

Improving the learning of subatomic structures through the use of technology and educational-participatory games for junior high school students

1. Fatemeh Sharifzadeh¹: Chemistry Secretary, Ferdows Department of Education, South Khorasan, Iran
2. Zahra Ahmadabadi^{2*}: Department of Chemistry Education, Farhangian University, PO Box 889-14665, Tehran, Iran

*Corresponding Author's Email Address: z.ahmadabadi@cfu.ac.ir



How to Cite: Sharifzadeh, F., & Ahmadabadi, Z. (2025). Improving the learning of subatomic structures through the use of technology and educational-participatory games for junior high school students. *Research in Chemistry Education*, 7(4), 49-66.

DOI: [10.22034/ijpp.2025.2021841.477](https://doi.org/10.22034/ijpp.2025.2021841.477)

Abstract:

Background and Objectives: Teaching and learning chemistry face challenges due to the abstract nature of many of its concepts including atomic structure and chemical bonds, leading to lack of motivation and misconceptions. Therefore, there is a need to use new and creative methods in chemistry education. The aim of this study is to examine the effectiveness of teaching subatomic structures in eighth-grade science classes using a combination of technology, educational games, and interactive and participatory methods in science education at senior high school level. **Methods:** This study was conducted using action research methods following an observational and reflective approach. The statistical population consisted of three senior high school students who were selected based on their needs, willingness, and ability to attend after-school sessions. Initially, a pre-test consisting of various questions was administered to assess the students' initial level of knowledge. Then, a new teaching strategy was designed and implemented, which included the use of animations, educational films, 2D and 3D media, as well as educational software and games, simulations, and group and participatory learning methods. After re-teaching, a post-test was conducted to evaluate learning and the effectiveness of the teaching strategies being utilized. **Findings:** The results showed that these methods significantly improved scores, increased motivation, addressed misconceptions, and led to a deeper understanding of scientific concepts. **Conclusion:** Therefore, it is recommended that teachers and educational planners pay more attention to these methods and incorporate them into their teaching processes.

Keywords: Experimental science education, Teaching strategy, Group learning, Collaborative learning, Educational technologies.



© 2025 the authors. Published by Farhangian University. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

Extended Abstract

Introduction

The transmission of scientific knowledge enhances public awareness, which, in turn, fosters critical and creative thinking (Keshavarz & Moshk Bid, 1402). Effective learning occurs when new information is connected to students' prior knowledge (Gabel, 1999). Students typically enter the learning process with preconceived notions about the natural world, which can sometimes lead to misconceptions (Rahmati Hasan Abadi & Paydar, 1402). Teaching chemistry faces challenges due to the abstract nature of concepts like atomic structure and chemical bonds. These challenges include misconceptions and low motivation among students. Some factors such as teachers, traditional teacher-centered methods, complex textbook content, and lack of student interest in the subject lead to the development of misconceptions. Teaching methods, as one of the main pillars of the educational process, significantly influence learning and understanding of scientific concepts (Redhana et al, 2017). These methods should be designed to engage students and encourage them to think critically and creatively. By improving these methods and adopting appropriate strategies, learning can become more effective. Modern teaching methods, particularly collaborative teaching and activity-based learning, significantly enhance students' communication skills, critical thinking, and deep learning. Collaborative teaching fosters a participatory environment and promotes responsibility (Anwer, 2019). Additionally, the educational technologies such as simulations and educational games are effective tools for correcting misconceptions and presenting complex concepts. These tools provide an opportunity for a more engaging and in-depth learning experience (Keshavarz & Amani, 1402). This study examines the effectiveness of teaching the subatomic structures topic of eighth-grade science using interactive and collaborative strategies alongside technology tools like animations, educational games, and simulations.

Methodology

This study was conducted using an action research method with an observation and reflective thinking approach in the teaching domain of subatomic structures in experimental science (Grade 8 Science with the title 'What's Going on Inside the Atom?'). The participants included three 8th-grade students who were selected based on their needs, interests, and availability outside of regular class hours. In the first phase of the study, an initial assessment was carried out to evaluate the students' prior knowledge and to identify their academic problem. This assessment involved a pre-test on the topic of subatomic structures. The pre-test included various types of questions such as true/false, multiple-choice, descriptive, drawing, and computational problems. After identifying the problems, strategies were designed and implemented to improve the current situation and enhance students' learning outcomes. With the participation of the students, the characteristics of the three particles—proton, neutron, and electron—were reviewed and summarized in a table. In the third stage, animations and educational videos were used to increase attractiveness of teaching. In the fourth stage, images of hydrogen and phosphorus isotopes were displayed, and several questions were provided as exercises for the students. In the fifth stage, students collaboratively completed incomplete informational cards related to various elements. These cards included the atomic number, mass number, chemical symbol, and the number of protons, neutrons, and electrons of the elements. In the sixth stage, the PhET simulation website, which contains educational content and games about various scientific topics, was introduced. The students were tasked with completing the challenges in the 'Build an Atom' section. Finally, a post-test was conducted to assess students' learning and the effectiveness of the teaching strategies being used. The post-test results were compared and analyzed against the pre-test results. Additionally, to ensure the validity and reliability of the pre-test and post-test questions, consultations were held with

an educational evaluation and assessment expert as well as two experienced teachers in this subject and the validity and reliability of the tests were confirmed.

Results and Discussion

Understanding abstract concepts in chemistry education, especially those related to subatomic structure, involves numerous challenges. These challenges highlight the need for innovative teaching methods. One effective approach is utilizing simulations, educational games, and graphical demonstrations, which can facilitate learning among students. The primary goal of this research was to design learning activities based on group collaboration, simulations, visualization, dynamic graphical representations, and the use of educational games. These activities were focused on topics such as determining the number of subatomic particles, the capacity of electron shells, and isotopes. These methods aimed to promote deeper and more sustainable understanding among students while preventing misconceptions.

In the first stage, a pre-test was conducted to assess the initial knowledge level of three students. In the pre-test, all three students performed poorly in answering descriptive and conceptual questions. These results indicated the need for a change in teaching methods to achieve a more profound understanding of the concepts. Subsequently, the topics were re-taught using interactive and collaborative methods. With the students' cooperation, the characteristics of subatomic particles, including protons, neutrons, and electrons, were compiled into a table. Then, using animations, the formation of positive and negative ions, the process of electron transfer, and the formation of an ionic bond between sodium and chlorine were depicted. These demonstrations not only added more appeal to the class but also helped students better comprehend the concept of electron transfer. Additionally, images of hydrogen and phosphorus isotopes were displayed, and students were asked to answer several questions. Following this, students' answers were reviewed and discussed, providing opportunities to explain mistakes. Students were then asked to explain their answers to other group members and identify the reasons behind their errors. Assigning responsibility of learning to students strengthened their confidence, motivation, and engagement in the teaching-learning process. This helped foster better understanding and correct misconceptions. To review and reinforce the learned lessons, students worked collaboratively to complete information cards for various elements, which included atomic number, mass number, the number of subatomic particles, and chemical symbols. These activities not only increased student interaction and collaboration but also boosted their motivation and enthusiasm. Furthermore, the PhET simulator website, which includes educational tools and games about atomic structure, was utilized. This website provides interactive and visual simulations in various scientific fields, especially physics, chemistry, biology, and mathematics. These simulations help students and teachers gain a better understanding of scientific concepts while actively participating in the learning process. Educational games allowed students to assess their learning, identify strengths and weaknesses, and improve their skills in calculating the number of subatomic particles within an engaging and active learning environment. This approach enabled students not only to retain and comprehend the content but also to develop the ability to analyze and apply these concepts in real-world situations.

Finally, a post-test was designed to evaluate the learning process and measure students' understanding. This assessment included multiple-choice, descriptive, and computational questions. The results showed significant improvement in the learning of all three students. At the end of the assessment, the correct answers were explained, and the students' errors were clarified. Analysis of students' scores in the pre-test and post-test indicated notable progress in their understanding. This set of actions resulted in increased confidence, interaction, and motivation among students, ultimately leading to deeper and more lasting learning. (Table 1)

Table 1- Comparison of the initial and final test results of the three students under study based on percentages.

