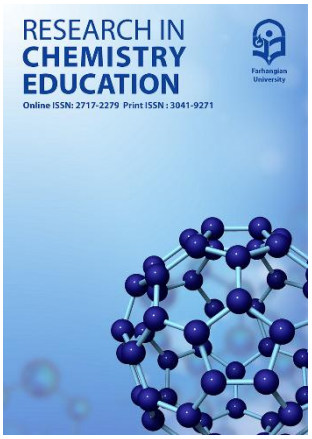
Research in Chemistry Education, Volume 8, Issue 1. Pages 162-181.
Print ISSN: 3041-9271
ISSN (Online): 2717-2279

Received: 20 January 2025
Revised: 17 May 2025
Accepted: 30 June 2025
Published: 21 March 2026

Comparison between theoretical training and experimental/software-based laboratory training in improving the learning of chemistry concepts and eliminating misunderstanding

1. Faezeh Shahdost-Fard*: Department of Chemistry Education, Farhangian University, P.O.Box 14665-889, Tehran, Iran
2. Parinaz Javanmardi Naeini: Department of Chemistry Education, Farhangian University, P.O.Box 14665-889, Tehran, Iran
3. Maryam Shirvani: Department of Chemistry Education, Farhangian University, P.O.Box 14665-889, Tehran, Iran

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



How to Cite: Shahdost-Fard, F., Javanmardi Naeini, P., & Shirvani, M. (2026). Comparison between theoretical training and experimental/software-based laboratory training in improving the learning of chemistry concepts and eliminating misunderstanding. *Research in Chemistry Education,* 8(1), 162-181.

DOI: 10.48310/chemedu.2025.18104.1300

Abstract:

Background and Objective: Frequent changes in educational content, on one hand, and the existence of some abstract concepts in the chemistry, on the other hand, have created great deal of misunderstanding among students. Therefore, this research aims to investigate the necessity of paying attention to the role of conducting book-based experiments in the virtual and in-person chemistry environment in schools as an effective driving factor in the success and understanding of students. **Materials and Methods:** The present study is classified as applied research in terms of its purpose, a survey study in terms of data collection, and a quantitative comparative study in terms of data analysis. The tool of the study is a questionnaire, and on this basis, six conceptual chemistry questions were prepared, and the correct response rate of statistical population of students to the questionnaire was examined. Cronbach's alpha (0.959) obtained indicated a very high reliability of the questionnaire and good internal consistency among the questions. While the questionnaires were completed in one group without any practical and virtual training, for the other group, the concepts in question were taught through a practical experiment and a virtual laboratory with the help of software, followed by answering the questions. **Findings:** Based on the results obtained from the population under study, school students for whom the experiments were conducted have a deeper understanding of chemistry concepts and a better ability to apply and generalize to similar situations in life, and their level of misunderstanding is lower because the significance level for most of the questionnaire items is lower than 0.05. **Conclusion:** It was found that doing book-based experiments has a positive effect on better learning and removing misunderstanding among the students. In addition, the virtual performance of tests through related laboratory software leads to a better understanding of course concepts.

Keywords: Educational technology, Chemistry education, Virtual laboratory, Misunderstanding, Chemistry Software.

© 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

Frequent changes in educational content, on one hand, and the existence of some abstract concepts in the chemistry lesson, on the other hand, have created considerable misunderstanding among students. Therefore, this research aims to investigate the necessity of paying attention to the role of conducting book experiments in the virtual and in-person chemistry environment in schools as an effective driving factor in the success and understanding of students. With the advancement of technology, virtual experiments have become an effective tool in education, and conducting software-based experiments, especially in situations where access to physical laboratories is limited, can play an effective role in improving learning. A virtual laboratory is an alternative learning environment to risky and expensive real laboratories that can be made publicly available to students and teachers. Learning based on virtual laboratories not only provides meaningful learning through understanding important concepts, principles, and processes; but also allows students to identify and overcome their weaknesses by allowing them to repeat an experiment. This study aims to investigate how textbook experiments and creative activities are conducted both virtually and in person in schools and their effective role in increasing motivation improving the quality of student learning and reducing common misunderstandings in chemistry. For this purpose, six questions were selected from six different topics in the field related to the concept of acidity and solubility. Based on virtual education with software for some people in the school, the results of two separate groups in two different schools were examined to evaluate the effectiveness of virtual education.

Four research questions were posed:

- Does practical training in a laboratory setting affect students' learning compared to purely theoretical training?
- Does practical training in a laboratory setting based on software affect students' learning compared to purely theoretical training?
- How does students' learning compare to topics they encounter daily versus topics they have no prior mental background on?
- Does the use of practical/software laboratory training affect students' learning of challenging topics and everyday topics?

