binoculars and telescopes, thereby producing original engineering products. The activity type, duration, teacher student roles, and learning outputs for these three levels are presented in Table 2.

Table 2. Activity Types, Implementation Duration, Teacher and Student Roles, and Activity Outputs Across Levels According to the STEM SOS Model

Level	Activity Type	Implementation Duration	Teacher Role	Student Role	Activity Output
Level I	Research based on real-life problems; short-term project activities (fundamental investigations on the interaction of light with matter)	1 week (in-class + out-of-class)	Defines the problem or situation; acts as an active facilitator who structures and guides the process.	Conducts observations; begins to generate questions; attempts to understand the problem.	Written project reports; preparing and presenting brief content on the topic; sharing ideas with peers.
Level II	Planned project work; project-based learning activities; setting up experimental setups; group work.	14 weeks	Provides guidance; supplies resources; directs the process but does not provide direct solutions.	Collects data; conducts experiments; formulates research question; actively participates in the research process.	Setting up an experimental setup, experimental data and observation records; video presentations.
Level III	Interdisciplinary project development; independent and interdisciplinary projects (student-centered, original product designs); product development.	14 weeks	Does not directly plan the process; assumes a consultant role when necessary; monitors and evaluates the process.	Determines the project topic; designs original solutions; develops a product using technology; tests the product and evaluates the process.	Original project product (binoculars and telescope); oral presentation; final report.

An activity carried out at Level II is shown below (Figure 1). As can be seen in the figure, the students created an experimental setup using a power source, a light source, and prisms. With this setup, they observed that light separates into colors as it passes through the prism and into the air. They also used red, blue, and green filters to determine that the primary colors combine to form white. At the end of the experiment, the students connected these phenomena to the environment.

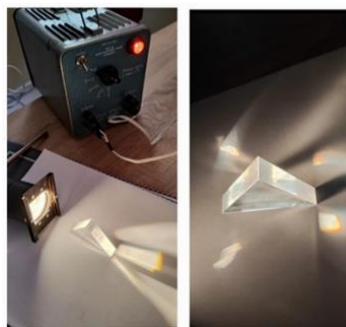


Figure 1. STEM SOS level II activity (separation of light into colors).

Data Analysis

In this study, it was examined whether achievement and attitude test scores differed according to the STEM SOS model experimental treatment variable. To this end, the normal distributions of the tests were examined to decide which statistical method would be used in the analyses. For statistical analysis, the data obtained from both groups were examined using SPSS 28. The Shapiro–Wilk test, commonly used to determine whether data exhibit a normal distribution, especially in small samples ($n < 50$), is preferred. Therefore, this test was used in our study to evaluate the normality assumption. The normality analysis results for both groups are shown in Table 3.

Table 3. Normality Distribution Table

Measurement Instrument		Experimental Group		Control Group	
		Statistics	p	Statistics	p
Achievement	Pre-test	0.826	0.002	0.838	0.003
	Post-test	0.926	0,116	0.839	0.003
	Retention test	0.900	0.035	0.836	0.002
STEM Attitude	Pre-test	0,879	0.006	0.906	0,047
	Post-test	0.836	0.002	0.907	0.048

As shown in the table, when the Shapiro-Wilk test results were examined, it was determined that the p values were below .05 for all measurements except the experimental group's achievement post-test score. This finding indicates that the relevant data largely did not meet the assumption of normal distribution. Therefore, the non-parametric Mann-Whitney U test was preferred for between-group comparisons.

Ethical Disclosure

Ethics Committee Approval: This research was conducted with the permission obtained by the Inonu University Scientific Research and Publication Ethics Committee Social and Human Sciences Scientific Research and Publication Ethics Committee decision dated 28-08-2025 and numbered 2025/18-31.

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Author Contribution: First author: Contributed to the processes of collecting the data, coding the data using the SPSS program, obtaining research permissions, and writing the method and discussion sections. Second author: Contributed to the processes of designing the study, writing the introduction section, and analyzing the data.

Results

This section presents the results of the statistical analysis of the quantitative data obtained from the experimental and control groups, conducted using the SPSS program. The findings are presented under two subheadings: the academic achievement test and the STEM Attitude Scale. First, the results of the pre-test, post-test, and retention test administered approximately one month after the intervention for the academic achievement test are discussed. Next, the findings regarding the data obtained from the STEM Attitude Scale for both groups are presented.

Results on Academic Achievement

One of the research question regarding the academic achievement dimension in the "Light–Matter Interaction" unit was that there would be a statistically significant difference in favor of the experimental group between the pre-test and post-test scores of the experimental group, in which the STEM SOS model was implemented, and the control group, in which traditional instruction was applied. The results of the Mann–Whitney U test conducted to test this research question s are presented in the table below.

Table 4. Mann–Whitney U Test Results for Pre- and Post-Test Academic Achievement Scores in the Experimental and Control Groups

Test	Group	Mean Rank	Sum of Rank	U	p	r
Pre-test	Experimental	20.9	439.00	208.00	0.751	
	Control	22.1	464.00			
Post-test	Experimental	25.74	540.50	131.50	0.025	0.35
	Control	17.26	362.50			

r: Effect size for the Mann–Whitney U test

The results of the Mann–Whitney U test regarding the academic achievement scores of the experimental and control groups indicated that there was no significant difference between the groups prior to the intervention ($U = 208.0$, $p = .751$). This finding demonstrates that the experimental and control groups had similar characteristics in terms of academic achievement at the outset. However, when the final test scores obtained after the intervention were examined, a significant difference in favor of the experimental group was determined ($U = 131.50$, $p = .025$, $r = .35$). The fact that the experimental group's rank mean was higher than that of the control group indicates that the implemented instructional process had a positive and moderate effect on academic achievement.

The results of the within-group comparisons of the pre-test, post-test, and retention test scores related to academic achievement in the experimental and control groups are presented in Table 5

Table 5. Results of within-group comparisons of pre-test, post-test, and retention test scores for academic achievement in the experimental and control groups

Group	Test	n	Mean Rank	χ^2	P	df	W
Experimental	Pre-test	21	1.6	14.00	0.001*	2	0.33
	Post-test	21	2.4				
	Retention test	21	2.1				
Control	Pre-test	21	2.1	1.849	0.397	2	0.04
	Post-test	21	1.8				
	Retention test	21	2.1				

Kendall's W coefficient (effect size); χ^2 : Chi-square statistic from the Friedman test.

Intragroup comparisons of pre-test, post-test, and retention test scores related to academic achievement in the experimental and control groups were analyzed using the Friedman test. The results showed a statistically significant difference among the three measurements in the experimental group, $\chi^2(2) = 14.00$, $p = .001$, Kendall's $W = .33$. This finding indicates that the instructional process had a significant and moderate effect on the academic achievement levels of students in the experimental group. When the mean ranks were examined, the lowest mean rank was observed in the pre-test (1.6), while the highest mean rank was observed in the post-test (2.4). The retention test mean rank (2.1) was lower than the post-test but higher than the pre-test. This finding suggests that academic achievement increased after the intervention and that this increase was largely maintained in the retention test. In the control group, no statistically significant difference was found among the pre-test, post-test, and retention test scores, $\chi^2(2) = 1.849$, $p = .397$, Kendall's $W = .04$. The low Kendall's W value indicates that the effect size was very small. The close mean rank values in the control group also support the finding that there was no meaningful change in academic achievement across the three measurements. Overall, the findings indicate that a significant improvement in academic achievement occurred only in the experimental group.

Results on STEM Attitude

One of the research question regarding the STEM attitude dimension in the "Light–Matter Interaction" unit was that there would be a statistically significant difference in favor of the experimental group between the pre-test and post-test scores of the experimental group, in which the STEM SOS model was implemented, and the control group, in which traditional instruction was applied. The results of the Mann–Whitney U test conducted to test this research question are presented in the table below.

Table 6. Mann-Whitney U test results for pre- and post-test STEM attitudes in the experimental and control groups

Test	Group	Mean Rank	Sum of Rank	U	p	r
Pre-test	Experimental	20.52	431.00	200.00	0.606	
	Control	22.48	472.00			
Post-test	Experimental	26.31	552.50	119.50	0.011*	0.39
	Control	16.69	350.50			

An examination of the findings in Table 6 reveals that there was no statistically significant difference between the pre-test STEM attitude scores of the experimental and control groups ($U = 200.00$, $p = .606$). This result indicates that the groups were at a similar level in terms of STEM attitudes prior to the intervention. Analysis of the post-test scores, however, revealed a statistically significant difference in favor of the experimental group ($U = 119.50$, $p = .011$, $r = .39$). When examining the rank averages, it is observed that the experimental group's final test rank average (26.31) is higher than the control group's rank average (16.69). This finding indicates that the implemented instructional process was effective in improving students' STEM attitudes; the effect size value ($r = .39$) indicates that this effect is of moderate magnitude. The results of the within-group comparisons of the STEM attitude scores for the experimental and control groups are presented in Table 7.

Table 7. Results of within-group comparisons of STEM attitude scores for the experimental and control groups.

Group	Comparison	n	Z	p	r
Experimental	Pre-test – Post-test	21	-3.725	< .001*	0.81
Control	Pre-test – Post-test	21	-1.113	0.266	

Table 7 presents the results of the within-group comparisons of STEM attitude scores for the experimental and control groups. When the STEM attitude pre-test and post-test scores of the experimental group were compared, a statistically significant difference was found in favor of the post-test, $Z = -3.725$, $p < .001$, $r = .81$. This finding indicates that the instructional process based on the STEM SOS model significantly improved students' attitudes toward STEM. In contrast, no statistically significant difference was found between the STEM attitude pre-test and post-test scores of the control group, $Z = -1.113$, $p = .266$. This result reveals that the instructional process implemented in the control group did not produce a significant change in students' STEM attitudes. Overall, the findings indicate that the significant improvement in STEM attitudes occurred only in the experimental group and that the STEM SOS model was effective in enhancing students' attitudes toward STEM.

Discussion and Conclusion

Within the scope of this study, the effect of a teaching process structured according to the stages of the STEM SOS model for the "Interaction of Light and Matter" unit on students' academic achievement and attitudes toward STEM fields was examined within the framework of two sub-problems. In this context, the differences between the control group, which followed the existing science curriculum, and the experimental group, which participated in a teaching process enriched with STEM SOS model activities, were evaluated in detail. When the research findings are evaluated overall, it has been shown that the teaching process based on the STEM SOS model has positive effects on both cognitive and affective learning outcomes.

The first sub-problem of the study focuses on the effect of the instructional process structured according to the STEM SOS model on students' academic achievement. The research findings indicate that the increase in academic achievement was higher in the experimental group, in which STEM SOS model-based activities were implemented. Group comparisons based on the post-test results also revealed a statistically significant difference in favor of the experimental group in terms of academic achievement. This finding suggests that the inquiry-based, project-based, interdisciplinary, and student-centered structure of the STEM SOS model enriched the science learning process and positively affected students' academic achievement.