Percentage of Correct Answers Student Name	pre-test	post-test
Asma	80	100
Elham	55	100
Razieh	45	87.5

Conclusions

The results of this study demonstrate that employing creative and interactive teaching methods, including the use of media technologies such as animations, dynamic and static graphical images, simulations, and group-based collaborative activities, improves students' scores. These methods enhance student interaction, motivation, and critical thinking skills, leading to a deeper understanding of concepts and the resolution of misconceptions. One key advantage of these methods is their ability to make abstract topics more tangible and engaging through visualization and interaction. Collaborative learning also fosters increased student interaction, strengthens responsibility, and improves confidence and participation. However, implementing these methods requires meticulous planning, access to technological resources, and additional time investment from both teachers and students. Additionally, reliance on the tools such as PhET simulations may present challenges due to technical limitations or lack of access to the internet and computers. Generally, when these methods are employed and combined with traditional teaching approaches, they significantly improve learning outcomes. It is recommended that teachers and educational planners pay more attention to these methods and incorporate them into their teaching practices. This approach could lead to substantial improvements in the quality of chemistry education and learning.

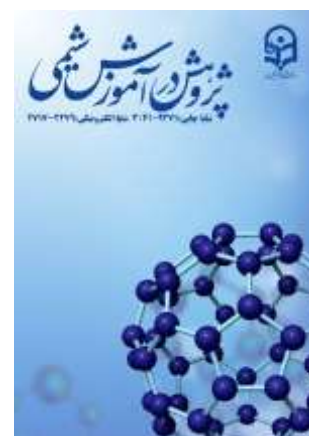
بهبود یادگیری ساختارهای زیراتمی با بهره‌گیری از فناوری و بازی‌های آموزشی-مشارکتی برای دانش‌آموزان دوره اول متوسطه

۱. فاطمه شریف‌زاده[✉]: دبیر شیمی، اداره آموزش و پرورش شهرستان فردوس، خراسان جنوبی، ایران

۲. زهرا احمدآبادی[✉]: گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵ تهران، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: z.ahmadabadi@cfu.ac.ir

چکیده



پیشینه و اهداف: آموزش و یادگیری علم شیمی به دلیل انتزاعی بودن بسیاری از مفاهیم آن، مانند ساختار اتم و پیوندهای شیمیایی با چالش‌هایی از جمله عدم انگیزه و ایجاد کج‌فهمی مواجه است. بنابراین نیاز به استفاده از روش‌های جدید و خلاقانه در آموزش آن احساس می‌شود. هدف این پژوهش، بررسی اثربخشی تدریس مبحث ساختارهای زیراتمی درس علوم تجربی پایه هشتم، با استفاده از روش‌های ترکیبی شامل فناوری و بازی آموزشی و روش‌های تعاملی و مشارکتی در درس علوم تجربی دوره اول متوسطه است. **روش:** این پژوهش با روش اقدام‌پژوهی و رویکرد مشاهده و تفکر تاملی انجام شد. جامعه آماری، شامل سه دانش‌آموز دوره اول متوسطه بود که براساس نیاز، تمایل و امکان حضور بعد از ساعت آموزشی انتخاب شدند. ابتدا، پیش‌آزمونی شامل سوالات متنوع برای سنجش سطح دانش اولیه دانش‌آموزان برگزار شد. سپس، یک راهبرد جدید تدریس شامل استفاده از پویانمایی، فیلم‌های آموزشی، رسانه‌های دو بعدی و سه بعدی، همچنین نرم‌افزارها و بازی‌های آموزشی، شبیه‌سازی و تدریس به روش یادگیری گروهی و مشارکتی طراحی و اجرا شد. پس از تدریس مجدد، پس‌آزمونی برای ارزیابی میزان یادگیری دانش‌آموزان و اثربخشی راهبردهای تدریس به‌کارگرفته شده، برگزار شد. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد، این روش‌ها، به بهبود نمرات، افزایش انگیزه، رفع کج‌فهمی و درک عمیق مفاهیم علمی کمک کرده است. **نتیجه‌گیری:** بنابراین، پیشنهاد می‌شود که معلمان و برنامه‌ریزان آموزشی به این روش‌ها توجه بیشتری داشته باشند و آن‌ها را در فرآیند تدریس خود به‌کار گیرند.

کلیدواژگان: آموزش علوم تجربی، راهبرد تدریس، یادگیری گروهی، یادگیری مشارکتی، فناوری‌های آموزشی.

نحوه استناددهی: شریف‌زاده، فاطمه، و احمدآبادی، زهرا. (۱۴۰۴). بهبود یادگیری ساختارهای زیراتمی با بهره‌گیری از فناوری و بازی‌های آموزشی-مشارکتی برای دانش‌آموزان دوره اول متوسطه. پژوهش در آموزش شیمی، ۷(۴)، ۶۶-۴۹.

DOI:

10.22034/ijpp.2025.2021841.477



مقدمه

آموزش علوم و علم شیمی به طور خاص ابزاری برای توسعه ملی است و نقش مهمی در کیفیت تحقیقات علوم دارد (چان و همکاران^۱، ۲۰۲۴). یکی از چالش‌های مهم در آموزش شیمی کج‌فهمی است. کج‌فهمی یا بدفهمی به هر نوع تصور اشتباه مفاهیم علمی اطلاق می‌شود که به شکل‌گیری دانسته‌های غیر علمی، مفاهیم درهم و نظریه‌هایی بدون ریشه علمی منجر می‌شود. کج‌فهمی نه تنها در علم شیمی بلکه در سایر رشته‌ها و سطوح مختلف آموزش مسبب مشکلات زیادی برای دبیران و دانش‌آموزان است. چنانچه موضوع موردنظر از نظر علمی و انتزاعی از مفاهیم غیر قابل درک و مشاهده برای فراگیران باشد شناخت کج‌فهمی‌ها و راه‌های مقابله و پیشگیری از آن بسیار ضروری تر خواهد بود (صالحی اول و بهرامی مداح، ۲۰۲۲). برای پیش‌بینی رفتار گازه‌ها که از مفاهیم مهم شیمی محسوب می‌شوند، نخست باید معلم تصور درستی از گاز ایده‌آل، گاز کامل و گاز حقیقی (واقعی) داشته باشد. ارائه ناکافی اطلاعات در مطالب درسی می‌تواند سبب تصورات غلط مفاهیم انتزاعی در معلمان شود که توجه به این امر بسیار مهم است؛ زیرا معلمان نمی‌توانند به دانش‌آموزان خود کمک کنند تا آنچه را که خودشان درک نکرده‌اند را درک کنند (کوئیلز-پاردو^۲، ۱۹۹۵).

مطالعات پژوهشگران نشان می‌دهد از جمله راه‌هایی که به ارتقای یادگیری اثربخش در یک جامعه آماری و کاهش چشمگیر کج‌فهمی و بدفهمی می‌انجامد، تدریس مطابق با روش‌های نوین و فعال آموزش است (موفیت و فوزان^۳، ۲۰۲۳). آموزش صحیح باید به دانش‌آموزان کمک کند که علاوه بر درک درست آنچه که یاد می‌گیرند چگونگی مسیر یادگیری آن را نیز درک نمایند، که این موضوع با رویکردهای نوین آموزش نظیر کاوشگری و تلفیق مفاهیم در چارچوب STEM^۴ میسر خواهد شد (صلیحا و همکاران^۵، ۲۰۲۴، عبدالله میرزایی و همکاران، ۱۳۹۷). در کاوشگری هدایت شده یادگیری به واسطه مشاهدات علمی آزمایش‌ها و تفکر انتقادی تسهیل می‌شود. اجرا و طراحی فعالیت‌های مناسب موجب ارتقای مهارت‌های ذهنی و دست‌ورزی دانش‌آموزان می‌شود (عبدالله میرزایی و همکاران، ۱۳۹۷). کشورهای پیشرفته در تلاش‌اند آموزش را به سمتی سوق دهند که شهروندانی کارآمد و خلاق تربیت کنند. رویکرد STEM به عنوان راهی برای توسعه نیروی کار واجد شرایط و مجهز به مهارت‌های قرن بیست و یکم در نظر گرفته می‌شود. به همین دلیل است که مربیان علوم، محققان و سیاستمداران به طور مداوم در تلاش برای بهبود مسیر آموزش به کمک رویکرد STEM هستند. برای نیل به آموزش اثربخش مفاهیم به کمک رویکرد STEM، بایستی محتوای اصولی و کاربردی مبتنی بر اهداف آموزشی و دربرگیرنده فعالیت‌های مکمل طراحی شوند (شاهین^۶ و همکاران، ۲۰۲۴).