Methodology

The present study is classified as applied research in terms of its purpose, and as a survey study in terms of data collection, and as a quantitative comparative study in terms of data analysis. The tool of the study is a questionnaire, based on which six conceptual chemistry questions were prepared, and the correct response rate of statistical population of students to the questionnaire was examined. Cronbach's alpha (0.959) obtained indicated a very high reliability of the questionnaire and good internal consistency for the questions. While the questionnaires were completed in one group without any practical and virtual training, for the other group, the concepts in question were taught through a practical experiment and a virtual laboratory with the help of software, and then the questions were answered. The present study was conducted in the statistical population of tenth-grade science students in the academic year 2022-2023. One class from Hazrat Sakineh Girls' High School (30 students) and one class from Azadi High School in Marvdasht (30 students) were randomly selected. The two schools were selected in such a way that the tenth-grade laboratory teacher of both classes was the same. Consultation with the principal, interview with the teacher, and comparison of the average grade of the two selected classes showed that both classes have almost the same scientific level, and the only difference between them is the laboratory facilities of the two schools. In one school, due to the presence of a laboratory and the required facilities, all the experiments in the tenth-grade laboratory textbook were carried out

practically (group one), and in the other group, due to the lack of school facilities, was taught only theoretically. Thus, 30 students of the same gender and grade were selected as samples from the two classes under study. The research questionnaire was distributed among the sample members of the two classes, and then the resulting data was collected.

Results and Discussion

Based on the results obtained from the statistical population under study, school students for whom the experiments were conducted have a deeper understanding of chemistry concepts and a better ability to apply and generalize to similar situations in life, and their level of misunderstanding is lower because the significance level for most of the questionnaire items is lower than 0.05.

Conclusion

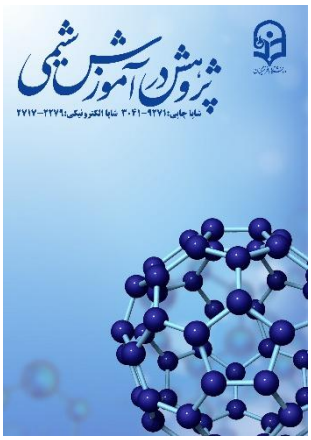
Conducting experiments and engaging students' multiple senses plays an important role in the process of learning abstract concepts and theories of experimental sciences, especially chemistry. This enables students to participate in practical work instead of listening to the teacher's lectures about concepts, and by increasing their motivation, their scientific skills are also enhanced. The results of this study, which aimed to investigate the effect of conducting practical activities and experiments in schools on students' understanding, its effect on reducing misunderstandings, and analyzing related hypotheses, show that there is no significant difference between the responses of the two groups of students to questions that they frequently encounter in their living environment. However, there is a significant difference between the responses of the two groups of students to more challenging questions whose understanding depends on conducting practical and experimental activities. The results of this study show that, according to the questions posed, students who received training based on practical experiments answered more questions correctly than the students who received only theoretical training. In addition, software-based experimental teaching also resolved students' misunderstandings in question six. This shows that conducting textbook experiments consolidates the concepts learned, and since the student's mind is engaged in this problem during the practical experiment and searches for a solution, the topic which has been learnt is forgotten later. Conducting experiments through software also leads to improved learning and a deeper understanding of the material than purely theoretical training due to the involvement of students' minds with related topics and audio-visual training in a software environment to simulate a face-to-face laboratory environment. Thus, conducting more research in this field with a larger statistical population and achieving broader results will lead to better and more accurate decisions to improve the quality of education, especially for courses with both theoretical and practical content, while preventing the risks of conducting experiments in a real environment that threaten the health of students and teachers, will provide a safe and peaceful environment for educating the future generation of the country.

تاریخ دریافت: ۱ بهمن ۱۴۰۳
تاریخ بازنگری: ۲۷ اردیبهشت ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۹ تیر ۱۴۰۴
تاریخ انتشار: ۱ فروردین ۱۴۰۵

پژوهش در آموزش شیمی، دوره ۸، شماره ۱، صفحات ۱۸۱–۱۶۲
شاپا چاپی: ۹۲۷۱–۳۰۴۱
شاپا الکترونیکی: ۲۲۷۹–۲۷۱۷

مقایسه بین آموزش تئوری و آموزش آزمایشگاهی عملی/ نرم‌افزاری در بهبود یادگیری مفاهیم شیمی و رفع کج‌فهمی

۱. فائزه شه دوست‌فرد*: گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹–۱۴۶۶۵، تهران، ایران
۲. پری ناز جوانمردی نائینی: گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹–۱۴۶۶۵، تهران، ایران
۳. مریم شیروانی: گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹–۱۴۶۶۵، تهران، ایران
*پست الکترونیک نویسنده مسئول: Shahdost@cfu.ac.ir



نحوه استناددهی: شه دوست‌فرد، فائزه.، جوانمردی نائینی، پری‌ناز.، و شیروانی، مریم. (۱٤۰۵). مقایسه بین آموزش تئوری و آموزش آزمایشگاهی عملی/ نرم‌افزاری در بهبود یادگیری مفاهیم شیمی و رفع کج‌فهمی. *پژوهش در آموزش شیمی*، ۸(۱)، ۱۸۱–۱۶۲.
DOI: 10.48310/chemedu.2025.18104.1300