In activities based on the STEM SOS model, students move beyond being individuals who merely receive ready-made knowledge and become active learners who conduct research, collect data, analyze data, generate solutions to problem situations, and present their findings through products or presentations. This process enables students to construct concepts through examples, practices, projects, and real-life problems rather than relying on rote learning. Therefore, it can be stated that the increase in academic achievement in favor of

the experimental group may be attributed to the structure of the STEM SOS model, which actively involves students in the learning process and supports conceptual understanding.

When the literature on the STEM SOS model is examined, it is seen that there is no study that directly investigates the effect of this model on middle school students' academic achievement through quantitative measurement tools such as achievement tests. Existing studies appear to be mostly qualitative research, case studies, or analytical studies addressing the theoretical structure and implementation stages of the model. In these studies, it is reported that the STEM SOS model enhances students' active participation in the learning process and supports their conceptual understanding, tendency to conduct research, self-confidence, communication, collaboration, and technology use skills (Akgül & Yıldırım, 2018; Sahin & Top, 2015; Selvi & Yıldırım, 2017; Tanrıöver, 2025). Therefore, the academic achievement results obtained in the present study were evaluated together with the findings of studies on STEM-based instructional approaches that share partially similar characteristics with the STEM SOS model, such as integrated STEM, project-based learning, and inquiry-based learning.

In this context, the results obtained in the present study are consistent with the studies conducted by Eroğlu and Bektaş (2016), Kavacık (2018), Ceylan (2014), Yıldırım and Selvi (2017), Hiçde (2018), and Bentley (2021), which reported that STEM-based and project-oriented learning processes enhance students' academic achievement. In Ceylan's (2014) study, it was found that students in the experimental group, where STEM-based activities were implemented, had higher levels of academic achievement. Similarly, Yıldırım and Selvi (2017), in their study with middle school students, demonstrated that STEM practices positively affected academic achievement in science courses. Hiçde's (2018) research also indicated that STEM-based activities contributed to significant improvements in students' academic achievement and STEM learning strategies. Relevant studies indicate that STEM-based activities can have positive effects on middle school students' academic achievement test scores. In this context, it is considered that the STEM SOS model may also be effective in increasing middle school students' science academic achievement test scores. The consistency between the findings obtained in the present study regarding academic achievement and the results of studies on other STEM approaches and practices suggests that the STEM SOS model may be an approach that contributes to the improvement of cognitive learning outcomes in science education. However, to support this inference more strongly, further empirical studies directly examining the STEM SOS model at the middle school level in relation to academic achievement test results are needed.

The second sub-problem of the study examines the effect of the instructional process structured according to the STEM SOS model on students' attitudes toward STEM fields. The research findings indicate that activities based on the STEM SOS model had a positive effect on students' attitudes toward STEM fields. Group comparisons based on the post-test results revealed statistically significant differences in favor of the experimental group in terms of STEM attitudes. This finding suggests that students' active participation in the processes of research, inquiry, design development, product creation, and presentation increased their interest and motivation toward STEM fields.

Due to the structure of the STEM SOS model, students not only acquire scientific knowledge during the learning process but also participate in processes such as using technology, engaging in engineering design, solving problems, working collaboratively, and developing products. These processes can be said to contribute to students' perception of STEM disciplines as more meaningful, applicable, and related to daily life. In particular, presenting STEM content through concrete projects associated with real-life contexts plays an important role in helping students develop positive attitudes toward STEM fields. Therefore, the positive change observed in the STEM attitude scores of the experimental group can be explained by the structure of the STEM SOS model, which enhances students' interest in STEM fields and supports the development of positive perceptions toward these fields.

Studies on the STEM SOS model support these interpretations. Sahin and Top (2015) revealed that the STEM SOS model not only improves students' conceptual understanding of STEM topics but also enhances their interest in STEM, tendency to conduct research, self-confidence, communication, collaboration, and life/career skills. Similarly, Akgül and Yıldırım (2018) found that projects designed in accordance with the STEM SOS model improved students' interest and motivation, self-confidence, presentation skills, and research skills. Tanrıöver

(2025) emphasized that the STEM SOS model supports students in developing interdisciplinary products based on real-life problems and offers an effective educational approach that may increase their interest in STEM fields and career awareness. These studies indicate that the STEM SOS model has the potential to improve not only students' cognitive learning outcomes but also their affective characteristics toward STEM fields.

However, since studies directly examining the effect of the STEM SOS model on middle school students' attitudes toward STEM are limited, the findings of the present study were also supported by studies on integrated STEM, project-based learning, and engineering design-based STEM practices, which share similar characteristics with the STEM SOS model. In this context, the findings are consistent with the studies conducted by Kavacık (2018), Aydın and Karşlı Baydere (2019), Yavuz (2019), and Bekereci (2022). In Kavacık's (2018) study, it was determined that STEM activities integrating engineering and design skills into science courses positively affected students' attitudes toward STEM. Aydın and Karşlı Baydere (2019) found that the STEM activity titled "Separation of Mixtures," developed based on the engineering design process, increased students' attitudes toward STEM and related content areas. Similarly, Yavuz's (2019) study showed that STEM practices implemented at the fourth-grade level had positive effects on students' attitudes toward STEM. In Bekereci's (2022) doctoral dissertation, it was determined that STEM activities designed in accordance with the project-based learning model led to a significant increase in eighth-grade students' attitudes toward STEM. These studies show that STEM activities have positive effects on middle school students' attitudes toward STEM. Therefore, although it is considered that the STEM SOS model may also positively influence middle school students' attitudes toward science and STEM, this inference needs to be supported by further empirical studies directly focusing on the STEM SOS model at the middle school level.

When these findings are evaluated together, it can be stated that the statistically significant differences obtained in favor of the experimental group in terms of academic achievement and attitudes toward STEM may be attributed to the structure of the STEM SOS model, which provides students with opportunities for active participation, conducting research, developing designs, working collaboratively, and producing tangible products. As a result, activities conducted based on the STEM SOS model appear to have positive effects on students' cognitive and affective learning outcomes. The inquiry-based, interdisciplinary, project-based, and student-centered structure of the model contributed to students' ability to relate theoretical knowledge to real-life problems, deepen their conceptual learning regarding the "Interaction of Light and Matter" unit, and integrate their science knowledge with engineering design processes. In addition, this process increased students' interest in science courses and supported the development of characteristics such as motivation, self-confidence, curiosity, innovation, and inquiry. In this respect, the present study is expected to contribute to the relevant literature by demonstrating that the STEM SOS model is an effective and functional approach for improving both academic achievement and attitudes toward STEM in middle school science education.

Recommendations and Limitations

Considering the findings and limitations of this study, it is recommended that further research be conducted to examine the effectiveness of the STEM SOS model in different school types, grade levels, and subject areas within science education. Since the study was carried out in only one school, with 42 students, and limited to the "Light and Matter" unit, the generalizability of the findings is constrained. Therefore, future studies should include broader and more diverse samples. In addition, in order to reveal more comprehensively the effects of the STEM SOS model on students' academic achievement, attitudes, and learning processes, it is recommended that future research be supported not only by quantitative data collection tools but also by qualitative data sources such as interviews, observations, and student products.

Işığın Madde ile Etkileşimi Konusunun Öğretiminde STEM SOS Modelinin Akademik Başarı ve STEM Tutumları Üzerindeki Etkileri

Nejmettin Yıldırım¹  Nevzat Bayri² 

Makale Bilgisi

Özet

Anahtar Kelime
STEM SOS modeli,
Ortaokul öğrencileri,
Akademik başarı test.

Yükleme: 12.01.2026

Kabul: 15.06.2026

Yayın: 30.06.2026

Araştırma makalesi

[DOI: 10.17984/adyuebd.1861909](https://doi.org/10.17984/adyuebd.1861909)

Bu çalışmada, Işığın Madde ile Etkileşimi konusunun Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik Öğrencileri Sahnede (STEM SOS) modeli kullanılarak uygulanmasının öğrencilerin akademik başarıları ve tutumları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırmanın çalışma grubunu, 2023–2024 eğitim-öğretim yılında Türkiye’de bir ortaokulda öğrenim gören 42 yedinci sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Deney grubunda öğretim, STEM SOS modeline dayalı etkinlikler aracılığıyla yürütülmüştür. Öğrencilerin akademik başarıları, araştırmacılar tarafından geliştirilen 30 maddelik başarı testi ile ölçülmüştür. Bu teste ilişkin ortalama güçlük indeksi 0.406, ortalama ayırt edicilik indeksi 0.748 ve KR-20 güvenirlik katsayısı 0.771 olarak hesaplanmıştır. Öğrencilerin STEM’e yönelik tutumları ise Faber ve diğerleri (2013) tarafından geliştirilen ve Yıldırım ve Selvi (2015) tarafından Türkçeye uyarlanan STEM Tutum Ölçeği ile belirlenmiştir. Ölçeğin Cronbach alfa güvenirlik katsayısı 0.94 olarak rapor edilmiştir. Deney grubunda öğrenciler beşer kişilik gruplara ayrılmış ve Işığın Madde ile Etkileşimi konusu kapsamında STEM SOS modeline dayalı olarak sınıf içi ve sınıf dışı öğrenci merkezli etkinliklere katılmıştır. Modelin birinci düzeyinde, açık uçlu sorular aracılığıyla öğrencilerin konuya ilişkin ilgi ve merakları harekete geçirilmiştir. İkinci ve üçüncü düzeylerde ise proje görevleri kapsamında deneysel gözlemler yapılmış ve elde edilen bulgular somut ürünlere dönüştürülmüştür. Son test sonuçları, STEM’e yönelik tutum ve akademik başarı açısından deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ortaya koymuştur.