هدف پژوهش حاضر طراحی مفاهیم علمی مربوط به رفتار گازه‌ها به شکل کاوشگرانه و مبتنی بر رویکرد STEM می‌باشد. در این راستا محتوایی فعال با به کارگیری فعالیت‌های تجربی برگرفته از روزمره‌های آشنا در زندگی برای آموزش هر چه بهتر چهار قانون مهم بویل، شارل، آمونتون و آوگادرو طراحی گردید تا در اختیار دبیران شیمی و دانش‌آموزان قرار گیرد.

¹ Chan² Quilez-Pardo³ Mufit & Fauzan⁴ STEM: Science, Technology, Engineering, and Mathematics⁵ Solihah⁶ Şahin

ترویج علم به عنوان یک ضرورت اجتماعی، به فرایند انتقال و گسترش دانش علمی در میان افراد جامعه اشاره دارد. این امر نه تنها به افزایش آگاهی عمومی کمک می‌کند، بلکه موجب شکل‌گیری تفکر انتقادی و خلاق در میان افراد می‌شود. در دنیای امروز، که اطلاعات به سرعت در حال تغییر و گسترش است، ایجاد فضاهای یادگیری جذاب و پویا برای ارتقای فرهنگ علمی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (کشاورز و مشک بید، ۱۴۰۲).

شناخت نحوه یادگیری دانش‌آموزان می‌تواند به معلمان یاری رساند تا راهبردهای بهتری برای تدریس ارائه دهند. تجربه‌های یادگیری باید به گونه‌ای طراحی شوند که افراد بتوانند بین موضوعات مختلف یادگیری ارتباط برقرار کنند و اینگونه به فهم عمیق و حل مسائل زندگی واقعی دست یابند (آقازاده، ۱۴۰۲). معلم باید آگاه باشد که نمی‌توان دانش را به طور مستقیم از ذهن خود به ذهن دانش‌آموزان منتقل کرد. دانش‌آموزان عموماً با ذهن‌های خالی نیستند، بلکه آنها ایده‌هایی در مورد طبیعت و محیط اطراف خود دارند (ردهانا^۱ و دیگران، ۲۰۱۷). پیش‌دانسته‌ها حاصل تجربیات روزمره، مشاهده پدیده‌های علمی و کاربرد علم در زندگی روزانه هستند که بر فرایند یاددهی-یادگیری تأثیر می‌گذارند. بسیاری از این پیش‌دانسته‌ها می‌توانند، مانع درک مفاهیم علمی شوند (رحمتی حسن‌آبادی و پایدار، ۱۴۰۲). یادگیری مؤثر زمانی اتفاق می‌افتد که اطلاعات جدید با اطلاعات قبلی ارتباط برقرار کند، سپس شبکه‌های موجود گسترش یافته و یادگیرنده از دیدن چگونگی ارتباط مفاهیم در کنار یکدیگر و تفسیر جهان شگفت‌زده می‌شود (گابل^۲، ۱۹۹۹).

آگاهی معلمان از دانش کافی درباره دانش‌آموزان، موضوع تدریس و روش‌های تدریس مناسب، رمز موفقیت آن‌ها در تدریس اثربخش است (پاسینی، ۱۳۹۸). روش‌های تدریس به عنوان یکی از ارکان اصلی فرآیند آموزشی، تأثیر زیادی بر یادگیری و درک مفاهیم علمی دارند. این روش‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که نه تنها دانش‌آموزان را درگیر کنند، بلکه آن‌ها را به تفکر انتقادی و خلاقانه ترغیب نمایند. یکی از چالش‌های بزرگ در نظام آموزشی، تکیه بر روش‌های سنتی و حافظه‌محور است که مانع از یادگیری عمیق و درک واقعی مفاهیم می‌شود. رویکردهای نوین آموزشی باید به دانش‌آموزان فرصت دهند تا با استفاده از تجربیات شخصی و مقایسه ایده‌های خود با مفاهیم علمی، به یادگیری عمیق‌تری دست یابند. همچنین، تبادل نظر و بحث گروهی می‌تواند به غنی‌تر شدن فرآیند یادگیری کمک کند و به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد که از دیدگاه‌های مختلف بهره‌مند شوند. معلمان باید روش‌هایی را انتخاب کنند که با ویژگی‌های فردی دانش‌آموزان سازگار باشد و آن‌ها را به طور فعال در فرآیند یادگیری مشارکت دهند (بی‌مثل شعبانی و پورشالچی، ۱۴۰۱). علاوه بر این، شناسایی تصورات غلط و نادرست دانش‌آموزان از مفاهیم علمی ضروری است. این تصورات می‌توانند، مانع از برقراری ارتباط صحیح بین مفاهیم مختلف شوند و در نهایت به کج‌فهمی منجر گردند (افروز و دیگران، ۱۳۹۸). تصور غلط، پاسخ نادرستی نیست که به دلیل اشتباه یا کمبود اطلاعات داده شود؛ بلکه تصور غلط به معنای تفاوت بین تعریف یک مفهوم در ذهن دانش‌آموز با تعریف علمی آن است (یوموشاک^۳ و دیگران، ۲۰۱۵). به عنوان مثال، بعضی از دانش‌آموزان هنگام پاسخ‌گویی به سوالات، فقط واژه‌های حفظ شده را تکرار می‌کنند اما در پاسخ‌گویی به پرسش‌های مفهومی ناتوان هستند، زیرا درک عمیقی از آن مفهوم ندارند و دچار کج‌فهمی هستند (دل انگیز و محمدپور یوسفی، ۱۴۰۲). بنابراین، معلمان باید با دقت به باورهای غلط دانش‌آموزان توجه کرده و تلاش کنند تا این تصورات را اصلاح نمایند (ردهانا و دیگران، ۲۰۱۷). این اقدام نه تنها به بهبود فرآیند یادگیری کمک می‌کند؛ بلکه پایه‌ای برای یادگیری‌های آینده فراهم می‌سازد و دانش‌آموزان را در مسیر درک عمیق‌تر مفاهیم علمی، یاری می‌رساند.

¹ Redhana

² Gabel

³ Yumusak

پیشینه پژوهش

برنامه‌های درسی شیمی شامل مفاهیم انتزاعی زیادی هستند که برای یادگیری عمیق‌تر علم شیمی و سایر علوم، ضروری به شمار می‌روند. ماهیت انتزاعی شیمی و دشواری‌های ناشی از محتوای ریاضی آن نشان می‌دهد که کلاس‌های شیمی نیازمند مهارت‌های پیشرفته‌تری هستند (سیرهان^۱، ۲۰۰۷). درک مفاهیم انتزاعی اهمیت بالایی دارد زیرا بدون آن، فهم نظریه‌ها و مفاهیم شیمی به سادگی امکان‌پذیر نخواهد بود. بیشتر دانش‌آموزان در درک مفهومی شیمی مشکل دارند و نمی‌توانند در امتحانات موفق شوند (قلخانی و همکاران، ۱۴۰۳). به عنوان مثال، دانش‌آموزان در درک ساختار سه‌بعدی ترکیبات یونی و مفهوم پیوند یونی با چالش‌هایی مواجه‌اند و دچار کج‌فهمی می‌شوند. آن‌ها ممکن است به اشتباه، تصور کنند که در ساختار سدیم کلرید، مولکول‌های دواتمی به صورت جداگانه وجود دارند که با پیوندهای یونی یا گاهی کووالانسی به یکدیگر متصل‌اند (اسدی فرد، ۱۳۹۵). بنابراین، شناسایی مشکلات یادگیری در شیمی و تلاش برای رفع آن‌ها امری ضروری است.