چکیده

پیشینه و اهداف: تغییر مکرر محتوای آموزشی و وجود برخی مفاهیم انتزاعی در درس شیمی کج‌فهمی‌های متعددی برای دانش‌آموزان ایجاد کرده است. از این رو هدف از پژوهش حاضر بررسی ضرورت توجه به نقش انجام آزمایش‌های کتاب در محیط مجازی و حضوری شیمی در مدارس به عنوان عامل پیشران مؤثر در موفقیت و فهم دانش‌آموزان است. **روش‌ها:** تحقیق حاضر از نظر دسته‌بندی تحقیقات بر حسب هدف، از نوع کاربردی و بر حسب نحوه گردآوری داده‌ها، پرسش‌نامه‌ای و از نظر تجزیه و تحلیل داده‌ها از نوع کمّی و مقایسه‌ای به شمار می‌رود. ابزارمطالعه این تحقیق پرسشنامه است و بر این اساس شش سؤال مفهومی شیمی تهیه شده و میزان پاسخ صحیح جامعه آماری دانش‌آموزان به پرسش‌نامه بررسی گردیده است. میزان آلفای کرونباخ (۰/۹۵۹) به دست‌آمده نشان‌دهنده پایایی بسیار بالای پرسش‌نامه و سازگاری درونی خوب برای سؤالات است. در حالی که پرسش‌نامه‌ها در یک گروه بدون هیچ آموزشی عملی و مجازی تکمیل گردید، برای گروه دیگر مفاهیم مورد سؤال توسط آزمایش عملی و همچنین آزمایشگاه مجازی به کمک نرم‌افزار آموزش داده شد و سپس به سؤالات پاسخ داده شد. **یافته‌ها:** بر اساس نتایج حاصل از جامعه آماری مورد مطالعه، دانش‌آموزان مدرسه‌ای که آزمایش‌ها برای آن‌ها انجام شده است، فهم عمیق‌تری نسبت به مفاهیم شیمی و توانایی بهتری در به‌کارگیری و تعمیم موقعیت‌های مشابه در زندگی دارند و میزان کج‌فهمی آن‌ها کمتر است، زیرا سطح معناداری برای اکثر سؤالات پرسش‌نامه پایین‌تر از ۰/۰۵ است. **نتیجه‌گیری:** این امر حاکی از آن است که انجام آزمایش کتب درسی در یادگیری بهتر و رفع کج‌فهمی اثر مثبت دارد. علاوه بر این، انجام مجازی آزمایش‌ها از طریق نرم‌افزارهای آزمایشگاهی مرتبط منجر به درک بهتر مفاهیم درسی می‌شود.

کلیدواژگان: *فناوری آموزشی، آموزش شیمی، آزمایشگاه مجازی، کج‌فهمی، نرم افزار شیمی.*

مجوز و حق نشر: © ۱۴۰۵ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله توسط دانشگاه فرهنگیان به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