Giriş

Fen eğitimi, STEM’in ayrılmaz bir bileşeni olarak, STEM eğitiminin daha geniş çerçevesi içinde doğrudan ilişkili ve tamamlayıcı bir role sahiptir. STEM eğitiminde fen, doğal olayların anlaşılmasında merkezi bir konumda yer alırken; diğer disiplinler bu olayların araştırılması, analiz edilmesi ve bu alanlarda yenilikçi çözümler geliştirilmesi için gerekli araç ve yöntemleri sağlamaktadır. Bu disiplinlerin bütüncül biçimde entegrasyonu, STEM eğitiminde disiplinler arası ve bütüncül bir öğrenme yaklaşımını desteklemektedir. Söz konusu yaklaşım, öğrencilerin bilimsel bilgi edinmelerinin yanı sıra üst düzey düşünme becerilerini geliştirmelerine de olanak tanımaktadır. Bu nedenle, fen eğitiminin STEM modeliyle bütünleştirilmesi, öğrencilerin bilimsel kuramları uygulamalı çalışmalarla ilişkilendirmelerine yardımcı olmakta ve yeni nesil araştırmacıların ve problem çözücü bireylerin yetişmesine katkı sağlamaktadır (Larson ve Miller, 2011). Son yıllarda STEM eğitimi, 21. yüzyılda öğrencilerin gereksinim duyduğu beceriler açısından önemli hâle gelmiştir (Gonzalez ve Kuenzi, 2012; Al Hamad vd., 2024). Bu disiplinler arası yaklaşım; takım çalışması, problem çözme ve akıl yürütme gibi becerilerin geliştirilmesini amaçlamaktadır (Al Hamad vd., 2024). STEM, güncel araç ve teknolojilerden yararlanarak yenilikçilik ve

Yazar¹: Nejmettin Yıldırım, Milli Eğitim Bakanlığı, Türkiye, nyildirim578@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4934-9030

Sorumlu Yazar²: Nevzat Bayri, Prof. Dr. İnönü Üniversitesi, Türkiye, nevzat.bayri@inonu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7105-7707

Bu çalışma, Nejmettin Yıldırım’ın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

uygulamalı problem çözmeye odaklanan bir meta-disiplin hâline gelmiştir (Kennedy ve Odell, 2014). Yıldırım ve Altun'a (2015) göre STEM eğitimi; farklı disiplinleri bütünleştiren, etkili ve nitelikli öğrenmeyi mümkün kılan, edinilen bilgilerin günlük yaşamla ilişkilendirilmesi yoluyla anlamlı öğrenmeyi kolaylaştıran ve nihayetinde 21. yüzyıl becerilerinin gelişimine katkı sağlayan bir yaklaşımdır.

STEM eğitiminin uygulanmasında 5E öğrenme modeli, proje tabanlı öğrenme ve bütünleşik STEM gibi yaklaşımlar giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu yaklaşımlar, öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılımını teşvik etmeyi, disiplinler arası düşünme becerilerini geliştirmeyi ve fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanları arasında anlamlı bağlantılar kurmalarını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, 5E öğrenme modeli (Ültay ve Özkurt, 2025; Açışlı Çelik, 2022), proje tabanlı öğrenme yaklaşımı (Bekereci ve Hamzaoğlu, 2024) ve bütünleşik STEM uygulamaları (Gencer vd., 2019), sınıf temelli STEM eğitiminde yaygın olarak kullanılan yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Ancak STEM eğitiminin etkili biçimde uygulanması, yalnızca belirli öğretim modellerinin sınıf ortamına aktarılmasıyla sınırlı değildir. Bu süreç aynı zamanda öğretmenlerin disiplinler arası iş birliği içinde olmalarını, mesleki gelişimlerini sürdürmelerini ve alan bilgisi, bağlamsal bilgi ile pedagojik yeterliklerini bütüncül bir yaklaşımla geliştirmelerini gerektirmektedir (Al Hamad vd., 2024; Han vd., 2015; Selvi ve Yıldırım, 2017; Capraro vd., 2013). Bu gereklilikler, STEM eğitiminde hem yapılandırılmış hem de öğrenci merkezli uygulama modellerine duyulan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Bu bağlamda STEM SOS modeli, araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme ile proje tabanlı öğrenmeyi bütünleştiren, standart temelli ve öğrenci merkezli bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır (Selvi ve Yıldırım, 2017). STEM SOS modeli, öğrencilerin öğrenme sürecinde aktif sorumluluk almalarını, araştırma yapmalarını, veri toplamalarını, elde ettikleri verileri analiz etmelerini ve bulgularını proje ya da sunumlar aracılığıyla paylaşmalarını desteklemektedir. Bu yönüyle model, STEM eğitiminin sınıf içi uygulamalarında disiplinler arası öğrenmenin daha sistematik ve yapılandırılmış biçimde gerçekleştirilmesine katkı sağlayan bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir (Selvi ve Yıldırım, 2017). STEM SOS modeli; bütünleşik STEM eğitimi, 5E öğrenme modeli ve proje tabanlı öğrenme ile ilişkili olmakla birlikte, bu yaklaşımlardan daha yapılandırılmış, sistematik ve uygulama odaklı bir STEM öğretim modeli sunması bakımından ayrılmaktadır. Bütünleşik STEM eğitimi, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinden en az ikisinin öğretim sürecine gerçek yaşam problemleriyle ilişkilendirilerek dâhil edilmesini ve öğrencilerin disiplinler arası problem çözme becerilerinin geliştirilmesini amaçlayan genel bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır (Moore vd., 2014; Bybee, 2013; Kennedy ve Odell, 2014). 5E öğrenme modeli ise öğrencilerin kavramsal öğrenmelerini; dikkat çekme, keşfetme, açıklama, derinleştirme ve değerlendirme aşamaları aracılığıyla destekleyen bir ders tasarım modelidir (Ültay ve Özkurt, 2025; Açışlı Çelik, 2022). Proje tabanlı öğrenme ise öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini araştırma, veri toplama, ürün geliştirme ve çalışmalarını sunma süreçlerine aktif katılımını merkeze alan süreç odaklı bir öğrenme yaklaşımıdır (Capraro vd., 2013). STEM SOS modeli, bu üç yaklaşımın güçlü yönlerinden yararlanmakla birlikte, STEM disiplinlerini standart temelli, araştırma ve proje odaklı, teknoloji destekli ve öğrenci merkezli bir çerçevede bütünleştirmektedir. Bu modelde öğrenciler yalnızca disiplinler arası bağlantılar kurmak ya da bir proje ürünü geliştirmekle sınırlı kalmamakta; aynı zamanda araştırma soruları oluşturma, veri toplama ve analiz etme, teknolojiyi kullanma, iş birliği yapma, ürün tasarlama, sonuçları sunma ve kendi öğrenme süreçlerinin sorumluluğunu üstlenme gibi süreçlere sistematik biçimde katılmaktadır. Bu yönüyle STEM SOS modeli; bütünleşik STEM'in disiplinler arası yapısını, 5E modelinin kavramsal öğrenme sürecini ve proje tabanlı öğrenmenin araştırma-ürün geliştirme boyutunu daha planlı, aşamalı ve STEM odaklı bir uygulama sistemine dönüştürmesi bakımından ayırt edici bir nitelik taşımaktadır (Şahin, 2015; Şahin ve Top, 2015; Selvi ve Yıldırım, 2017).

Bu bağlamda STEM SOS modeli, sistematik proje yapıları ve sunum temelli çıktılar aracılığıyla disiplinler arası bütünleşmeyi destekleyen kapsamlı ve yapılandırılmış bir çerçeve olarak değerlendirilebilir. Model, öğrencilerin üst düzey düşünme, problem çözme ve iş birliği becerilerinin gelişimine katkı sağlamaktadır. Nitekim geleneksel öğretim yöntemlerinin öğrencileri özgün STEM öğrenme deneyimlerine yeterince dâhil edememesi, yenilikçi ve bütüncül öğretim modellerine duyulan gereksinimi daha belirgin hâle getirmiştir (Baltabıyık ve Duru, 2021). Bu gereksinime yanıt veren modellerden biri olan STEM SOS, öğrencilerin kendi çözümlerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır (Selvi ve Yıldırım, 2017). Tüm öğrenci alt gruplarında matematik ve fen başarısını artırmak amacıyla 2013–2014 eğitim-öğretim yılında Harmony Charter Schools tarafından benimsenen bu modelin temel düşüncesi 2001 yılına kadar uzanmaktadır (Şahin, 2015). Araştırmaya dayalı öğrenme ile proje tabanlı



öğrenme yaklaşımlarını bir araya getiren STEM SOS modelinin temel amacı, öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerinin sorumluluğunu üstlenmelerini sağlayarak iş birliği ve proje temelli bir öğrenme süreci aracılığıyla akademik başarılarını artırmaktır (Selvi ve Yıldırım, 2017). Bu nedenle, STEM SOS modelinin kuramsal temellerinin, temel bileşenlerinin ve uygulama süreçlerinin ayrıntılı biçimde incelenmesi önem taşımaktadır.

STEM SOS Modeli

STEM SOS modelinde süreç öğretmenler tarafından izlenmekte ve öğretmenler, sınıf içi araştırmalar sırasında 3-4 ya da 5-6 kişilik öğrenci gruplarına sorular yönelterek rehberlik sağlamaktadır. I. düzey projeler, öğretim programına uygun olarak her dönem iki kez uygulanmakta ve bir hafta içinde tamamlanmaktadır. Proje sürecinde öğrenciler; araştırmanın nasıl yürütüleceği, nelere dikkat edilmesi gerektiği ve verilerin nasıl analiz edileceği konularında bilgilendirilmektedir. Öğretmenler, projelerin zamanında tamamlanmasını sağlamak amacıyla öğrencilere geri bildirim ve destek sunmaktadır. Nihai ürün genellikle PowerPoint sunumu, fotoğraf galerisi ya da proje raporu şeklinde hazırlanmakta ve her proje, öğretmenler tarafından hazırlanan değerlendirme listeleri kullanılarak ayrı ayrı değerlendirilmektedir. I. düzey projeler kısa süreli olup tek bir alanı kapsamaktadır. Bu projeler, öğrencilerin araştırma becerilerini geliştirmeyi ve 21. yüzyıl becerilerine katkı sağlamayı amaçlamakta; aynı zamanda diğer projeler için temel oluşturmaktadır (Selvi ve Yıldırım, 2017). II. düzey projeler, matematik ve fen konularına göre yılın başında planlanmakta; öğrenci notları ve öğretim kılavuzu doğrultusunda yürütülmektedir. Öğreticiler, etkinliklerin tamamlanmasını sağlamak amacıyla değerlendirme kontrol listeleri de dâhil olmak üzere geri bildirim ve mentörlük desteği sunmakta; öğrenciler ise tamamladıkları etkinlikleri web sitesi üzerinden teslim etmektedir (Şahin ve Top, 2015). III. düzey etkinlikler, araştırma yapmaktan ve kendi ürünlerini geliştirmekten hoşlanan öğrencilere yönelik olarak tasarlanmıştır. Bu etkinlikler disiplinler arası nitelik taşımakta ve teknoloji proje sürecinin tamamına entegre edilmektedir. Öğrenciler önceden belirlenmiş projeler arasından seçim yapabilmekte ya da kendi proje fikirlerini geliştirebilmektedir. Bu projeler öğretmen tarafından önceden planlanmamaktadır (Selvi ve Yıldırım, 2017; Şahin ve Top, 2015). II. ve III. düzey projeler bir dönem boyunca yürütülmektedir. II. düzey projeler genellikle ortaokul düzeyinde, III. düzey projeler ise lise düzeyinde uygulanmaktadır. Her iki düzeyde de teknoloji; web tabanlı platformlarda video ve fotoğraf paylaşımı ile sunum hazırlama süreçleri aracılığıyla doğrudan entegre edilmektedir (Doğan ve Robin, 2015). Öğrenciler tamamladıkları projeleri bilim şenliklerinde, STEM etkinliklerinde ve STEM odaklı diğer yarışmalarda sunabilmektedir. Model kapsamında STEM entegrasyonu yalnızca II. ve III. düzey projelerde gerçekleştirilmektedir (Selvi ve Yıldırım, 2017). Bu model, öğrencilerin katılımını üç düzeyde ele almaktadır: öğretmen rehberliğinde yürütülen araştırma projeleri (I. Düzey), öğretmen tarafından tasarlanan proje tabanlı öğrenme etkinlikleri (II. Düzey) ve öğrenci liderliğinde yürütülen bağımsız projeler (III. Düzey) (Akgül ve Yıldırım, 2018). I. düzeyde süreç öğretmenler tarafından yakından izlenmektedir. STEM SOS etkinliklerinin fen eğitimine entegrasyonu, araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme ve yapılandırmacı yaklaşımın hedefleriyle uyumludur. Bu süreçte öğrenciler bilgiyi aktif biçimde yapılandırmaktadır. Araştırmalar, bu modelin öğrencilerin kavramsal anlamalarına, STEM'e yönelik ilgilerine, araştırma becerilerine ve öz güvenlerine katkı sağladığını göstermektedir (Şahin, 2015). Fen bilgisi öğretmen adayları, proje uygulama süreci ve grup dinamiklerine ilişkin çeşitli güçlüklerle karşılaşmalarına rağmen ürün oluşturma, beceri geliştirme ve araştırmaya yönelik ilgide artış gibi kazanımlar elde ettiklerini belirtmişlerdir (Dede, 2022). Lise öğrencileri ise STEM SOS projelerini yararlı bulmuş ve sunum süreçlerinde olumlu duygular yaşadıklarını ifade etmişlerdir (Akgül ve Yıldırım, 2018). Bu model genel olarak proje tabanlı öğrenmeyi içermektedir. Projelerin büyük çoğunluğu I. ve II. düzey kapsamında yer almakla birlikte, bazı projeler III. düzeye ulaşabilmektedir (Akgül ve Yıldırım, 2018; Dede, 2022). Modelin düzeyleri kapsamında öğrenci ve öğretmen rollerini inceleyen bir başka çalışmada, I. düzey proje tabanlı öğrenmede öğretmenlerin öğrenci gruplarına sınıf içi araştırmalar sırasında yanıtlamaları gereken sorular sunduğu belirtilmektedir. Aynı çalışmada, II. ve III. düzey proje tabanlı öğrenmede öğretmenlerin liderlik rolleri aracılığıyla aktif katılımlarını sürdürdükleri; buna karşın öğrencilere takım çalışması, araştırma konularının belirlenmesi ve ders dışı zamanlarda yürütülen görevler konusunda özerklik tanıdıkları ifade edilmektedir (Erdogan ve Bozeman, 2015).