عوامل متعددی در بروز کج‌فهمی تأثیرگذار هستند که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: معلمان باید اطمینان حاصل کنند که دانش‌آموزان مفاهیم را به درستی درک کرده‌اند. معلمان به عنوان بخشی از آموزش، خود در روند ارائه اطلاعات سهیم هستند (فدالله و سالیراوتی^۲، ۲۰۱۸). روش‌های آموزشی: استفاده از روش‌های سنتی تدریس که معلم‌محور و غیرفعال هستند، همچنین ارائه توضیحات غیرضروری و غیرمرتبط، توضیح مفاهیم پیش از موعد، به کارگیری اصطلاحات گیج‌کننده و نادیده گرفتن مفاهیم بومی دانش‌آموزان، از جمله عواملی هستند که موجب ایجاد کج‌فهمی و کاهش درک در دانش‌آموزان می‌شوند (ردهانا و دیگران، ۲۰۱۷). محتوای کتاب درسی: حجم بالای مطالب درسی در هر پایه می‌تواند منجر به یادگیری سطحی و افزایش کج‌فهمی شود (احمدآبادی، ۱۳۹۹). همچنین، استفاده از نمودارها، تصاویر و مثال‌های نامناسب نیز می‌تواند به بروز کج‌فهمی کمک کند (دل انگیز و محمدپور یوسفی، ۱۴۰۲). علاقه دانش‌آموزان به درس: علاقه به درس به شدت با دامنه حرفه‌ای درک شده آن‌ها مرتبط است بنابراین عدم انگیزه نیز بر میزان کج‌فهمی موثر است (اکرم^۳ و دیگران، ۲۰۱۷). دانش قبلی و محیط دانش‌آموزان: برداشت‌های حسی آن‌ها از محیط زندگی، همسالان و رسانه‌ها و دانش قبلی ناکافی نیز می‌تواند بر درک نادرست آنان از مفاهیم تأثیرگذار باشند (دل انگیز و محمدپور یوسفی، ۱۴۰۲). با توجه به علل ذکر شده، روش‌های تدریس، یکی از عوامل موثر بر کج‌فهمی هستند. استفاده از روش‌های سنتی به عنوان یکی از دلایل ایجاد کج‌فهمی در دانش‌آموزان، مطرح شده است. با انتخاب یک راهبرد مناسب با محتوای درس و زمان موجود، می‌توان به رفع یا جلوگیری از شکل‌گیری کج‌فهمی‌ها کمک کرد.

دهدار و همکاران (۱۳۹۵)، روش تدریس مشارکتی را به عنوان یک راهبرد موثر تدریس معرفی کرده‌اند. تدریس مشارکتی به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد تا در گروه‌های کوچک و با همکاری یکدیگر، برای دستیابی به اهداف مشترک به یادگیری بپردازند. در چنین فضایی، دانش‌آموزان به راحتی می‌توانند از یکدیگر بیاموزند و با طرح پرسش‌های مختلف، به نقد و بررسی نظرات یکدیگر بپردازند (دهدار و همکاران، ۱۳۹۵). در این روش، همه دانش‌آموزان برای دستیابی به هدف جمعی تلاش می‌کنند و هر فرد علاوه بر مسئولیت یادگیری خود، تسهیل‌گر یادگیری دیگران نیز هست. یادگیری مشارکتی باعث پیشرفت اهداف آموزشی،

¹ Sirhan² Fadillah and Salirawati³ Akram

بهبود مهارت‌های حرکتی، تقویت مهارت‌های ارتباطی، اجتماعی و اخلاقی، افزایش مسئولیت‌پذیری دانش‌آموزان، تقویت کار گروهی و ویژگی‌های شخصیتی آنان خواهد شد (صمدی و دینی ترکمانی، ۱۴۰۱). سلیمانی و همکاران (۱۳۹۹) طبق تحقیقات خود بیان کرده‌اند که فعالیت‌های گروهی می‌توانند در افزایش یادگیری دانش‌آموزان مؤثر باشند. این فعالیت‌ها معمولاً پیچیده‌تر و گسترده‌تر از فعالیت‌های فردی هستند و شرکت دانش‌آموزان در آن‌ها می‌تواند، کیفیت یادگیری را افزایش دهد. آموزش از طریق بحث گروهی به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد که با یکدیگر گفتگو کنند و اطلاعات و اندیشه‌های خود را به اشتراک بگذارند. در این فرآیند، نقش معلم باید به عنوان یک راهنما مدنظر قرار گیرد. این روش آموزشی نیازمند مهارت معلم در هدایت صحیح است و باید دانش‌آموزان را تشویق کند تا سوال بپرسند و به حل مسائل بپردازند؛ زیرا هدف ما در آموزش، تنها انتقال واقعیت‌های علمی نیست؛ بلکه آموختن نحوه تفکر و حل مسائل نیز می‌باشد (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۹).

به گفته آنور^۱ (۲۰۱۹)، یادگیری مبتنی بر فعالیت، روشی است که در آن دانش‌آموزان به جای اینکه صرفاً شنوندگان منفعل باشند، به طور فعال در فرآیند یادگیری شرکت می‌کنند (آنور، ۲۰۱۹). این رویکرد با روش‌های سنتی تدریس تفاوت‌های مهمی دارد، از جمله: (الف) نقش فعال و مشارکت دانش‌آموزان در کلاس و (ب) همکاری بین دانش‌آموزان در یک محیط یادگیری. این دو عنصر هدفشان ایجاد یک فضای یادگیری مثبت در کلاس درس است. در مقایسه با روش‌های سنتی تدریس که معمولاً به دانش‌قبلی توجه نمی‌کنند و خلاقیت را محدود می‌سازند، یادگیری مبتنی بر فعالیت به عنوان ابزاری مؤثر، دانش‌آموزان را برای مواجهه با روش‌های یادگیری مختلف ترغیب می‌کند. این رویکرد به تسهیل یادگیری خودهدایتی و توسعه مهارت‌های تفکر انتقادی در تمام سطوح آموزشی کمک می‌کند. نقش مربیان در این فرآیند بسیار حیاتی است. آن‌ها باید موانع موجود را شناسایی کنند و با تلاش برای کاهش این موانع و حفظ فضایی باز برای گفتگو، به درک بهتر نیازها و الزامات دانش‌آموزان کمک نمایند (آنور، ۲۰۱۹).

در پژوهشی دیگر، تقی‌زاده و ملکی^۲ (۲۰۱۹) با استفاده از چارچوب ترکیبی دانش^۳ و ایجاد ارتباط بین ایده‌های فردی متفاوت با استفاده از تجسم‌سازی‌های پویا، به دانش‌آموزان پایه دهم کمک کردند تا واکنش‌های شیمیایی را بهتر درک کنند. نتایج نشان داد، گروهی که با استفاده از این تجسم‌ها، آموزش دیده بودند، توانستند ارتباط بهتری بین سطوح مختلف واکنش‌های شیمیایی برقرار کنند. این روش همچنین به دانش‌آموزان کمک کرد تا درکی مشترک از مفاهیم پدیده‌ها داشته باشند و ارتباط بین ایده‌های مختلف را به صورت سیستماتیک درک کنند (تقی‌زاده و ملکی، ۲۰۱۹).

نگرش یادگیرندگان نسبت به علم را می‌توان با فعالیت‌های خلاقانه بهبود بخشید (کائو^۴ و دیگران، ۲۰۱۷). برنامه‌های آموزشی باید به گونه‌ای خلاقانه تنظیم شوند که مهارت‌های عملی و نظری را به طور هم‌زمان تقویت کنند (کشاورز و مشک‌بید، ۱۴۰۲). براساس یافته‌های کشاورز و امانی (۱۴۰۲)، تکنولوژی آموزشی اجازه می‌دهد، یادگیری از جهات دیگری که ممکن است، رخ دهد و وسیله‌ای برای پیشرفت یادگیری در تمام موضوعات شود. به کمک فناوری اطلاعات و تکنولوژی، معلمان می‌توانند، یادگیری مفهومی و دقیق را برای دانش‌آموزان فراهم آورند و کارایی روش‌های تدریس را به نسبت روش‌های سنتی افزایش دهند (کشاورز و امانی، ۱۴۰۲). استفاده از شبیه‌سازی یکی از روش‌های مناسب تدریس است. بسیاری از آزمایش‌های شیمیایی به دلیل زمان محدود آموزش و تجهیزات

¹ Anwer

² Taghizade and Maleki

³ knowledge integration framework

⁴ Kao

ناکافی و یا خطرات احتمالی در مدارس قابل اجرا نیستند. بنابراین می‌توان از مدل و شبیه‌سازی برای بهبود درک مفاهیم شیمی کمک گرفت و بسیاری از کج فهمی‌های رایج را برطرف کرد (پهلوانلو، ۱۴۰۲). این روش در حقیقت نمایشی از یک فرآیند واقعی است. شبیه‌سازی آموزشی به تقویت تفکر منطقی کمک می‌کند و فرصتی را برای تفکر ساختاریافته و بهبود مهارت‌های حرکتی فراهم می‌کند. از مزایای آن می‌توان به ایجاد جذابیت و علاقه در دانش‌آموزان، سادگی استفاده، تسریع روند یادگیری و کمک به تفکر انتقادی اشاره کرد (آقازاده، ۱۴۰۲). بازی‌های آموزشی نیز می‌توانند به عنوان ابزار آموزشی مؤثر برای افزایش یادگیری مطالب پیچیده و انتزاعی مورد استفاده قرار گیرند. دانش‌آموزان به کمک بازی، به پردازش اطلاعات خود می‌پردازند و به معنا و مفهوم درس، به شکل عمیق‌تری می‌برند (حیدری و زمانی، ۱۳۹۲). نقش بازی در آموزش و تأثیرات آن بر تعلیم و تربیت بسیار مهم است. در حین بازی، می‌توان به صورت غیرمستقیم، مطالب درسی و آموزشی را به دانش‌آموزان آموخت. استفاده از بازی با ایجاد شور و علاقه در حین فرایند یادگیری، منجر به یادگیری عمیق‌تر و پایدارتر می‌شود (سیفی و رشیدی، ۱۴۰۲).