مقدمه

بررسی داده‌های مرکز آمار ایران نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر تمایل به ترک تحصیل در میان دانش‌آموزان افزایش یافته است (مرکز آمار ایران). کارشناسان دلایل مختلفی برای وضعیت نابسامان آموزش مدارس در کشور عنوان می‌کنند؛ علاوه بر مشکلات اقتصادی و اجتماعی، بی‌رغبتی و بی‌انگیزگی دانش‌آموزان نسبت به ادامه تحصیل و همچنین تغییر مکرر محتواهای آموزشی از جمله مسائلی که در دهه اخیر نظام آموزشی کشور به آن دچار شده است. در سال‌های اخیر گسترش محتواهای غیردرسی متعدد در زمینه‌های مختلف رغبت دانش‌آموزان به یادگیری مباحث درسی را تحت‌الشعاع قرار داده است. در میان دروس مختلف، درس شیمی به دلیل تنوع مفاهیم انتزاعی و کاربردی نیاز به به‌کارگیری روش‌های مختلف آموزش مبتنی بر پژوهش و متناسب با موضوع مدنظر دارد. دانش شیمی دارای دو بعد محتوایی و روشی است که بعد محتوایی آن شامل مجموعه‌ای از مفاهیم و دانسته‌ها است و بعد روشی آن آزمایش‌ها و تجربه‌های عملی را در برمی‌گیرد. به دلیل آن که در علم شیمی به پشتوانه اجرای آزمایش‌های تجربی امکان رد کردن فرضیه‌های عملی قبلی و مطرح‌کردن حدس‌های جدید وجود دارد، بنابراین بهترین روش آموزش آن روش مبتنی بر بعد تجربی و آزمایشگاهی می‌باشد (احمدی و خدایی، ۱۳۹۹). لوانت [1] و همکارانش آزمایش را به عنوان یک تجربه یادگیری بیان می‌کنند که در آن دانش‌آموزان از طریق منابع ثانویه اطلاعات مفیدتری جهت مشاهده و درک بهتر جهان طبیعی به‌دست می‌آورند (حاجی عباسی و مرادی، ۱۴۰۱). مدرسان شیمی در سراسر دنیا با انجام آزمایش‌های متنوع به دنبال اهداف مختلفی مانند تشویق به مشاهده و بیان جزئیات، افزایش توجه و تمرکز، تقویت خلاقیت، ایجاد تکنیک منطقی و استدلالی درک‌شده در مخاطبان خود هستند. در بررسی برنامه درسی ملّی کشورهای انگلستان و ولز [2] نیز به انجام آزمایش توسط معلم جهت بهبود مهارت درک و حل مسئله، ایجاد تفکر انتقادی و مهارت کار گروهی تأکید شده‌است (نورحسنیزا و همکاران، ۲۰۲٤). علاوه بر این، کج‌فهمی مطالب و حل آن چالش مهمی در مسیر آموزش درس شیمی است. گستردگی و تنوع بسیار زیاد مفاهیم و موضوعات شیمی، سبب افزایش کج‌فهمی‌های ایجاد شده در این درس نیز شده‌است. این کج‌فهمی‌ها اغلب به عنوان اعتقادات غیرعلمی، سوء تفاهم‌های مفهومی و مفاهیم غلط بیان می‌شوند و از آن‌ها به عنوان بازدارنده یادگیری معنادار و دائمی در دانش‌آموزان یاد می‌شود. به عبارتی دیگر، کج‌فهمی‌ها به عنوان موانع یادگیری شناخته می‌شوند و شناخت آن‌ها برای بهبود فرآیند آموزشی ضروری است (دل انگیز و محمدپور یوسفی، ۱٤۰۱). در حل مسئله کج‌فهمی تلفیق دیدگاه میکروسکوپی و مایکروسکوپی، دانش تئوری و تجربه آزمایشگاهی نقش مهمی دارد (نورحسنیزا و همکاران، ۲۰۱٤)، اما در حقیقت این رویکرد تعاملی در فضای آموزشی کشور ایران بسیار کم دیده می‌شود که این امر می‌تواند ناشی از دلایل متعددی باشد. زمان کلاس نسبت به حجم عظیم مطالب درسی کم است و علاوه بر این، اغلب دانش‌آموزان در آزمایشگاه‌های علوم معمولاً درگیر انجام فعالیت‌های فنی (انجام مراحل آزمایش طبق دستورالعمل‌های معلم و آنچه که در دستور کارآمده است) هستند و فرصتی برای تحلیل آزمایش انجام شده و ارائه تفسیرها و بازخوردها توسط معلمان وجود ندارد. گاهی اوقات نیز مفاهیمی که دانش‌آموزان درک می‌کنند، نمی‌تواند به درستی پدیده‌های علمی را توضیح دهد و منجر به کج‌فهمی می‌شود (قاسمیان و محمودی‌فرد، ۱٤۰۱).

[1] Levant
[2] Wales

هر چند آموزش مبتنی بر تجربیات عملی منجر به توسعه علمی و ایجاد دانش توسط خود دانش‌آموز می‌شود و انگیزه، مهارت حل مسئله و همچنین درک ماهیت علم و تفکر طبیعت‌گرایانه او را تقویت می‌کند (لوگر[1] و سوک[2]، ۲۰۱۱)، اما انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی مشکلاتی نیز به همراه دارد. عدم رعایت اصول ایمنی، خرید تجهیزات و مواد شیمیایی با هزینه بسیار زیاد و کمبود زمان کافی در کلاس درس سبب شده‌است تا این فعالیت‌ها به گونه‌ای مؤثر در برنامه درسی شیمی انجام نشود و تدریس همچنان به شیوه سنتی و قدیمی انجام گیرد.

با پیشرفت فناوری، آزمایش‌های مجازی به ابزاری مؤثر در آموزش تبدیل شده‌اند و انجام آزمایش‌های مبتنی بر نرم‌افزار به ویژه در شرایطی که دسترسی به آزمایشگاه‌های فیزیکی محدود است، می‌توانند نقش مؤثری در بهبود یادگیری داشته‌باشد. آزمایشگاه مجازی در حقیقت یک محیط یادگیری جایگزین آزمایشگاه‌های واقعی پرخطر و پرهزینه است که می‌تواند به صورت عمومی در دسترس دانش‌آموزان و معلمان قرار گیرد. یادگیری مبتنی بر آزمایشگاه‌های مجازی نه تنها یک یادگیری معنادار را از طریق درک مفاهیم، اصول و فرآیندهای مهم فراهم می‌کند؛ بلکه با امکان تکرار یک آزمایش نقاط ضعف دانش‌آموز، شناسایی و برطرف می‌گردد (تاتلی[3] و ایاس[4]، ۲۰۱۱).

هدف از این پژوهش، بررسی چگونگی انجام آزمایش‌های کتاب درسی و فعالیت‌های خلاقانه به هر دو صورت مجازی و حضوری در مدارس و نقش مؤثر آن در افزایش انگیزه و بهبود کیفیت یادگیری دانش‌آموزان و کاهش کج‌فهمی‌های رایج در علم شیمی است. بدین منظور شش سؤال از شش موضوع مختلف در زمینه مفهوم اسیدیته و انحلال‌پذیری انتخاب شد و بر اساس آموزش مجازی با نرم‌افزار برای برخی از افراد در مدرسه نتایج دو گروه مجزا در دو مدرسه متفاوت بررسی شد تا اثربخشی آموزش مجازی مورد ارزیابی قرار گیرد.