Genel olarak bu model, eğitimin niteliğini artırmada ve öğrencilerin geleceğe yönelik planlama becerilerini geliştirmede etkili bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Özellikle optik eğitimi bağlamında, STEM eğitiminin küçük yaştaki öğrenciler ve öğretmen adayları açısından önemini vurgulamaktadır. Optik öğretiminde STEM basamaklarının kullanılmasının öğrencilerin bu kavramlara ilişkin anlamalarını geliştirdiği gösterilmiştir.

Öğretmen adayları açısından ise STEM temelli uygulamalı yöntemlerin, geleneksel akademik-açıklayıcı yaklaşımlara kıyasla hem bilgi düzeylerinde hem de öğretim öz yeterliklerinde anlamlı gelişmeler sağladığı belirlenmiştir (Martínez-Borreguero vd., 2022). STEM SOS modeli etkinliklerinin öğrencilerin derse katılımını artırması, öğrenme motivasyonlarını güçlendirmesi ve akademik başarılarını olumlu yönde etkilemesi beklenmektedir. Alanyazın incelendiğinde, STEM SOS modeline özgü araştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir (Akgül ve Yıldırım, 2018; Sahin ve Top, 2015; Tanrıöver, 2025).

Sahin ve Top (2015), STEM SOS modelini incelemek amacıyla 11 ortaokul öğrencisiyle yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirmiştir. Gömülü teori ve sürekli karşılaştırmalı analiz yoluyla elde edilen bulgular, modelin öğretmen rehberliğinde yürütülen öğretim, uygulamalı etkinlikler, öğrenci sunumları ve yıl boyunca gerçekleştirilen projeler aracılığıyla öğrencileri öğrenme sürecinde daha aktif hâle getirdiğini göstermiştir. Ayrıca araştırma bulguları, STEM SOS modelinin öğrencilerin STEM konularına ilişkin kavramsal anlamalarını, STEM'e yönelik ilgilerini, araştırmaya yönelimlerini, öz güvenlerini; teknoloji, iletişim, iş birliği ve yaşam becerilerini geliştirdiğini ortaya koymuştur (Sahin ve Top, 2015). Akgül ve Yıldırım (2018), STEM SOS modelinin çeşitli değişkenler üzerindeki etkisini incelemek amacıyla 2016–2017 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde 10. sınıfta öğrenim gören 21 ortaöğretim öğrencisiyle nitel bir durum çalışması yürütmüştür. Araştırmada veriler, araştırmacılar tarafından geliştirilen yarı yapılandırılmış görüşme formu aracılığıyla toplanmış ve içerik analizi yöntemiyle çözümlenmiştir. Bulgular, STEM SOS modeline uygun olarak tasarlanan projelerin öğrenciler tarafından yararlı bulunduğunu; öğrencilerin bilgi düzeylerini, ilgi ve motivasyonlarını, öz güvenlerini, sunum ve araştırma becerilerini geliştirdiğini göstermiştir. Bununla birlikte projelerin büyük ölçüde I. ve II. düzeylerde yoğunlaştığı, yalnızca bir projenin III. düzeyde gerçekleştirildiği belirlenmiştir (Akgül ve Yıldırım, 2018). Tanrıöver (2025), STEM SOS modelinin kuramsal temellerini, I., II. ve III. düzey olarak yapılandırılan proje aşamalarını ve modelin öğrenme süreci üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada, STEM SOS modelinin öğrencilerin bilimsel araştırma, problem çözme, iş birliği, yaratıcı düşünme, iletişim ve teknoloji kullanımı becerilerini geliştirdiği; ayrıca gerçek yaşam problemlerine dayalı disiplinler arası ürünler ortaya koymalarını desteklediği belirtilmiştir. Bu yönüyle modelin, öğrencilerin STEM alanlarına yönelik ilgilerini ve kariyer farkındalıklarını artırabilecek etkili bir eğitim yaklaşımı sunduğu vurgulanmıştır (Tanrıöver, 2025).

STEM SOS modelinin fen eğitimine entegrasyonu, öğrencilerin bilimsel kavramları yapılandırılmış, araştırma-sorgulamaya dayalı ve proje temelli etkinlikler aracılığıyla daha anlamlı biçimde öğrenmelerine katkı sağlayabilecek önemli bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Bu model, öğrencilerin veri toplama, veri analizi, tasarım geliştirme, problem çözme ve sunum yapma gibi süreçlere aktif katılımını desteklemekte; böylece yalnızca kavramsal öğrenmeye değil, aynı zamanda yaratıcılık, eleştirel düşünme, iletişim, iş birliği ve teknoloji kullanımı gibi becerilerin gelişimine de katkı sağlamaktadır (Sahin ve Top, 2015; Bybee, 2013; Moore vd., 2014). İlgili araştırmalar, STEM SOS modeline dayalı etkinliklerin öğrencilerin konuya yönelik ilgilerini, motivasyonlarını ve öğrenme sürecine katılımlarını artırdığını göstermektedir (Akgül ve Yıldırım, 2018; Selvi ve Yıldırım, 2017; Sahin ve Top, 2015; Tanrıöver, 2025). Bununla birlikte, alanyazında STEM SOS modeline ilişkin çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Özellikle bu modelin ortaokul öğrencilerinin akademik başarıları ve STEM'e yönelik tutumları üzerindeki birleşik etkisini nicel olarak inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, STEM SOS modeline uygun olarak yapılandırılan "Işığın Madde ile Etkileşimi" konusunun öğretiminin öğrencilerin akademik başarıları ve STEM'e yönelik tutumları üzerindeki etkisinin belirlenmesinin fen eğitimi alanyazınına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu araştırmanın temel amacı, Türkiye'de bir ortaokulda öğrenim gören yedinci sınıf öğrencilerine "Işığın Madde ile Etkileşimi" ünitesinin STEM SOS modeline dayalı etkinliklerle öğretilmesinin, öğrencilerin akademik başarıları ve STEM alanlarına yönelik tutumları üzerindeki etkisini incelemektir. Bu amaç doğrultusunda araştırmanın temel problem cümlesi şu şekilde belirlenmiştir:

"'Işığın Madde ile Etkileşimi' ünitesinin STEM SOS modeline dayalı etkinliklerle öğretilmesinin, yedinci sınıf öğrencilerinin akademik başarıları ve STEM alanlarına yönelik tutumları üzerindeki etkisi nedir?"

Bu temel problem doğrultusunda aşağıdaki alt problemlere yanıt aranmıştır:

1-"Işığın Madde ile Etkileşimi" ünitesinde kullanılan STEM SOS modelinin öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkisi nedir?



2-“Işığın Madde ile Etkileşimi” ünitesinde kullanılan STEM SOS modelinin öğrencilerin STEM alanlarına yönelik tutumları üzerindeki etkisi nedir?

Yöntem

Araştırma Modeli

Bu araştırmada, yarı deneysel desenlerden ön test-son test kontrol gruplu desen kullanılmıştır. Bu desende katılımcılar, deneysel işlem öncesinde ve sonrasında bağımlı değişken açısından ölçülmektedir. Ön test-son test kontrol gruplu desenin avantajı, aynı denekler üzerinde ölçüm yapılması nedeniyle, birçok deneysel çalışmada farklı deneysel koşullar altında elde edilen ölçümlerin yüksek düzeyde ilişkili olmasıdır. Bu durum, hata terimini azaltarak istatistiksel gücü artırmaktadır (Büyüköztürk, 2001). Araştırmada fen bilimleri dersi kapsamında STEM SOS modeli bağımsız değişken; akademik başarı ve STEM'e yönelik tutum ise bağımlı değişkenler olarak belirlenmiştir. Araştırmanın her iki grubunda yer alan öğrenciler uygun örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Uygulama grubunda, mevcut fen bilimleri öğretim programına dayalı ders içeriği, sınıf dışında yürütülen STEM SOS modeli projeleriyle desteklenmiş ve böylece hibrit bir yapı oluşturulmuştur. Diğer grupta ise öğretim, fen bilimleri öğretim programında öngörülen yaklaşım doğrultusunda yürütülmüştür. Deneysel desenler, araştırmacının müdahalesi yoluyla değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkilerinin sistematik biçimde incelenmesine olanak sağlayan yöntemlerdir. Bununla birlikte, yarı deneysel desenlerde gruplar önceden belirlenmiş olduğundan gruplara rastgele atama yapılması mümkün değildir. Bu durum, nedensel çıkarımlar açısından bazı sınırlılıklar taşımaktadır (Büyüköztürk vd., 2012).