به طور کلی، آموزش علم شیمی به عنوان یکی از علوم پایه و کلیدی، و همچنین عملکرد ضعیف دانش‌آموزان و کج‌فهمی‌های رایج ایجاد شده، نشان دهنده نیاز به ارزیابی و بهبود فرایند آموزش و یادگیری است. مطالعه حاضر با هدف یافتن یک راهکار جایگزین و خلاقانه برای تدریس بخش ریزاتمی درس علوم انجام شده است.

روش پژوهش

این پژوهش با روش اقدام‌پژوهی با رویکرد مشاهده و تفکر تاملی، در حوزه تدریس مبحث ساختارهای زیراتمی در درس علوم تجربی دوره اول متوسطه (درس علوم تجربی هشتم با عنوان "درون اتم چه خبر؟")، انجام شده است. از آنجایی که انجام این فعالیت یادگیری، وقت‌گیر و مستلزم حضور خارج از ساعت معمول کلاس درسی بود، سه نفر از میان دانش‌آموزان دوره اول متوسطه (اسما، الهام و راضیه) که علاوه بر ضعف در یادگیری این مبحث، تمایل و امکان حضور بعد از ساعت کلاس را داشتند، انتخاب شدند. برای اجرای این پژوهش، در مرحله اول، ارزشیابی اولیه با هدف سنجش سطح دانش اولیه‌ی سه دانش‌آموز و شناسایی دقیق مشکلات آن‌ها، با برگزاری پیش‌آزمون، شامل انواع سوالات صحیح و غلط، تستی، تشریحی، رسم شکل و محاسباتی که در سطوح دانش، درک و فهم و کاربرد، درخصوص مبحث ساختار زیراتمی انجام شد. پس از شناسایی و درک مسئله، راهبردهایی در راستای بهبود وضعیت موجود و ارتقای میزان یادگیری دانش‌آموزان، طراحی و اجرا گردید. در مرحله بعد، با مشارکت دانش‌آموزان در داخل جدولی ویژگی‌های سه ذره پروتون، نوترون و الکترون مرور و جمع‌بندی شد. در مرحله سوم، استفاده از پویانمایی و فیلم آموزشی (سایت آموزش ایرانی، ۱۴۰۳)، برای افزایش جذابیت تدریس و درک بهتر مفهوم انتقال الکترون و تشکیل پیوند یونی انجام گرفت. در مرحله چهارم، تصاویری از ایزوتوپ‌های هیدروژن و فسفر نمایش داده شد و چندین سوال به عنوان تمرین در اختیار دانش‌آموزان قرار گرفت. دانش‌آموزان موظف شدند با بررسی پاسخ درست، علت اشتباه خود را پیدا کنند و توضیح دهند. در مرحله پنجم، در راستای تثبیت و مرور مطالب، ۱۲ کارت اطلاعاتی ناقص، شامل عدد اتمی، عدد جرمی، نماد شیمیایی، تعداد پروتون، نوترون و الکترون عناصر به دانش‌آموزان داده شد تا با کمک یکدیگر و به شکل گروهی، به تکمیل اطلاعات هر کارت بپردازند. در مرحله ششم سایت شبیه‌ساز فت که حاوی آموزش و بازی آموزشی در مورد مباحث مختلف علمی است، معرفی شد و دانش‌آموزان موظف شدند، چالش‌های بخش "یک اتم بسازید" را پاسخ دهند. در نهایت به منظور تعیین میزان یادگیری دانش‌آموزان و

اثربخشی راهبرد تدریس استفاده شده، پس‌آزمونی شامل انواع سوالات صحیح و غلط، تستی، تشریحی، رسم شکل و محاسباتی، برگزار شد و نتایج آن، با نتایج پیش‌آزمون مقایسه و تحلیل گردید. همچنین جهت بررسی روایی و اعتبار پرسش‌های طرح شده، با یک کارشناس ارزشیابی و سنجش در آموزش و دو نفر از دبیران صاحب‌نظر در این درس مشورت شد و روایی و اعتبار پرسش‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون تایید گردید.

یافته‌ها

ابتدا پیش‌آزمونی برای آشکارسازی سطح و آشکارسازی میزان فهم و یادگیری موضوع مورد مطالعه با روش متداول سخنرانی، طراحی و اجرا گردید. سوالات آزمون اولیه شامل انواع سوال صحیح-غلط، تستی، تشریحی و رسم شکل و محاسباتی بود. مدت زمان آزمون ۲۰ دقیقه و شامل ۸ سوال و پنج نمره بود. برخی از سوالات، جنبه حفظی داشتند که با خواندن کتاب قابل پاسخ‌دهی بود. برخی محاسباتی و مسئله بودند که نیاز به مهارت و درک و فهم عمیق و درست مطالب کتاب داشتند (شکل ۱).

سوال ۱ و ۲: این سوالات در مورد ساختار اتم و ذرات سازنده آن بود که با مطالعه متن کتاب قابل پاسخ‌دهی بود.

سوال ۳: رسم ساختار اتم طبق مدل بور برای اتم کربن و علت خنثی بودن آن از دانش‌آموزان خواسته شده بود. دانش‌آموزان باید علاوه بر مهارت در رسم ساختار درست، با مفهوم بارالکتریکی اتم آشنایی داشته باشند تا بتوانند علت خنثی بودن این اتم را توضیح دهند.

سوال ۴ و ۶: این سوالات مربوط به مفهوم ایزوتوپ و کاربردهای آن بود.

سوال ۵: برای پاسخ به این سوال صحیح-غلط، آنها باید تفاوت یون مثبت و منفی را می‌دانستند.

سوال ۷: دانش‌آموزان باید با توجه به عدد جرمی و عدد اتمی و بار ذره داده شده، تعداد ذرات زیراتمی آن را محاسبه می‌کردند. برای حل این سوال، آنها باید

عدد جرمی، عدد اتمی، یون مثبت و منفی را به خوبی می‌شناختند و همچنین می‌توانستند با استفاده از اعمال ریاضی سوال را حل کنند.



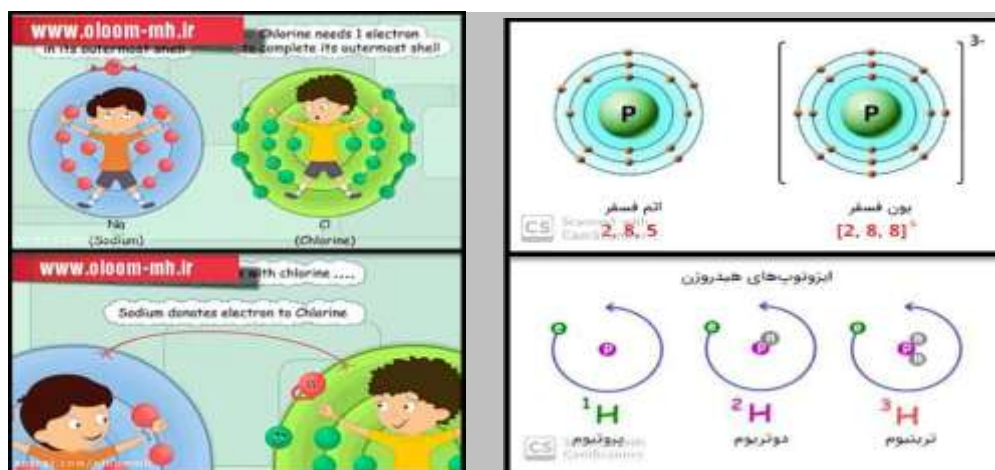
شکل ۱. پاسخ‌نامه سه دانش‌آموز مورد مطالعه برای پیش‌آزمون