پرسش‌های مطرح‌شده در این پژوهش عبارتند از:

۱) آیا آموزش عملی به صورت آزمایشگاهی در محیط حضوری نسبت به آموزش صرفاً تئوری بر میزان یادگیری دانش‌آموزان تأثیر دارد؟

۲) آیا آموزش عملی به صورت آزمایشگاهی مبتنی بر نرم‌افزار نسبت به آموزش صرفاً تئوری بر میزان یادگیری دانش‌آموزان مؤثر است؟

۳) یادگیری دانش‌آموزان در مباحثی که به طور روزمره با آن مواجه می‌شوند، با مباحثی که هیچ پیشینه ذهنی قبلاً در مورد آن نداشته‌اند، چگونه است؟

٤) آیا استفاده از آموزش‌های آزمایشگاهی عملی/نرم‌افزاری در یادگیری مباحث چالشی و مباحث روزمره دانش‌آموزان تأثیر دارد؟

پیشینه پژوهش

همان‌طور که پیشتر ذکر گردید، انجام آزمایش‌های تجربی در مقایسه با یادگیری صرفاً نظری درک بهتری از مفاهیم را برای دانش‌آموزان ایجاد می‌کند (نوری و همکاران، ۱۳۹۸). در مطالعه‌ای توسط کیز[5] و همکارانش بر روی دانش‌آموزان کلاس هشتم، مشخص شده‌است که یادگیری اکتشافی سبب سوق‌دادن دانش‌آموزان به سمت تولید دانش از داده‌های تئوری و تجربی می‌شود و از آنجایی که دانش‌آموزان قادر هستند بین روند انجام آزمایش، مشاهدات و فرضیات موجود، ارتباط

[1] Logar
[2] Savec
[3] Tatli
[4] Ayas
[5] Caze

برقرار کنند، یادگیری معنادار ایجاد می‌شود (هافستین[1] و همکاران، ۲۰۰٤). آزمایش‌های تجربی به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد که مفاهیم را به صورت عملی تجربه کنند. این روش آموزشی به یادگیری فعال کمک می‌کند و می‌تواند انگیزه و علاقه‌مندی دانش‌آموزان را افزایش دهد. در خلال تدریس شیمی مطالعات آزمایشگاهی و تحلیل و تفسیر یافته‌های آزمایش‌های مختلف در حین کارهای عملی-آزمایشگاهی، منجر به یادگیری معنادار در دانش‌آموزان می‌شود. بنابراین می‌توان گفت، هدف اصلی تدریس‌های مبتنی بر آزمایشگاه، مشاهده روابط بین پدیده‌های مختلف و استنتاج مفاهیم بر اساس آن‌ها است (کنان نقیب‌اقلو، ۲۰۲۲). در پژوهشی با هدف بررسی تأثیر آزمایش در ایجاد انگیزه برای تدریس شیمی در سال ۱۳۹۹ مشاهده شده‌است که پس از انجام آزمایش، دانش‌آموزان نسبت به درس شیمی و مباحثی که با محیط آزمایشگاهی مرتبط هستند، مشتاق‌تر و علاقه‌مندتر شده‌اند (حاجی عباسی و مرادی، ۱٤۰۲). بررسی تأثیر انجام آزمایش عملی بر واکنش‌پذیری عناصر شیمیایی در درس شیمی دانش‌آموزان پایه یازدهم در سال ۱٤۰۲ نشان داده‌است که میانگین نمرات پیشرفت تحصیلی در آزمون مربوط به گروه آزمایش و گروه کنترل با سطح اطمینان ۹۵٪ با یکدیگر تفاوت معناداری دارد و میزان یادگیری دانش‌آموزان در روش مبتنی بر آزمایش بیشتر است (علیزاده و علیزاده، ۱٤۰۱). در مطالعه‌ای به منظور بررسی تأثیر استدلال در آزمایشگاه شیمی در مفهوم درک دانش‌آموزان، مشخص شده‌است که بین میانگین‌های پس از آزمون برای هر دو گروه آزمایش و گروه کنترل، تفاوت آماری معناداری وجود دارد؛ بدین معنی که دانش‌آموزان گروه آزمایش که به سؤالات پس‌آزمون پاسخ صحیح داده‌اند نسبت به گروه کنترل بیشتر هستند. همچنین، نسبت دانش‌آموزانی که تصورات نادرست داشتند، در دانش‌آموزان گروه کنترل بیشتر از گروه آزمایش است. این مطالعه نشان می‌دهد که روش استدلالی در درک مفاهیم بنیادی شیمی مؤثرتر از روش‌های تدریس سنتی است (سکرچی[2] و کنپولات[3]، ۲۰۱٤). بررسی تاثیر محیط یادگیری آزمایشگاهی بر نتایج یادگیری دانش‌آموزان دوره متوسطه نشان داده‌است که از میان ابعاد انسجام محیط آموزشی، بعد آزمایشگاهی تأثیرگذارترین بعد بر نگرش فراگیران است. علاوه بر این، در این مطالعه پیشنهاد شده‌است به منظور تعیین وضعیت حقیقی یک محیط آموزشی آزمایشگاهی، از هر پنج بعد آن (شامل محیط مادی، یکپارچگی، انسجام دانش‌آموز، باز بودن و وضوح قوانین) استفاده شود تا متغیرهای محیطی مورد بررسی جهت افزایش یادگیری توسط معلمان، بهتر شناسایی گردد (اولوبو[4]، ۲۰۱۵). در مطالعه‌ای با هدف بررسی روش تدریس معمولی در آزمایش شیمی مشخص شده‌است که تمایل معلمان در نحوه اجرای آزمایش‌ها به صورت آموزش مستقیم یا ساختار یافته است که این امر یکی از انواع روش‌های تدریس سنتی با رویکرد انجام آزمایش می‌باشد. این رویکرد سنتی که غالباً به صورت یادگیری دستورالعملی است، یک روش غیرفعال و بدون درگیرکردن دانش‌آموزان در جریان تدریس است که از رویه انجام‌شده توسط معلم پیروی می‌کند و خلاقیت دانش‌آموز را محک نمی‌زند (نورحسنیزا، ۲۰۱٤). لوگر و همکارش به منظور بررسی فعالیت عملی دانش‌آموزان در مقایسه با انجام آزمایش توسط معلم در آموزش مباحث اولیه شیمی مدرسه متوجه شدند، دانش محتوایی که دانش‌آموزان از طریق انجام آزمایش توسط معلم به دست می‌آورند، در مقایسه با دانش حاصل از انجام فعالیت عملی توسط خود دانش‌آموزان، عمیق‌تر و یادگیری بهتری است، اما اکثر دانش‌آموزان مصاحبه‌شونده اظهار داشتند که انجام آزمایش‌ها توسط خودشان را نسبت به اقدامات معلم (انجام آزمایش توسط معلم) ترجیح می‌دهند (لوگر و سوک،۲۰۱۱).