Çalışma Grubu

Bu araştırmanın çalışma grubu, uygun örnekleme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntem, araştırmanın sınırlı zaman ve kaynaklar çerçevesinde yürütülmesine olanak sağlamıştır (Patton, 2002). Araştırmanın çalışma grubu, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan bir ilde öğrenim gören 7. sınıf ortaokul öğrencileri arasından seçilmiştir. Araştırma grubu, “Işığın Madde ile Etkileşimi” ünitesi kapsamında fen bilimleri öğretim programına entegre edilerek uygulanacak STEM SOS modeline dayalı öğretimin yürütüldüğü deney grubunda yer alan 21 öğrenciden (n=21) oluşmaktadır. Ayrıca mevcut fen bilimleri öğretim programında önerilen araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı doğrultusunda öğretimin yürütüldüğü kontrol grubunda da 21 öğrenci (n=21) yer almakta olup araştırmaya toplam 42 öğrenci katılmıştır. Kontrol grubunda 12 erkek ve 9 kız öğrenci bulunurken, deney grubunda 13 kız ve 8 erkek öğrenci yer almıştır. Deney grubunda dersler, STEM SOS modelinin basamakları dikkate alınarak yürütülmüştür.

Veri Toplama Araçları

Bu araştırmada nicel verilerin toplanmasında STEM Tutum Ölçeği ve araştırmacılar tarafından geliştirilen başarı testi kullanılmıştır. Alanyazın incelendiğinde, Türkiye'de ortaokul düzeyinde ışık ve optik konularına yönelik çeşitli başarı testlerinin geliştirildiği görülmektedir. Bu testler, öğrencilerin fen bilimleri alanındaki bilgi, kavramsal anlama ve akademik başarı düzeylerini değerlendirmede önemli ölçme araçları olarak kullanılmaktadır. Örneğin Sevim ve arkadaşları (2021), 5. sınıf öğrencilerine yönelik “Işığın Yayılması Ünitesi Başarı Testi”ni geliştirmiştir. Yanar ve arkadaşları (2019), 6. sınıf öğrencileri için geliştirdikleri “Işık ve Ses Konusu Başarı Testi”ni kullanmış; Durkaya ve Aydoslu (2021) ise ışık ve yansıma kavramlarına ilişkin öğrencilerin bilişsel yapılarını ve kavram yanılgılarını alternatif ölçme teknikleriyle incelemiştir. Bunun yanı sıra Can and Akgün (2025) “Işığın Madde ile Etkileşimi Ünitesi Başarı Testi”ni geliştirmiştir. Söz konusu çalışmalar, ortaokul düzeyinde ışık ve optik konularına yönelik geliştirilen ölçme araçlarının çeşitliliğini ortaya koymakta ve fen eğitimi süreçlerinde öğrenci başarısının değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, mevcut araştırmanın amacı ve uygulama süreci dikkate alındığında, alanyazındaki hazır testlerin doğrudan kullanılması yerine araştırmanın kapsamına özgü yeni bir başarı testi geliştirilmesi uygun görülmüştür. Bu doğrultuda, araştırmada kullanılan başarı testi öğretim programındaki ilgili kazanımlar, “Işığın Madde ile Etkileşimi” ünitesinin içeriği ve STEM SOS modeline dayalı etkinlikler dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Başarı Testi

Araştırmada veri toplama aracı olarak, 7. sınıf “Işığın Madde ile Etkileşimi” ünitesinin kazanımları doğrultusunda deney ve kontrol gruplarına uygulanmak üzere 37 maddelik çoktan seçmeli bir başarı testi hazırlanmıştır. Test

maddeleri, geçerlik ve güvenilirlik çalışmaları yapılmış olan Millî Eğitim Bakanlığına ait resmî yayınlarda yer alan sorular arasından seçilmiştir. Testin kapsam geçerliğini sağlamak amacıyla bir belirtke tablosu oluşturulmuştur. Test maddelerinin ünite kazanımlarını ölçmede yeterli olup olmadığını, bilimsel hata içerip içermediğini ve dil açısından anlaşılır olup olmadığını belirlemek amacıyla iki fen eğitimi alan uzmanı ve beş deneyimli fen bilimleri öğretmeni olmak üzere toplam yedi uzmanın görüşüne başvurulmuştur. Alan uzmanlarından alınan geri bildirimler doğrultusunda ilk aşamada dört madde testten çıkarılmıştır. Daha sonra 33 maddeden oluşan başarı testi, iki 7. sınıf öğrencisine uygulanmış ve öğrencilerden test maddelerinin anlaşılabilirliğine ilişkin geri bildirim alınmıştır. Öğrencilerden elde edilen geri bildirimler doğrultusunda testte küçük düzeltmeler yapılmış ve deneme uygulamasına hazır hâle getirilmiştir. Başarı testi, üç farklı okulda öğrenim gören 295 sekizinci sınıf öğrencisine uygulanmıştır. Uygulama sonrasında madde analizi yapılmış ve madde ayırt edicilik indeksi en düşük olan üç madde testten çıkarılmıştır. Böylece akademik başarı testi 30 maddeden oluşacak şekilde yeniden düzenlenmiştir. Geliştirilen başarı testine ilişkin madde analizi sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. *Başarı Testine İlişkin Madde Analizi Sonuçları*

İstatistik	Değer
N	295
Toplam Madde Sayısı	30
Ortalama Güçlük İndeksi	0.406
Ortalama Ayırt Edicilik İndeksi	0.748
KR-20	0.771

Tablo 1 incelendiğinde, testin ortalama güçlük düzeyinin 0.406 ve ortalama ayırt edicilik gücünün 0.748 olduğu görülmektedir. Bu durum, geliştirilen başarı testinin ortalama olarak orta güçlük düzeyinde olduğunu ve yüksek bir ayırt edicilik gücüne sahip bulunduğunu göstermektedir (Turgut ve Baykul, 2012). Testin KR-20 güvenilirlik katsayısı ise 0.771 olarak belirlenmiştir. KR-20 değerinin 0.70 ve üzerinde olması, geliştirilen başarı testinin yeterli düzeyde iç tutarlılığa ve güvenilirliğe sahip olduğunu göstermektedir (Büyüköztürk, 2021). Tabloda yer alan değerler birlikte değerlendirildiğinde, başarı testinin güvenilir bir ölçme aracı olduğu söylenebilir.

STEM Tutum Ölçeği

Araştırmacılar tarafından geliştirilen başarı testinin yanı sıra, öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarını belirlemek amacıyla Faber ve diğerleri (2013) tarafından geliştirilen ve Yıldırım ve Selvi (2015) tarafından Türkçeye uyarlanan STEM Tutum Ölçeği kullanılmıştır. Ölçeğin Türkçeye uyarlama çalışması, 6., 7. ve 8. sınıf düzeylerinde öğrenim gören toplam 1360 ortaokul öğrencisiyle yürütülmüştür. Uyarlama çalışmasında ölçeğin yapı geçerliği açıklayıcı ve doğrulayıcı faktör analizleriyle incelenmiş; güvenilirlik analizleri ise Cronbach alfa iç tutarlılık katsayıları, düzeltilmiş madde-toplam korelasyonları ve alt %27 ile üst %27'lik grupların madde puan ortalamalarının karşılaştırılmasına dayalı bağımsız örneklem t-testi aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, ölçeğin Türkçe formunun dört faktörlü bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Faktörlere ait Cronbach alfa katsayılarının 0.86 ile 0.89 arasında, düzeltilmiş madde-toplam korelasyonlarının ise 0.38 ile 0.78 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu bulgular, STEM Tutum Ölçeği'nin Türkçe formunun öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarını ölçmede geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğunu ortaya koymaktadır (Yıldırım ve Selvi, 2015).

Deney Grubunda Uygulanan STEM SOS Modeli

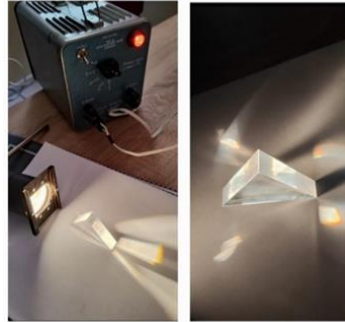
Deney grubunda öğretim süreci, STEM SOS modeline dayalı sınıf içi etkinlikler aracılığıyla yürütülmüştür. Hazırlanan STEM SOS etkinlikleri, fen bilimleri öğretim programı, ders içeriği ve hedeflenen öğrenme kazanımlarıyla uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır; sınıf içi ve sınıf dışı öğrenme süreçlerini kapsayacak biçimde yapılandırılmıştır. Deney grubuna yönelik uygulama süreci üç düzeyde gerçekleştirilmiştir. Düzey I'de öğretmen, "Gökyüzündeki yıldızları nasıl gözlemleriz?", "Bir kaşık su dolu bir bardakta neden kırılmış gibi görünür?" ve "Işık tek bir noktada odaklanabilir mi?" gibi sorular yönelterek öğrencileri sorgulama sürecine yönlendirmiştir. Öğrenciler bu sorular doğrultusunda araştırmalar yapmış ve elde ettikleri bulguları raporlar ve sunumlar aracılığıyla paylaşmışlardır. Düzey II'de etkinlikler disiplinler arası bir çerçevede yürütülmüştür. Işığın ayrışmasına ilişkin deney düzenekleri kurulmuş; öğrenciler gözlemler yapmış, veri toplamış ve elde ettikleri bulguları günlük yaşam ve çevresel olaylarla ilişkilendirmişlerdir. Düzey III'te süreç, öğrenci özerkliğini ön plana çıkaran ürün odaklı bir aşamaya dönüşmüştür. Bu düzeyde öğrenciler dürbün ve teleskop gibi optik araçlar

tasarlayarak özgün mühendislik ürünleri geliştirmişlerdir. Bu üç düzeye ilişkin etkinlik türü, uygulama süresi, öğretmen ve öğrenci rolleri ile öğrenme çıktıları Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. *STEM SOS Modeline Göre Düzeyler Kapsamında Etkinlik Türleri, Uygulama Süresi, Öğretmen ve Öğrenci Rollerini ile Etkinlik Çıktıları*

Düzyey	Etkinlik Türü	Uygulama Süresi	Öğretmen Rolü	Öğrenci Rolü	Etkinlik Çıktısı
Düzyey I	Gerçek yaşam problemlerine dayalı araştırma; kısa süreli proje etkinlikleri (ışığın madde ile etkileşimine yönelik temel incelemeler)	1 hafta (sınıf içi + sınıf dışı)	Problemi veya durumu tanımlar; süreci yapılandırır ve yönlendiren aktif bir kolaylaştırıcı olarak rol alır.	Gözlemler yapar; sorular üretmeye başlar; problemi anlamaya çalışır.	Yazılı proje raporları; konuya ilişkin kısa içerik hazırlama ve sunma; akranlarla fikir paylaşımı
Düzyey II	Planlı proje çalışması; proje tabanlı öğrenme etkinlikleri; deney düzenekleri kurma; grup çalışması	14 Hafta	Rehberlik sağlar; kaynak temin eder; süreci yönlendirir ancak doğrudan çözüm sunmaz.	Veri toplar; deneyler yapar; araştırma sorusu oluşturur; araştırma sürecine aktif olarak katılır.	Deney düzenegi kurma; deneysel veri ve gözlem kayıtları; video sunumları
Düzyey III	Disiplinler arası proje geliştirme; bağımsız ve disiplinler arası projeler (öğrenci merkezli, özgün ürün tasarımları); ürün geliştirme.	14 Hafta	Süreci doğrudan planlamaz; gerekli durumlarda danışman rolü üstlenir; süreci izler ve değerlendirir.	Proje konusunu belirler; özgün çözüm tasarlar; teknoloji kullanarak ürün geliştirir; ürününü test eder ve süreci değerlendirir.	Özgün proje ürünü (dürbün ve teleskop); sözlü sunum; final raporu.