جدول ۱. نتایج پیش‌آزمون سه دانش‌آموز مورد مطالعه در این پژوهش

نام دانش‌آموز	نمره بخش تستی از ۱.۲۵	نمره بخش تشریحی از ۳.۷۵	نمره کل از ۵
اسما	۱.۲۵	۲.۷۵	۴
الهام	۰.۵	۱.۲۵	۲.۷۵
راضیه	۱	۱.۲۵	۲.۲۵

با توجه به نتایج پیش‌آزمون و ضعف دانش‌آموزان در درک عمیق ساختار اتم، راهبرد تدریس ترکیبی طراحی و اجرا شد. ابتدا مطالب، توضیح و یادآوری شد و به کمک دانش‌آموزان در داخل جدولی ویژگی‌های سه ذره پروتون، نوترون و الکترون برای مقایسه بهتر جمع‌بندی شد. برای درک بهتر و جذاب‌تر شدن موضوع، انیمیشنی در ارتباط با نحوه تشکیل یون‌های مثبت و منفی ارائه شد. در ادامه با نمایش عکس در ارتباط با ایزوتوپ‌های هیدروژن و دیگری در ارتباط با فسفر و یون آن، خواسته شد، طبق جدول که از ذرات زیراتمی فراهم کردند، بررسی و سوالات داده شده را پاسخ دهند (شکل ۲). پس از دریافت پاسخ‌نامه‌های دانش‌آموزان، پاسخ‌های صحیح نیز در اختیارشان قرار گرفت، از آنان خواسته شد، پاسخ خود را برای یکدیگر توضیح دهند و از طرفی با مقایسه با پاسخ درست، سعی کنند دلیل اشتباه خود را بیان نمایند.

سپس از روش تدریس فعالیت گروهی در راستای مرور و تثبیت مطالب کمک گرفته شد. در این فعالیت، ۱۲ کارت در اختیار دانش‌آموزان قرارگرفت تا با همکاری یکدیگر قسمت‌های خالی را تکمیل کنند. هر کارت شامل عدد اتمی، عدد جرمی، نماد شیمیایی، تعداد پروتون، نوترون و الکترون عنصر مشخصی بود و در هریک بخشی از اطلاعات ناقص بود تا دانش‌آموزان با توجه به سایر اطلاعات کارت را تکمیل کنند. این کارت‌ها مربوط به ۴ عنصر کربن، اکسیژن، سدیم و منیزیم بودند که ایزوتوپ‌ها و یون آن‌ها را نیز در بر می‌گرفت (شکل ۳).



شکل ۲. نمونه‌های تصاویر گرافیکی و یا پویانمایی برای آموزش مبحث ساختار زیراتمی و تشکیل پیوند



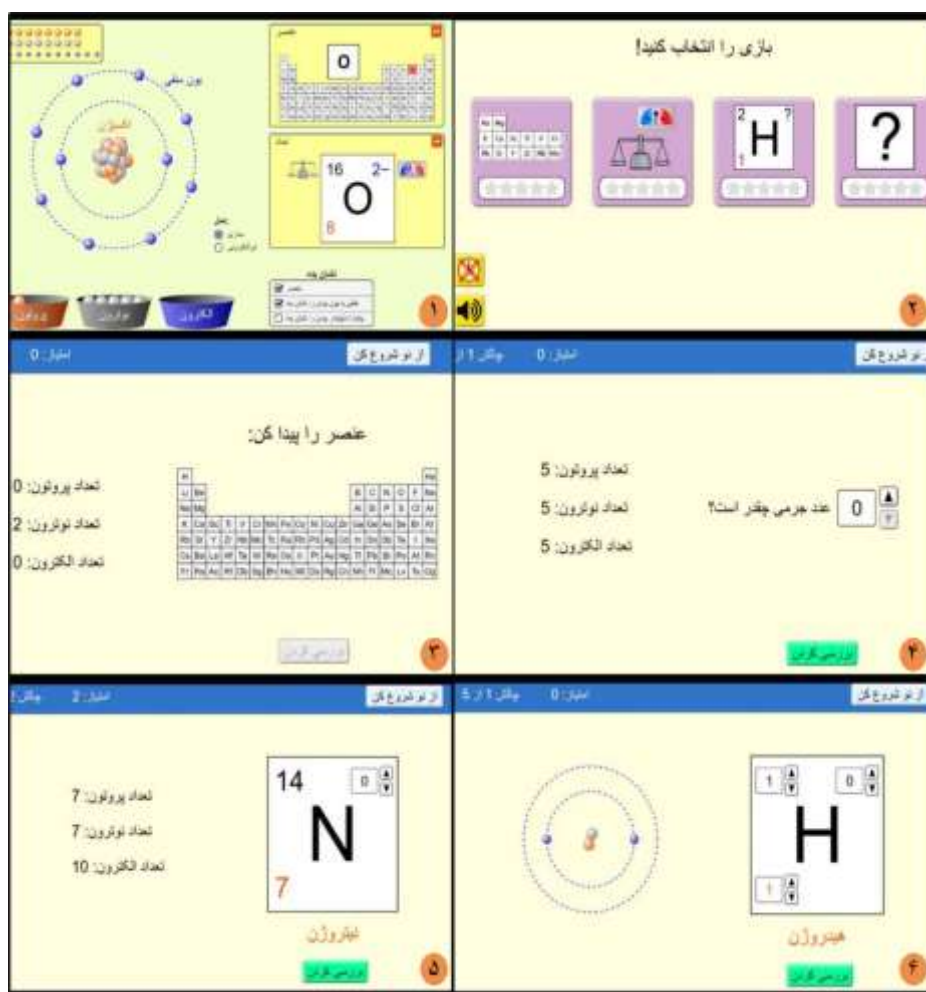
شکل ۳. تکمیل اطلاعات زیراتمی کارت نماد عناصر توسط گروه دانش‌آموزان

با توجه به اینکه استفاده از نرم‌افزارهای آموزشی به یکی از ابزارهای مؤثر در تدریس تبدیل شده است، سایت شبیه‌سازی فت به عنوان یک ابزار کمکی برای ایجاد جذابیت بیشتر و تکمیل فرایند یادگیری معرفی و استفاده شد. این سایت یک منبع آموزشی آنلاین است که توسط دانشگاه کلرادو بولدر^۱ توسعه یافته است. هدف این سایت ارائه شبیه‌سازی‌های تعاملی و بصری در زمینه‌های مختلف علمی، به ویژه فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و ریاضیات است. این شبیه‌سازی‌ها به دانش‌آموزان و معلمان کمک می‌کند تا مفاهیم علمی را بهتر درک کنند و به صورت فعال در یادگیری خود شرکت کنند. از ویژگی‌های کلیدی این سایت می‌توان به تعامل‌پذیری، بصری بودن به دلیل استفاده از نمودارها، انیمیشن‌ها و مدل‌های بصری و نمایش‌های چندگانه، آزمایش‌های مجازی، تشویق به پرسشگری علمی و دسترسی رایگان اشاره کرد. سایت شبیه‌سازی فت، ابزاری قدرتمند برای یادگیری فعال و تعاملی است که می‌تواند به دانش‌آموزان کمک کند تا مفاهیم پیچیده علمی را به روشی جذاب و قابل فهم بیاموزند.

در ادامه سایت شبیه‌سازی فت، قسمت "یک اتم بسازید" به دانش‌آموزان معرفی شد و در کلاس با نشان‌دادن بخش‌های مختلف این سایت و حل دو چالش از هر بخش، نحوه عملکرد شبیه‌ساز توضیح داده شد. از دانش‌آموزان خواسته شد، تمام چالش‌های این نرم‌افزار را بگذرانند و برای سنجش و نظارت بر عملکرد آن‌ها، تهیه لیستی از پاسخ صحیح هر یک از مراحل به عنوان تکلیف تعیین شد. این شبیه‌ساز در قسمت یک اتم بسازید، دارای سه بخش ساخت اتم، نماد و بازی است (شکل ۴). در بخش ساخت اتم، با انتخاب تعداد پروتون، نوترون و الکترون به مقدار دلخواه، می‌توان اتم‌ها و یون‌های مختلف ساخت و علاوه بر مشاهده ساختار شبیه‌سازی شده اتم یا یون، موقعیت آن عنصر را در جدول نیز مشاهده کرد. در بخش نماد، می‌توان با ساخت اتم‌ها و یون‌های مختلف، علاوه بر مشاهده موقعیت آن عنصر در جدول، نماد شیمیایی آن را نیز مشاهده کرد. بخش سوم که پس از تکمیل فرایند یادگیری و برای ارزیابی میزان یادگیری مورد استفاده قرار می‌گیرد، شامل چهار بازی می‌شود که هر بازی پنج مرحله دارد. این بازی‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که هر کدام بر یک جنبه خاص از یادگیری تأکید دارند. در بازی اول، تعداد پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون‌ها داده شده و دانش‌آموز باید نوع عنصر و جایگاه آن در جدول تناوبی را مشخص کند. در بازی دوم، دانش‌آموز باید به کمک تعداد ذرات زیراتمی داده شده، عدد جرمی عنصر مورد نظر را تعیین کند. در بازی سوم و چهارم، مدل اتمی یک عنصر نمایش داده شده و دانش‌آموز

^۱ University of Colorado Boulder

به کمک شکل باید بتواند با نوشتن عدد مناسب نماد شیمیایی عنصر را کامل کند. انجام این بازی ها، به دلیل تکرار و تمرین زیاد مطالب، بصری بودن، جذابیت و تعاملی بودن به درک عمیق و تثبیت مفاهیم علمی کمک شایانی می کند.