[1] Hofstein
[2] Sekerci
[3] Canpolat
[4] Olubu

همان‌طور که گفته شد، موضوع آموزش شیمی مبتنی بر آزمایش در پژوهش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته‌است، اما استفاده از نرم‌افزار و برنامه‌های شبیه‌ساز آزمایشگاهی جهت بهبود فرآیند یاددهی-یادگیری و رفع کج‌فهمی‌های رایج به ندرت مورد توجه محققان در این زمینه بوده است. در ادامه به برخی از این موارد اشاره می‌شود.

مهدی‌زاده و همکارانش در مطالعه‌ای نشان داده‌اند که استفاده از روش‌های تعاملی مانند آزمایش‌های فیزیکی و مجازی می‌تواند به کاهش کج‌فهمی کمک کند (مهدی زاده و همکاران، ۱٤۰۰؛ کولیل[1] و همکاران، ۲۰۲۰). این روش‌ها با فراهم‌کردن تجربه‌های عملی و بصری، به دانش‌آموزان کمک می‌کنند تا ارتباط بهتری بین مفاهیم برقرار کنند. در پژوهشی جهت بررسی نقش آزمایشگاه مجازی بر پیشرفت و نگرش دانش‌آموزان در درس شیمی ثابت شده‌است که بهره‌گیری از کاربردهای مختلف آزمایشگاه‌های مجازی در مقایسه با شیوه‌های سنتی تدریس، تأثیر مثبتی بر پیشرفت تحصیلی و تغییر و بهبود نگرش‌های دانش‌آموزان دارد (تویسوز[2]، ۲۰۱۰). همچنین در مطالعه دیگری بیان شده‌است که نرم‌افزارهای آزمایشگاه شیمی مجازی پیشرفته با توجه به قابلیت‌هایشان، می‌توانند به اندازه آزمایشگاه‌های واقعی مفید باشند و این امر علاوه بر توانایی‌های فراگیران در انجام آزمایش‌ها و فهم مطالب، در بهبود توانایی آنان در تشخیص تجهیزات آزمایشگاهی نیز دیده شده‌است (تاتلی و ایاس، ۲۰۱۳).

در بررسی درک دانش‌آموزان از مفاهیم، مشخص شده‌است که تعداد زیادی از دانش‌آموزان قادر به به‌کارگیری دانش شیمیایی خود در موقعیت‌های زندگی واقعی نیستند. این مطالعه ضمن شناسایی برخی تصورات غلط در مورد راه‌حل‌های ایجاد شده توسط دانش‌آموزان، پیشنهاد کرده است که نتایج را می‌توان در تحقیقاتی که استراتژی‌های آموزشی برای غلبه بر سوء تفاهم دانش‌آموزان ایجاد می‌کند، استفاده کرد. بررسی طراحی و اعتبارسنجی آزمایشگاه شیمی در آموزش در سال ۲۰۲۱ نشان داده‌است که استفاده از فناوری واقعیت افزوده[3] در تدریس منجر به افزایش یادگیری و انگیزه دانش‌آموزان می‌شود. علاوه بر این، بررسی نتایج حاصل از پرسش‌نامه نیز بر نقش آزمایشگاه شیمی مجازی در بهبود تدریس کلاس درس تأکید دارد (تسای[4] و همکاران، ۲۰۲۱).