Düzyey II'de gerçekleştirilen bir etkinlik Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere öğrenciler, güç kaynağı, ışık kaynağı ve prizmalar kullanarak bir deney düzenegi oluşturmuşlardır. Bu düzenek aracılığıyla ışığın prizmadan geçerken renklere ayrıldığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca kırmızı, mavi ve yeşil filtreler kullanarak ana renklerin birleşimiyle beyaz ışığın oluştuğunu belirlemişlerdir. Deney sonunda öğrenciler, gözlemledikleri bu olayları günlük yaşam ve çevreyle ilişkilendirmişlerdir.



Şekil 1. *STEM SOS Düzyey II Etkinliği (Işığın Renklere Ayrılması).*

Verilerin Analizi

Bu çalışmada, başarı ve tutum testi puanlarının STEM SOS modeline dayalı deneysel uygulama değişkenine göre farklılaşıp farklılaşmadığı incelenmiştir. Bu amaçla, analizlerde kullanılacak istatistiksel yonteme karar verebilmek için test puanlarının normal dağılım gösterip göstermediği değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizler kapsamında, deney ve kontrol gruplarından elde edilen veriler SPSS 28 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Özellikle küçük örneklemelerde ($n < 50$) verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yaygın olarak kullanılan Shapiro-Wilk testi tercih edilmiştir. Bu nedenle, çalışmada normallik varsayımını değerlendirmek için Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır. Deney ve kontrol gruplarına ilişkin normallik analizi sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. *Normallik Dağılımı Tablosu*

Ölçüm Aracı		Deney Grubu		Kontrol grubu	
		İstatistik	p	İstatistik	p
Başarı	Pre-test	0.826	0.002	0.838	0.003
	Post-test	0.926	0,116	0.839	0.003
	Retention test	0.900	0.035	0.836	0.002
STEM Tutum	Pre-test	0,879	0.006	0.906	0,047
	Post-test	0.836	0.002	0.907	0.048

Tabloda görüldüğü üzere, Shapiro-Wilk testi sonuçları incelendiğinde başarı testi deney grubu son test puanı dışında tüm ölçümlerde p değerlerinin .05'in altında olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, ilgili verilerin büyük ölçüde normal dağılım varsayımını karşılamadığını göstermektedir. Bu nedenle, gruplar arası karşılaştırmalarda parametrik olmayan Mann-Whitney U testi tercih edilmiştir.

Etik Bildirim

Etik Kurul İzni: Bu araştırma, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Sosyal ve Beşerî Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulunun 28.08.2025 tarihli ve 2025/18-31 sayılı kararı ile alınan izin doğrultusunda yürütülmüştür.

Yazar Çıkar Çatışması Bilgisi: Yazarların beyan edeceği bir çıkar çatışması yoktur..

Yazar Katkısı:1. yazar: Verilerin toplanması, verilerin SPSS programı aracılığıyla kodlanması, araştırma izinlerinin alınması ile yöntem ve tartışma bölümlerinin yazılması süreçlerine katkı sağlamıştır. 2 yazar: Araştırmanın tasarlanması, giriş bölümünün yazılması ve verilerin analiz edilmesi süreçlerine katkı sağlamıştır.

Bulgular

Bu bölümde, deney ve kontrol gruplarından elde edilen nicel verilerin SPSS programı kullanılarak yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Bulgular, akademik başarı testi ve STEM Tutum Ölçeği olmak üzere iki alt başlık altında sunulmuştur. İlk olarak, akademik başarı testine ilişkin ön test, son test ve uygulamadan yaklaşık bir ay sonra yapılan kalıcılık testi sonuçları ele alınmıştır. Ardından, her iki gruptan STEM Tutum Ölçeği aracılığıyla elde edilen verilere ilişkin bulgular sunulmuştur.

Akademik Başarıya İlişkin Bulgular

"Işığın Madde ile Etkileşimi" ünitesinde akademik başarı boyutuna ilişkin araştırma sorularından biri, STEM SOS modelinin uygulandığı deney grubu ile geleneksel öğretimin uygulandığı kontrol grubunun ön test ve son test puanları arasında deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemeye yöneliktir. Bu araştırma sorusunu test etmek amacıyla yapılan Mann-Whitney U testi sonuçları aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 4. Deney ve Kontrol Gruplarının Akademik Başarı Ön Test ve Son Test Puanlarına İlişkin Mann-Whitney U Testi Sonuçları

Test	Grup	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	p	r
Ön Test	Deney	20.9	439.00	208.00	0.751	
	Kontrol	22.1	464.00			
Son Test	Deney	25.74	540.50	131.50	0.025	0.35
	Kontrol	17.26	362.50			

Deney ve kontrol gruplarının akademik başarı puanlarına ilişkin Mann-Whitney U testi sonuçları, uygulama öncesinde gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir ($U = 208.00$, $p = .751$). Bu bulgu, deney ve kontrol gruplarının uygulama başlangıcında akademik başarı açısından benzer özelliklere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak uygulama sonrasında elde edilen son test puanları incelendiğinde, deney grubu lehine anlamlı bir fark belirlenmiştir ($U = 131.50$, $p = .025$, $r = .35$). Deney grubunun sıra ortalamasının kontrol grubuna göre daha yüksek olması, uygulanan öğretim sürecinin akademik başarı üzerinde olumlu ve orta düzeyde bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Deney ve kontrol gruplarında akademik başarıya ilişkin ön test, son test ve kalıcılık testi puanlarının grup içi karşılaştırma sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Deney ve Kontrol Gruplarında Akademik Başarı Ön Test, Son Test ve Kalıcılık Testi Puanlarının Grup İçi Karşılaştırma Sonuçları

Grup	Test	n	Sıra Ortalaması	χ^2	Serbestlik derecesi	P	W
Deney	Ön Test	21	1.6	14.00	2	0.001*	0.33
	Son Test	21	2.4				
	Kalıcılık Testi	21	2.1				
Kontrol	Ön Test	21	2.1	1.849	2	0.397	0.04
	Son Test	21	1.8				
	Kalıcılık Testi	21	2.1				

Elde edilen bulgular doğrultusunda (Tablo 5), ön test, son test ve kalıcılık testi akademik başarı puanlarına ilişkin deney ve kontrol gruplarının grup içi karşılaştırmaları Friedman testi kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, deney grubunda üç ölçüm arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu göstermiştir, $\chi^2(2) = 14.00$, $p = .001$, Kendall's $W = .33$. Bu bulgu, uygulanan öğretim sürecinin deney grubundaki öğrencilerin akademik başarı düzeyleri üzerinde anlamlı ve orta düzeyde bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Sıra ortalamaları incelendiğinde, deney grubunda en düşük sıra ortalamasının ön testte (1.6), en yüksek sıra ortalamasının ise son testte (2.4) olduğu görülmüştür. Kalıcılık testi sıra ortalaması (2.1), son testten düşük olmakla birlikte ön testten yüksektir. Bu durum, uygulama sonrasında akademik başarıda artış meydana geldiğini ve bu artışın kalıcılık testinde büyük ölçüde korunduğunu göstermektedir. Analiz sonuçları kontrol grubu açısından değerlendirildiğinde (Tablo 5), ön test, son test ve kalıcılık testi puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır, $\chi^2(2) = 1.849$, $p = .397$, Kendall's $W = .04$. Kendall's W değerinin düşük olması, etki büyüklüğünün çok küçük düzeyde olduğunu göstermektedir. Kontrol grubundaki sıra ortalamalarının birbirine yakın olması da akademik başarıda üç ölçüm arasında anlamlı bir değişim olmadığını desteklemektedir. Genel olarak bulgular, akademik başarıda anlamlı gelişimin yalnızca deney grubunda gerçekleştiğini göstermektedir.

STEM Tutumuna İlişkin Bulgular

"Işığın Madde ile Etkileşimi" ünitesinde STEM tutumu boyutuna ilişkin araştırma sorularından biri, STEM SOS modelinin uygulandığı deney grubu ile geleneksel öğretimin uygulandığı kontrol grubunun ön test ve son test puanları arasında deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığıdır. Bu araştırma sorusunu test etmek amacıyla yapılan Mann-Whitney U testi sonuçları aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 6. *Deney ve Kontrol Gruplarının STEM Tutumu Ön Test ve Son Test Puanlarına İlişkin Mann-Whitney U Testi Sonuçları*

Test	Grup	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	p	r
Ön Test	Deney	20.52	431.00	200.00	0.606	
	Kontrol	22.48	472.00			
Son Test	Deney	26.31	552.50	119.50	0.011*	0.39
	Kontrol	16.69	350.50			

Tablo 6'daki bulgular incelendiğinde, deney ve kontrol gruplarının STEM tutumu ön test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir (U = 200.00, p = .606). Bu sonuç, uygulama öncesinde grupların STEM tutumları bakımından benzer düzeyde olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, son test puanlarına ilişkin analiz sonuçları deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu ortaya koymuştur (U = 119.50, p = .011, r = .39). Sıra ortalamaları incelendiğinde, deney grubunun son test sıra ortalamasının (26.31), kontrol grubunun sıra ortalamasından (16.69) daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu bulgu, uygulanan öğretim sürecinin öğrencilerin STEM tutumlarını geliştirmede etkili olduğunu göstermektedir. Etki büyüklüğü değerinin (r = .39) ise bu etkinin orta düzeyde olduğunu ortaya koyduğu söylenebilir.