شکل ۴. تصاویری از بخش یک اتم بسازید در شبیه ساز فت

برای ارزیابی نهایی و مشخص شدن نتیجه فرایند انجام شده، آزمون پایانی شامل انواع سوالات تستی، تشریحی و رسم شکل و محاسباتی در سه سطح دانش، درک و فهم و کاربرد، طراحی و اجرا شد. این آزمون شامل نه سوال و شش نمره بود. سوالات ۱، ۳، ۴ و ۶ مربوط به متن و حفظیات کتاب درسی و باقی سوالات مربوط به مفاهیم فصل از جمله تشخیص نوع یون، رسم مدل اتمی بور، نوشتن نماد شیمیایی عناصر، تعیین تعداد ذرات سازنده اتم و یون می شدند (شکل ۵). مطابق جدول ۲، پیشرفت در نمره و سطح یادگیری دانش آموزان مشهود است. دانش آموزان، الهام و اسما توانسته بودند نمره کامل را بگیرند و به همه سوالات پاسخ صحیح دادند. راضیه در پاسخ به یکی از سوالات تستی مربوط به متن کتاب (سوال ۶) (دانش) و حل قسمتی از سوال ۹ (کاربرد) دچار اشتباه شده بود. او در تعیین تعداد الکترون های یون مثبت اشتباه کرده بود که البته با توجه به پاسخ درستی که به سوالات مشابه این سوال در امتحان داده بود، به نظر می رسید علت اشتباه او بی دقتی باشد. در آخر، سوالات در کلاس حل شد و رفع اشکال نهایی انجام گرفت.

جدول ۲. نتایج پس‌آزمون سه دانش‌آموز مورد مطالعه در این پژوهش

نام دانش‌آموز	نمره بخش تستی از ۱۰۲۵	نمره بخش تشریحی از ۴۰۷۵	نمره کل از ۶
اسما	۱۰۲۵	۴۰۷۵	۶
الهام	۱۰۲۵	۴۰۷۵	۶
راضیه	۱	۴۰۲۵	۵۰۲۵



شکل ۵. پاسخ‌نامه سه دانش‌آموز مورد مطالعه برای آزمون نهایی

بحث و نتیجه‌گیری

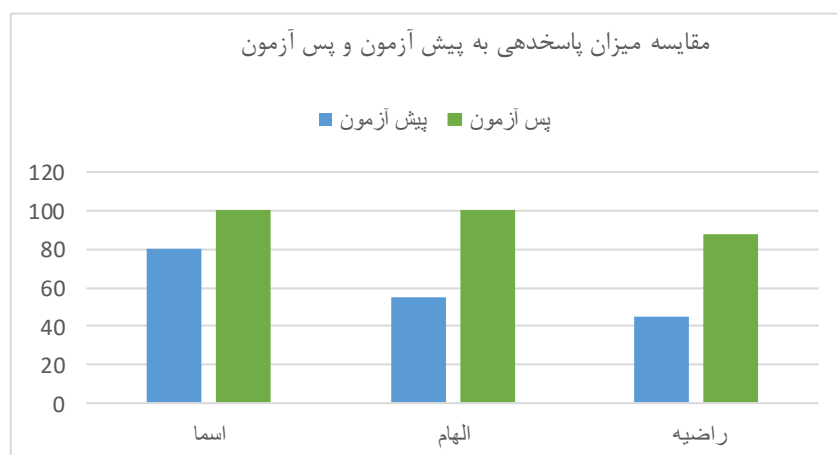
با توجه به چالش‌های موجود در درک مفاهیم انتزاعی در آموزش شیمی، به‌ویژه در مباحث مرتبط با ساختار زیراتمی، ضرورت استفاده از روش‌های نوین تدریس بیش از پیش احساس می‌شود. یکی از رویکردهای مؤثر در این زمینه، بهره‌گیری از شبیه‌سازی‌ها، بازی‌های آموزشی و نمایش‌های گرافیکی است که می‌تواند به تسهیل یادگیری دانش‌آموزان کمک کند. در این راستا، هدف اصلی این پژوهش طراحی فعالیت‌های یادگیری مبتنی بر مشارکت در گروه، شبیه‌سازی و تجسم‌سازی، نمایش‌های پویا و گرافیکی و استفاده از بازی‌های آموزشی برای موضوعات پیچیده‌ای مانند تعیین تعداد ذرات زیراتمی، ظرفیت لایه‌های الکترونی و ایزوتوپ‌ها بود تا به درک عمیق‌تر و پایدارتر دانش‌آموزان و جلوگیری از ایجاد کج‌فهمی منجر شود. در مرحله اول، پیش‌آزمونی برای ارزیابی سطح دانش اولیه سه دانش‌آموز مورد آزمایش برگزار شد. نتایج نشان داد که برخی از دانش‌آموزان، مانند اسما و الهام، در پاسخ به سوالات حفظی عملکرد خوبی داشته‌اند، اما راضیه با چالش‌هایی روبه‌رو بود و نتوانسته به این سوالات پاسخ دهد (جدول ۱ و شکل ۱). همچنین هر سه نفر در پاسخ به سوالات تشریحی و مفهومی ضعیف عمل کرده‌اند. این نتایج نشان‌دهنده نیاز به تغییر روش تدریس برای ارتقای فهم عمیق‌تر مفاهیم بود. برای این منظور، تدریس مجدد مطالب به روش تعاملی و مشارکتی انجام شد. با همکاری دانش‌آموزان، ویژگی‌های ذرات زیراتمی شامل پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون در قالب جدول گردآوری گردید. سپس با استفاده از پویانمایی،

چگونگی تشکیل یون مثبت و منفی و فرآیند انتقال الکترون و چگونگی تشکیل پیوند یونی بین سدیم و کلر به تصویر کشیده شد. این نمایش‌ها نه تنها جذابیت بیشتری به کلاس افزودند بلکه به دانش‌آموزان کمک کردند تا مفهوم انتقال الکترون را بهتر درک کنند. علاوه بر این، برای تقویت یادگیری، تصاویری از ایزوتوپ‌های هیدروژن و سفر به نمایش درآمد و از دانش‌آموزان خواسته شد به چند سوال به عنوان تمرین پاسخ دهند (شکل ۲). در ادامه، با دریافت پاسخ‌های دانش‌آموزان فرصتی برای توضیح و بحث درباره اشتباهات فراهم شد و از دانش‌آموزان خواسته شد، پاسخ خود را برای اعضای گروه توضیح دهند و به علت اشتباه‌های خود در حل سوالات پی ببرند. سپردن مسئولیت یادگیری به دانش‌آموزان منجر به تقویت اعتماد به نفس و انگیزه و درگیری بیشتر با فرایند یادگیری-یاددهی شد که این امر به درک بهتر و اصلاح کج‌فهمی‌ها کمک کرد. همچنین، در راستای مرور و تثبیت مطالب با استفاده از فعالیت گروهی، دانش‌آموزان به تکمیل کارت‌های اطلاعاتی مربوط به عناصر مختلف پرداختند که شامل عدد اتمی، عدد جرمی، تعداد ذرات زیراتمی و نماد شیمیایی بود (شکل ۳). این فعالیت‌ها نه تنها موجب افزایش تعامل و همکاری بین دانش‌آموزان شد، بلکه انگیزه و اشتیاق آن‌ها را نیز تقویت کرد. سپس از سایت شبیه‌ساز فت که شامل آموزش و بازی آموزشی در مورد ساختار اتم بود، استفاده شد (شکل ۴). بازی‌های آموزشی به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا میزان یادگیری خود را بسنجند و نقاط قوت و ضعف خود را شناسایی کنند. با ارائه محتوای آموزشی متنوع و بازی‌های تعاملی، دانش‌آموزان می‌توانند در یک محیط یادگیری فعال و لذت‌بخش، مهارت‌های خود را در زمینه محاسبه تعداد ذرات زیراتمی تقویت کنند. این رویکرد باعث می‌شود که دانش‌آموزان علاوه بر حفظ و درک مطالب، توانایی تحلیل و کاربرد آن‌ها در مسائل واقعی را نیز پیدا کنند.