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ترکیب هر دو نوع آزمایش حضوری و مجازی می‌تواند، به بهبود یادگیری و کاهش کج‌فهمی‌ها کمک کند و معلمان باید توانایی استفاده از هر دو سبک تدریس مبتنی بر آزمایش حضوری و مجازی را داشته باشند تا بتوانند بهترین نتایج را در فرآیند یاددهی-یادگیری ایجاد کنند (هتی[5] و تیمپرلی[6]، ۲۰۰۷). بدین ترتیب، روش‌های تدریس فعال مبتنی بر نرم‌افزارهای علمی، می‌تواند فهم عمیق‌تری از مفاهیم شیمی ایجاد کند.

در این راستا، نرم‌افزار بِشِر[7] یک برنامه جالب برای شبیه‌سازی یک آزمایشگاه مجازی شیمی مخصوص دستگاه‌های اندروید است که توسط شرکت تی‌اچ‌آی‌ایکس[8] ارائه شده و از طریق گوگل پلی منتشر شده‌است. این نرم‌افزار با شبیه‌سازی انواع مواد شیمیایی، ابزارهای متنوع و وسایل موجود در آزمایشگاه‌ها این امکان را ایجاد می‌کند تا به آسانی چندین ماده با هم ترکیب شوند و واکنش‌های آن‌ها به صورت دقیق و جزء به جزء بررسی گردد. بیش از ۱۵۰ ماده مختلف در لیست امکانات این آزمایشگاه مجازی وجود دارد که با ترکیب آن‌ها با یکدیگر واکنش‌های متنوعی قابل انجام است. هیچ گونه محدودیتی در استفاده از این

[1] Kolil
[2] Tüysüz
[3] Augmented Reality
[4] Tsai
[5] Hattie
[6] Timperley
[7] BEAKER – Mix Chemicals Full Unlocked
[8] THIX

نرم‌افزار وجود ندارد و تمامی نتایج به دست‌آمده قبلا توسط طراحان برنامه، بررسی و ارزیابی شده‌است. نام ترکیبات، فرمول شیمیایی مواد اولیه و فرآورده در حین انجام آزمایش به مخاطب نشان داده می‌شود که این امر به طور قابل توجهی در افزایش سطح دانش و توانایی کاربران مؤثر است (BEAKER – Mix Chemicals Full ۲.۱ آزمایشگاه مجازی شیمی اندروید، ۱۳۹۶، https://www.farsroid.com/beaker-mix-chemicals-full/). در شکل ۱ قسمت (الف) علامت مربوط به این نرم‌افزار نشان داده شده‌است.

نرم‌افزار کرکودیل[1]، آزمایشگاه مجازی مجهز با قابلیت‌های گسترده و تنظیمات آسان است که امکان انجام آزمایش‌های شیمی بدون رفتن به آزمایشگاه و فقط از طریق نرم‌افزار را فراهم می‌کند. از ویژگی‌های مهم این نرم‌افزار، کاربر پسندبودن آن است به طوری که افراد مبتدی به راحتی می‌توانند از آن استفاده کنند (https://shimist.ir/۷۸۹/chemistry-software-crocodilechemistry/). مواد و وسایلی که در این نرم افزارگنجانده شده‌است، به طور کامل نیازهای یک آزمایش در سطح دروس دبیرستان و سطوح پیشرفته‌تر را تأمین می‌کند. در شکل ۱ قسمت (ب) علامت مربوط به این نرم‌افزار نشان داده شده‌است.

نرم‌افزار شیمی‌دان غیر واقعی[2] یک صفحه آزمایشگاهی تعاملی است که در آن می‌توان مواد شیمیایی را با هم مخلوط کرد و با تنظیم کمیت و سرعت واکنش آزمایش‌هایی را انجام داد که در شیمی اهمیت دارند (https://myket.ir/app/com.PixelMiller.UnrealChemist). این نرم‌افزار مجموعه وسیعی از آزمایش‌های شیمی را ارائه می‌دهد که امکان کاوش عمیق در طیف گسترده‌ای از واکنش‌های جذاب، عملی و هیجان‌انگیز در قلمرو علم در هر زمان و هر مکانی را فراهم می‌کند. این نرم‌افزار با داشتن بیش از ٤٠٠ ماده شیمیایی به کاربر اجازه می‌دهد تا بیش از ۲۰۰۰ شبیه‌سازی آزمایش شیمیایی منحصر به فرد را انجام داده و تجربه فعالیت آزمایشگاهی به صورت جامع و متنوع را کسب کند. همچنین با دارا بودن جدول تناوبی سه بعدی با ویژگی‌های علمی پیشرفته و نمایش‌های فیزیکی دقیق هر عنصر، طیف انتشار، مدارهای الکترونی و ساختارهای کریستالی آن‌ها، امکان یادگیری شیمی به صورت عملی را افزایش می‌دهد. در این نرم‌افزار می‌توان چگونگی انجام تیتراسیون‌های دقیق و تجزیه و تحلیل آن، بررسی آزمایش‌های انحلال‌پذیری و مشاهده تأثیر متغیرها بر حلالیت مواد شیمیایی، غلظت، تغییرات مقدار pH و دما را تنظیم کرد و از انجام احتراق نمک‌ها و فلزات و همچنین آزمایش‌های شعله بهره برد. در شکل ۱ قسمت (ج) علامت مربوط به این برنامه نشان داده شده‌است.