Deney ve kontrol gruplarının STEM tutumu puanlarına ilişkin grup içi karşılaştırma sonuçları Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7. *Deney ve Kontrol Gruplarının STEM Tutumu Puanlarına İlişkin Grup İçi Karşılaştırma Sonuçları*

Grup	Karşılaştırma	n	Z	p	r
Deney	Ön test-Son test	21	-3.725	< .001*	0.81
Kontrol	Ön test-Son test	21	-1.113	0.266	

Tablo 7'de deney ve kontrol gruplarının STEM tutum puanlarına ilişkin grup içi karşılaştırma sonuçları sunulmuştur. Deney grubunun STEM tutum ön test ve son test puanları karşılaştırıldığında, son test lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmiştir, Z = -3.725, p < .001, r = .81. Bu bulgu, STEM SOS modeline dayalı öğretim sürecinin öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarını anlamlı düzeyde geliştirdiğini göstermektedir. Buna karşılık, kontrol grubunun ön test ve son test STEM tutum puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır, Z = -1.113, p = .266. Bu sonuç, kontrol grubunda uygulanan öğretim sürecinin öğrencilerin STEM tutumlarında anlamlı bir değişim oluşturmadığını ortaya koymaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde, bulgular STEM tutumundaki anlamlı gelişmenin yalnızca deney grubunda gerçekleştiğini ve STEM SOS modelinin öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarını geliştirmede etkili olduğunu göstermektedir.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma kapsamında, "Işığın Madde ile Etkileşimi" ünitesinde STEM SOS modelinin aşamalarına göre yapılandırılan öğretim sürecinin öğrencilerin akademik başarıları ve STEM alanlarına yönelik tutumları üzerindeki etkisi iki alt problem çerçevesinde incelenmiştir. Bu bağlamda, mevcut fen bilimleri öğretim programına göre öğrenim gören kontrol grubu ile STEM SOS modeli etkinlikleriyle zenginleştirilmiş bir öğretim sürecine katılan deney grubu arasındaki farklılıklar ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Araştırma bulguları genel olarak değerlendirildiğinde, STEM SOS modeline dayalı öğretim sürecinin hem bilişsel hem de duyuşsal öğrenme çıktıları üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu görülmektedir.

Araştırmanın birinci alt problemi, STEM SOS modeline göre yapılandırılan öğretim sürecinin öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkisine odaklanmaktadır. Araştırma bulguları, akademik başarıdaki artışın STEM SOS modeline dayalı etkinliklerin uygulandığı deney grubunda daha yüksek olduğunu göstermektedir. Son test sonuçlarına dayalı grup karşılaştırmaları da akademik başarı açısından deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgu, STEM SOS modelinin sorgulamaya dayalı, proje temelli, disiplinler arası ve öğrenci merkezli yapısının fen öğrenme sürecini zenginleştirdiğini ve öğrencilerin akademik başarılarını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

STEM SOS modeline dayalı etkinliklerde öğrenciler, yalnızca hazır bilgiyi alan bireyler olmanın ötesine geçerek araştırma yapan, veri toplayan, verileri analiz eden, problem durumlarına çözüm üreten ve elde ettikleri bulguları ürün ya da sunumlar aracılığıyla ortaya koyan aktif öğrenenler hâline gelmektedir. Bu süreç,



öğrencilerin kavramları ezbere dayalı öğrenme yerine örnekler, uygulamalar, projeler ve gerçek yaşam problemleri aracılığıyla yapılandırılmalarına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle, deney grubu lehine gözlenen akademik başarı artışının, STEM SOS modelinin öğrencileri öğrenme sürecine aktif biçimde dâhil eden ve kavramsal anlamayı destekleyen yapısından kaynaklandığı söylenebilir.

STEM SOS modeline ilişkin alanyazın incelendiğinde, bu modelin ortaokul öğrencilerinin akademik başarıları üzerindeki etkisini başarı testleri gibi nicel ölçme araçlarıyla doğrudan inceleyen bir çalışmaya rastlanmadığı görülmektedir. Mevcut çalışmaların daha çok modelin kuramsal yapısını ve uygulama aşamalarını ele alan nitel araştırmalar, durum çalışmaları ya da analitik çalışmalar niteliğinde olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmalarda, STEM SOS modelinin öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılımını artırdığı; kavramsal anlamalarını, araştırma yapma eğilimlerini, öz güvenlerini, iletişim, iş birliği ve teknoloji kullanma becerilerini desteklediği belirtilmektedir (Akgül & Yıldırım, 2018; Şahin & Top, 2015; Selvi & Yıldırım, 2017; Tanrıöver, 2025). Bu nedenle, mevcut çalışmada elde edilen akademik başarı sonuçları; STEM SOS modeliyle kısmen benzer özellikler taşıyan bütünlük STEM, proje tabanlı öğrenme ve sorgulamaya dayalı öğrenme gibi STEM temelli öğretim yaklaşımlarına ilişkin araştırma bulgularıyla birlikte değerlendirilmiştir.

Bu bağlamda, mevcut çalışmada elde edilen sonuçlar; STEM temelli ve proje odaklı öğrenme süreçlerinin öğrencilerin akademik başarılarını artırdığını ortaya koyan Eroğlu ve Bektaş (2016), Kavacak (2018), Ceylan (2014), Yıldırım ve Selvi (2017), Hiğde (2018) ve Bentley (2021) tarafından yürütülen çalışmalarla tutarlılık göstermektedir. Ceylan'ın (2014) çalışmasında, STEM temelli etkinliklerin uygulandığı deney grubundaki öğrencilerin akademik başarı düzeylerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, Yıldırım ve Selvi (2017) ortaokul öğrencileriyle gerçekleştirdikleri çalışmalarında STEM uygulamalarının fen derslerindeki akademik başarıyı olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Hiğde'nin (2018) araştırmasında da STEM temelli etkinliklerin öğrencilerin akademik başarılarında ve STEM öğrenme stratejilerinde anlamlı gelişmelere katkı sağladığı belirtilmiştir.

Literatürde ilgili çalışmalar, STEM temelli etkinliklerin ortaokul öğrencilerinin akademik başarı testi puanları üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceğini göstermektedir. Bu çerçevede, STEM SOS modelinin de ortaokul öğrencilerinin fen bilimleri akademik başarı testi puanlarını artırmada etkili olabileceği değerlendirilmektedir. Mevcut çalışmada akademik başarıya ilişkin elde edilen bulgular ile diğer STEM yaklaşım ve uygulamalarına yönelik araştırma sonuçları arasındaki tutarlılık, STEM SOS modelinin fen eğitiminde bilişsel öğrenme çıktılarının geliştirilmesine katkı sağlayan bir yaklaşım olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, bu çıkarımın daha güçlü biçimde desteklenebilmesi için STEM SOS modelini ortaokul düzeyinde akademik başarı testi sonuçları bağlamında doğrudan inceleyen daha fazla ampirik çalışmaya ihtiyaç vardır.

Araştırmanın ikinci alt problemi, STEM SOS modeline göre yapılandırılan öğretim sürecinin öğrencilerin STEM alanlarına yönelik tutumları üzerindeki etkisini incelemektedir. Araştırma bulguları, STEM SOS modeline dayalı etkinliklerin öğrencilerin STEM alanlarına yönelik tutumları üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Son test sonuçlarına dayalı grup karşılaştırmaları, STEM tutumları açısından deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgu, öğrencilerin araştırma, sorgulama, tasarım geliştirme, ürün oluşturma ve sunum yapma süreçlerine aktif katılımlarının STEM alanlarına yönelik ilgi ve motivasyonlarını artırdığını düşündürmektedir.

STEM SOS modelinin yapısı gereği öğrenciler, öğrenme sürecinde yalnızca bilimsel bilgi edinmekle kalmamakta; aynı zamanda teknolojiyi kullanma, mühendislik tasarımı yapma, problem çözme, iş birliği içinde çalışma ve ürün geliştirme gibi süreçlere de katılmaktadır. Bu süreçlerin, öğrencilerin STEM disiplinlerini daha anlamlı, uygulanabilir ve günlük yaşamla ilişkili olarak algılamalarına katkı sağladığı söylenebilir. Özellikle STEM içeriklerinin gerçek yaşam bağlamlarıyla ilişkilendirilmiş somut projeler aracılığıyla sunulması, öğrencilerin STEM alanlarına yönelik olumlu tutum geliştirmelerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, deney grubunun STEM tutumu puanlarında gözlenen olumlu değişim, STEM SOS modelinin öğrencilerin STEM alanlarına yönelik ilgilerini artıran ve bu alanlara ilişkin olumlu algı geliştirmelerini destekleyen yapısıyla açıklanabilir.

STEM SOS modeli üzerine yapılan çalışmalar da bu yorumları desteklemektedir. Şahin ve Top (2015), STEM SOS modelinin öğrencilerin STEM konularına ilişkin kavramsal anlamalarını geliştirmenin yanı sıra STEM'e yönelik

ilgilerini, araştırma yapma eğilimlerini, öz güvenlerini, iletişim, iş birliği ve yaşam/kariyer becerilerini de artırdığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Akgül ve Yıldırım (2018), STEM SOS modeline uygun olarak tasarlanan projelerin öğrencilerin ilgi ve motivasyonlarını, öz güvenlerini, sunum becerilerini ve araştırma becerilerini geliştirdiğini belirlemiştir. Tanrıöver (2025) ise STEM SOS modelinin öğrencilerin gerçek yaşam problemlerine dayalı disiplinler arası ürünler geliştirmelerini desteklediğini ve STEM alanlarına yönelik ilgilerini ve kariyer farkındalıklarını artırabilecek etkili bir eğitim yaklaşımı sunduğunu vurgulamıştır. Bu çalışmalar, STEM SOS modelinin yalnızca öğrencilerin bilişsel öğrenme çıktıları üzerinde değil, aynı zamanda STEM alanlarına yönelik duyuşsal özellikleri üzerinde de geliştirici bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte, STEM SOS modelinin ortaokul öğrencilerinin STEM'e yönelik tutumları üzerindeki etkisini doğrudan inceleyen çalışmaların sınırlı olması nedeniyle, mevcut çalışmanın bulguları STEM SOS modeliyle benzer özellikler taşıyan bütünleşik STEM, proje tabanlı öğrenme ve mühendislik tasarımına dayalı STEM uygulamalarına ilişkin araştırmalarla da desteklenmiştir. Bu bağlamda elde edilen bulgular, Kavacık (2018), Aydın ve Karşlı Baydere (2019), Yavuz (2019) ve Bekerci (2022) tarafından yürütülen çalışmalarla tutarlılık göstermektedir. Kavacık'ın (2018) çalışmasında, mühendislik ve tasarım becerilerinin fen derslerine entegre edildiği STEM etkinliklerinin öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarını olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Aydın ve Karşlı Baydere (2019), mühendislik tasarım sürecine dayalı olarak geliştirilen "Karışımların Ayrılması" başlıklı STEM etkinliğinin öğrencilerin STEM'e ve ilgili içerik alanlarına yönelik tutumlarını artırdığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Yavuz'un (2019) çalışmasında dördüncü sınıf düzeyinde uygulanan STEM etkinliklerinin öğrencilerin STEM'e yönelik tutumları üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu görülmüştür. Bekerci'nin (2022) doktora tezinde ise proje tabanlı öğrenme modeline uygun olarak tasarlanan STEM etkinliklerinin sekizinci sınıf öğrencilerinin STEM'e yönelik tutumlarında anlamlı bir artış sağladığı belirlenmiştir. Söz konusu çalışmalar, STEM etkinliklerinin ortaokul öğrencilerinin STEM'e yönelik tutumları üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, STEM SOS modelinin de ortaokul öğrencilerinin fen bilimlerine ve STEM alanlarına yönelik tutumlarını olumlu yönde etkileyebileceği değerlendirilmektedir. Ancak bu çıkarımın daha güçlü biçimde desteklenebilmesi için ortaokul düzeyinde doğrudan STEM SOS modeline odaklanan daha fazla ampirik çalışmaya ihtiyaç vardır.

Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, akademik başarı ve STEM'e yönelik tutum açısından deney grubu lehine elde edilen istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların; STEM SOS modelinin öğrencilere aktif katılım, araştırma yapma, tasarım geliştirme, iş birliği içinde çalışma ve somut ürünler ortaya koyma fırsatları sunan yapısından kaynaklandığı söylenebilir. Sonuç olarak, STEM SOS modeline dayalı olarak yürütülen etkinliklerin öğrencilerin bilişsel ve duyuşsal öğrenme çıktıları üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu görülmektedir. Modelin sorgulamaya dayalı, disiplinler arası, proje temelli ve öğrenci merkezli yapısı; öğrencilerin kuramsal bilgileri gerçek yaşam problemleriyle ilişkilendirmelerine, "Işığın Madde ile Etkileşimi" ünitesine ilişkin kavramsal öğrenmelerini derinleştirmelerine ve fen bilgilerini mühendislik tasarım süreçleriyle bütünleştirmelerine katkı sağlamıştır. Bunun yanı sıra, bu süreç öğrencilerin fen derslerine yönelik ilgilerini artırmış; motivasyon, öz güven, merak, yenilikçilik ve sorgulama gibi özelliklerinin gelişimini desteklemiştir. Bu yönüyle mevcut çalışmanın, STEM SOS modelinin ortaokul fen eğitiminde hem akademik başarıyı hem de STEM'e yönelik tutumu geliştirmede etkili ve işlevsel bir yaklaşım olduğunu göstermesi bakımından ilgili alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Öneriler ve Sınırlılıklar

Bu araştırmanın bulguları ve sınırlılıkları dikkate alındığında, STEM SOS modelinin fen eğitimi kapsamında farklı okul türlerinde, sınıf düzeylerinde ve konu alanlarında etkililiğini inceleyen yeni araştırmaların yapılması önerilmektedir. Araştırmanın yalnızca bir okulda, 42 öğrenciyle ve "Işığın Madde ile Etkileşimi" ünitesiyle sınırlı olarak yürütülmüş olması, elde edilen bulguların genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, gelecekte yapılacak çalışmalarda daha geniş ve daha çeşitli örneklemelere yer verilmesi önem taşımaktadır. Ayrıca, STEM SOS modelinin öğrencilerin akademik başarıları, tutumları ve öğrenme süreçleri üzerindeki etkilerinin daha kapsamlı biçimde ortaya konulabilmesi için gelecekteki araştırmaların yalnızca nicel veri toplama araçlarıyla değil; görüşme, gözlem ve öğrenci ürünleri gibi nitel veri kaynaklarıyla da desteklenmesi önerilmektedir.

References

- Açıılı Çelik, S. (2022). STEM etkinliklerinin ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerine, eleştirel düşüncelerine ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisinin araştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 56, 287–313
- Akgül, N., & Yıldırım, B. (2018). Research on the effect of STEM SOS model in terms of different variables. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 5(2), 316–326.
- Al Hamad, N. M., Adewusi, O. E., Unachukwu, C. C., Osawaru, B., & Chisom, O. N. (2024). A review on the innovative approaches to STEM education. *International Journal of Science and Research Archive*, 11(1), 244–252.
- Aydın, E., & Karslı Baydere, F. (2019). Yedinci sınıf öğrencilerinin STEM etkinlikleri hakkındaki görüşleri: Karışımların ayrıştırılması örneği. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38(1), 35–52.
- Baltabıyık, D. Y., & Duru, M. K. (2021). STEM uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin kavramsal anlama ve bilimsel yaratıcılıklarına etkisi. *Araştırma ve Deneyim Dergisi (ADEDER)*, 6 (1) 22-33
- Bekereci, Ü. (2022). *STEM öğrenme modelinde proje tabanlı öğrenme yöntemi ve istasyon tekniği kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına, kalıcılığa ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisi* (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Bekereci, Ü., & Hamzaoğlu, E. (2024). STEM eğitiminde proje tabanlı öğrenme yöntemi kullanımının bilgilerin kalıcılığına ve STEM'e yönelik tutuma etkisi. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(2), 1029–1048.
- Bentley, J. (2021). *The impact of STEM education on elementary school math and science achievement* (Doctoral dissertation, Order No. 28647841). ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Büyüköztürk, Ş. (2021). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: İstatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum* (28. baskı). Pegem Akademi.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2012). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı*. Pegem Akademi.
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. *National Science Teachers Association*.
- Can, C., & Akgün, F. (2025). "Işığın madde ile etkileşimi" ünitesi başarı testi geliştirme: Geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 74, 112–136.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach* (2nd ed.). Sense Publishers.
- Ceylan, S. (2014). *Ortaokul fen bilimleri dersindeki asitler ve bazlar konusunda FeTeMM yaklaşımı ile öğretim tasarımı hazırlanmasına yönelik bir çalışma* (Yüksek lisans tezi). Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Dede, H. (2022). Evaluation of STEM SOS model: Pre-service science teachers' opinions. *International Journal of Progressive Education*, 18(3), 44–56. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2022.439.4>.
- Doğan, B., & Robin, B. (2015). Technology's role in STEM education and the STEM SOS model. In A. Şahin (Ed.), *A practice-based model of STEM teaching* (pp. 75–91). Sense Publishers.
- Durkaya, F., & Aydoslu, M. (2021). *Ortaokul öğrencilerinin ıçık ve yansıma hakkındaki bilişsel yapılarının ve kavram yanlışlarının alternatif ölçme ve değerlendirme teknikleri kullanılarak tespit edilmesi*. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Eğitim Dergisi, 6(2), 78–103.
- Erdogan, N., & Bozeman, T. D. (2015). Models of project-based learning for the 21st century. In A. Sahin (Ed.), *A practice-based model of STEM teaching: STEM students on the stage (S.O.S.)* (pp. 31–42). Sense Publishers.

- Eroğlu, S., & Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri oğretmenlerinin STEM temelli ders etkinlikleri hakkındaki grşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 43–67.
- Faber, M., Unfried, A., Wiebe, E. N., Corn, J., Townsend, L. W., & Collins, T. L. (2013). Student attitudes toward STEM: The development of upper elementary school and middle/high school student surveys. *Proceedings of the 120th ASEE Annual Conference & Exposition*, Atlanta, GA.
- Gencer, A. S., Doğan, H., Bilen, K., & Can, B. (2019). Btnleşik STEM eğitimi modelleri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 45, 38–55.
- Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer* (CRS Report No. R42642). Congressional Research Service.
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2015). How STEM project-based learning affects students differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1089–1113. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9526-0>
- Hiğde, E. (2018). *Ortaokul 7. sınıf oğrencileri iin hazırlanan STEM etkinliklerinin farklı değişkenlere yönelik etkisinin incelenmesi* (Doktora tezi). Adnan Menderes Üniversitesi.
- Kavacık, İ. (2018). *STEM uygulamalarının oğrencilerin oğrenme yaklaşımlarına, sorgulayıcı oğrenme becerisi algularına ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisi* (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi.
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246–258.
- Larson, L. C., & Miller, T. N. (2011). 21st century skills: Prepare students for the future. *Kappa Delta Pi Record*, 47(3), 121–123. <https://doi.org/10.1080/00228958.2011.10516575>
- Martinez-Borreguero, G., Naranjo-Correa, F. L., & Mateos-Núñez, M. (2022). Development of STEM instructional resources for teaching optics to teachers-in-training. *Education Sciences*, 12(186), 1–17. <https://doi.org/10.3390/educsci12030186>
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K–12 STEM education. In J. J. Kolodner et al. (Eds.), *Engineering in pre-college settings* (pp. 35–60). Purdue University Press.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research & evaluation methods* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Selvi, M., & Yıldıırım, B. (2017). STEM teaching and learning models: 5E learning model, project-based learning, and STEM SOS model. In S. epni (Ed.), *STEM+A + E education: From theory to practice* (pp. 203–236). Pegem Academy
- Sevim, S., Uysal, İ., & Demirci, E. (2021). Fen bilimleri dersi 5. sınıf "Işığın yayılması" nitesine yönelik başarı testi geliştirme alışması. *Caucasian Journal of Science*, 8(2), 224–246. <https://doi.org/10.48138/cjo.644364>
- şahin, A. (Ed.). (2015). *A practice-based model of STEM teaching: STEM students on the stage (SOS)*. Sense Publishers.
- şahin, A., & Top, N. (2015). STEM students on the stage (SOS): Promoting student voice and choice in STEM education through an interdisciplinary, standards-focused, project based learning approach. *Journal of STEM Education*, 16(3), 24–33
- Tanrıöver, S. (2025). STEM SOS modeli: Proje tabanlı ve araştırma temelli oğrenmenin btnleşik bir yaklaşımı. In M. Ersoy (Ed.), *Eğitim bilimleri alanında akademik araştırmalar* (ss. 1–12). zgr Yayınları.
- Turgut, M. F., & Baykul, Y. (2012). *Eğitimde lme ve değerlendirme*. Pegem Akademi.
- ltay, N., & zkurt, İ. (2025). The impact of 4th grade students' learning about magnetism through STEM activities on success, 21st century skills, and perspectives. *Research in Science & Technological Education*, 43(3), 951–975

- Villaruz, E. J., Cardona, M. C. F., Buan, A. T., Barquilla, M. B., & Yuenyong, C. (2019). Ice cream STEM education learning activity: Inquiry from the context. *Journal of Physics*, 1340(1), e012092.
- Yanar, S., Saylan Kırmızıgül, A., & Kaya, H. (2019). 6. sınıf ışık ve ses konusuna yönelik başarı testi geliştirme çalışması. *SDU International Journal of Educational Studies*, 6(2), 53–72.
- Yavuz, Ü. (2019). *İlkokul fen bilimleri dersinin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) etkinlikleri ile işlenmesi* [Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Yıldırım, B., & Altun, Y. (2015). STEM eğitim ve mühendislik uygulamalarının fen bilgisi laboratuvar dersindeki etkilerinin incelenmesi. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 28–40.
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2015). Adaptation of STEM attitude scale to Turkish. *Turkish Studies*, 10(3), 1117–1130.
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2017). STEM uygulamaları ve tam öğrenmenin etkileri üzerine deneysel bir çalışma. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 13(2), 183–210.