در نهایت، برای ارزیابی نهایی فرایند یادگیری، آزمون پایانی طراحی شد که شامل سوالات تستی، تشریحی و محاسباتی بود. این آزمون به منظور سنجش درک دانش‌آموزان از مفاهیم مختلف طراحی گردید و نتایج آن نشان‌دهنده پیشرفت قابل توجهی در یادگیری آن‌ها بود. در پایان، پاسخ صحیح سوالات توضیح داده شد و رفع اشکال انجام شد (جدول ۲ و شکل ۵). تحلیل نمرات دانش‌آموزان در آزمون‌های اولیه و پایانی نشان‌دهنده پیشرفت قابل توجهی در یادگیری آن‌ها بود. استفاده از روش‌های تدریس تعاملی مانند نمایش فیلم و انیمیشن، کار گروهی و انجام فعالیت‌های سرگرم‌کننده مانند پرکردن جداول اطلاعاتی و انجام بازی‌های آموزشی، موجب افزایش توانمندی دانش‌آموزان در فهم مفاهیم انتزاعی نظیر ساختار زیراتمی گردید (جدول ۳ و شکل ۶). نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که به کارگیری روش‌های خلاقانه و تعاملی در تدریس، از جمله استفاده از فناوری‌های رسانه‌ای مانند انیمیشن و تصاویر گرافیکی پویا و ایستا و شبیه‌سازی و فعالیت‌های گروهی و مشارکتی، نه تنها به بهبود نمرات دانش‌آموزان کمک کرده است، بلکه درک عمیق‌تری از مباحث علمی را نیز فراهم نموده است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که معلمان و برنامه‌ریزان آموزشی به این روش‌ها توجه بیشتری داشته باشند و آن‌ها را در فرآیند تدریس خود گنجانده و به کار گیرند. این اقدام می‌تواند بهبود قابل توجهی در کیفیت آموزش و یادگیری علم شیمی به همراه داشته باشد.

جدول ۳. مقایسه نتایج آزمون اولیه و پایانی سه دانش‌آموز مورد مطالعه در این تحقیق بر حسب درصد

نام دانش‌آموز	درصد پاسخ درست	پیش آزمون	پس آزمون
اسما	۸۰	۱۰۰	
الهام	۵۵	۱۰۰	
راضیه	۴۵	۸۷.۵	



شکل ۶. نمودار مقایسه‌ای نتایج آزمون اولیه و نهایی دانش‌آموزان

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

References

- Afrooz, H., Ezhe'i, J., Hejazi, E., & Moghaddamzadeh, A. (2019). Academic Engagement in Iranian Highschool Students: A Qualitative Study. *Journal of Psychology*, 23(4), 354-371. [Link]
- Aghazadeh, F. (2023). Designing the learning activity with the approach of solving the educational misunderstanding of the eighth grade student in order to teach Bohr model drawing. *Research in Chemistry Education*, 5(3), 28-42. [Link]
- Ahmadabadi, Z. (2020). Study of Misunderstandings of Chemical Bonds Based on Johnston's Triangle Multilevel Thought Model. *Research in Chemistry Education*, 2(1), 25-40. [Link]
- Akram, T. M., Ijaz, A., & Ikram, H. (2017). Exploring the Factors Responsible for Declining Students' Interest in Chemistry. *International Journal of Information and Education Technology*, 7, 88-94. [Link]
- Anwer, F. (2019). Activity-Based Teaching, Student Motivation and Academic Achievement. *Journal of Education and Educational Development*, 6(1), 154-170. [Link]
- Asadifard, P. (2016). *Methods to reduce academic failure in students* The 9th Conference on Chemistry Education of Iran, Museum of Science and Technology of the Islamic Republic of Iran, University of Zanjan, [Link]
- Bimesl Sherbafi, A., & Pourshalchi, H. (2023). Effective teaching strategies in chemistry education. *Research in Chemistry Education*, 4(2), 222-230. [Link]
- Dehdar, M., Sotvan, S., & Balouchi, R. (2016). *The effect of cooperative teaching method on social skills* 3rd International Conference on Modern Research in Management, Economics and Humanities, University of Tehran, [Link]
- Delangiz, M., & Mohammadpour Yusefi, H. (2023). Common misunderstandings of chemistry concepts in experimental science books in the first secondary school. *Research in Chemistry Education*, 4(3), 277-288. [Link]
- Fadillah, A., & Salirawati, D. (2018). *Analysis of misconceptions of chemical bonding among tenth grade senior high school students using a two-tier test* [Link]
- Gabel, D. L. (1999). Improving Teaching and Learning Through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76, 548-554. [Link]
- Ghalkhani, M., Ejtahed, Z. S., & Ahmadi, Z. (2024). Teaching the subject of ionic and molecular compounds based on visualization and games to prevent misconceptions for the students of the first secondary level. *Research in Chemistry Education*, 6(4), 23-43. [Link]

- Heydari, P., & Zamani, A. (2013). *Classroom games in chemistry education* 8th Conference on Chemistry Education of Iran, Semnan University, [\[Link\]](#)
- Iran Educational Website. (2024). Teaching ionic bonding. Retrieved from [\[Link\]](#).
- Kao, G. Y. M., & Chiang, C. H. (2017). Customizing scaffolds for game-based learning in physics: Impacts on knowledge acquisition and game design creativity. *Computers & Education*, 113, 294-312. [\[Link\]](#)
- Keshavarz, E., & Moshkbid, F. (2023). Identifying the Pattern of Correcting Chemistry Misconceptions and Promoting Scientific Culture. *Popularization of Science*, 14(1), 83-100. [\[Link\]](#)
- Keshavarz, S. M., & Amani, V. (2023). The effect of technological teaching method on the learning of high school chemistry course. *Research in Chemistry Education*, 5(1), 1-12. [\[Link\]](#)
- Pahlavanlou, M. (2023). Augmented reality in chemistry education. *Research in Chemistry Education*, 4(2), 183-199. [\[Link\]](#)
- PHET, (2002), Physics Education Technology, [\[Link\]](#)
- Rahmati Hassanabadi, F., & Paydar, M. (2023). The most common misconceptions of 10th grade students about the basic concepts of high school chemistry course. *Research in Chemistry Education*, 4(3), 347-360. [\[Link\]](#)
- Redhana, I. W., & Sudria, I. B. N. (2017). Identification of chemistry learning problems viewed from conceptual change model. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 356-364. [\[Link\]](#)
- Samadi, A., & Dini Torkamani, M. (2022). Active teaching of respiration as a biochemical process in high school. *Research in Chemistry Education*, 4(3), 29-36. [\[Link\]](#)
- Seyfi, S., & Rashidi, A. (2023). Investigating and simple teaching of periodic properties of elements to 10th grade students in the periodic table using games. *Research in Chemistry Education*, 5(1), 40-51. [\[Link\]](#)
- Sirhan, G. (2007). Learning difficulties in chemistry: An overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4, 2-20. [\[Link\]](#)
- Soleimani, K., Abodi, J., & Khojasteh, V. (2020). Improving Students' Interest in Chemistry and Laboratory Lessons by Providing and Improving Teamwork and Practical Skills. *Research in Chemistry Education*, 2(3), 37-48. [\[Link\]](#)
- Taghizade, A., & Maleki, M. (2019). The Effect of using Dynamic Visualizations and Knowledge Integration Framework on Chemistry Learning of tenth grade high school female Students in Tehran. *New Educational Approaches*, 14(1), 1-14. [\[Link\]](#)
- Yasini, A. (2019). Determining cognitive structure of knowledge of students with using Knowledge Space Theory. *Teaching and Learning Research*, 16(2), 73-86. [\[Link\]](#)
- Yumsak, A., Maras, İ., & Sahin, M. (2015). Effects of computer-assisted instruction with conceptual change texts on removing the misconceptions of radioactivity. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 3(2), 23-50. [\[Link\]](#)