از آنجایی که انجام اغلب واکنش‌ها به صورت عملی خطرناک و پرهزینه است و عدم رعایت نکات ایمنی احتمال ایجاد خسارات جبران‌ناپذیر برای فرد و آزمایشگاه را به دنبال دارد، استفاده از چنین برنامه‌هایی در تدریس درس شیمی تحول بزرگی در آموزش به ویژه در سطح مدارس ایجاد می‌کند .بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از نرم‌افزار و محیط‌های شبیه‌ساز آزمایشگاهی می‌تواند، جایگزین مناسبی برای آزمایشگاه واقعی با هزینه‌های گزاف و خطرات آن باشد.

شکل ۱ – آیکون‌های مربوط به نرم‌افزارهای (الف) بِشِر، ب) کروکودیل و ج) شیمی‌دان غیر واقعی.

[1] Crocodile
[2] Unreal Chemist

با توجه به اینکه استفاده و نصب نرم‌افزار شیمی‌دان غیرواقعی در مقایسه با دو نرم‌افزار دیگر راحت‌تر و کاربرپسندتر است و همچنین قابلیت انجام آزمایش انحلال‌پذیری مواد مختلف را به خوبی دارد، جهت انجام این پژوهش نیز از امکانات آن بهره گرفته شده‌است.

روش پژوهش

جامعه آماری: تحقیق حاضر در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ بر روی جامعه آماری دانش‌آموزان رشته علوم تجربی پایه دهم است و یک کلاس از دبیرستان دخترانه حضرت سکینه (تعداد ۳۰ نفر دانش‌آموز) و یک کلاس از دبیرستان آزادی شهرستان مرودشت (تعداد ۳۰ نفر دانش‌آموز) به صورت تصادفی انتخاب شده‌است. دو مدرسه به گونه‌ای انتخاب شدند که معلم درس آزمایشگاه پایه دهم هر دو کلاس مورد مطالعه، یکسان باشد. مشورت با مدیر، مصاحبه با معلم و مقایسه میانگین معدل دو کلاس منتخب نشان داد که هر دو کلاس تقریباً از سطح علمی یکسان برخوردار هستند و تنها تفاوت آن‌ها امکانات آزمایشگاهی دو مدرسه است که در یک مدرسه به دلیل وجود آزمایشگاه و امکانات مورد نیاز همه آزمایش‌های کتاب درسی آزمایشگاه علوم تجربی دهم به صورت عملی انجام شده (گروه اول) و در دیگری به علت کمبود امکانات مدرسه این کلاس (گروه دوم) صرفاً به صورت تئوری آموزش داده شده‌است. بدین ترتیب از دو کلاس تحت مطالعه هر کدام به تعداد ۳۰ نفر با جنسیت و پایه یکسان به عنوان نمونه انتخاب شدند. اطلاعات در این پژوهش از روش میدانی و از طریق آزمون جمع‌آوری شد.

ابزارمطالعه: ابزار مطالعه شامل یک پرسش‌نامه محقق ساخته است که جهت جمع‌آوری داده‌های میدانی به منظور بررسی مؤلفه‌های تحقیقاتی جامعه آماری مورد استفاده قرار گرفت. سؤالات پرسش‌نامه بر اساس دو دسته از مباحث چالشی و مباحث آسان انتخاب شدند تا مشخص شود که دانش‌آموزان مدارسی که آزمایش را انجام نمی‌دهند، در فهم همه سؤالات مشکل دارند یا فقط فهم مباحث منتخب چالشی برای آنان دشوار است. نوع سؤالات مباحث چالشی که در آن برخی از موضوعات رایج نیز وجود دارد، از طریق مصاحبه با دانش‌آموزان و معلمان انتخاب گردید. گردآوری ادبیات تحقیق و بررسی پیشینه موضوع، از طریق روش جستجوی کتابخانه‌ای و مطالعه مقالات ملی و بین‌المللی انجام گرفت.

نرم‌افزار استفاده‌شده برای تحلیل داده‌ها: محاسبه پارامتر پایایی پرسش‌نامه‌ها به کمک روش اندازه‌گیری آلفای کرونباخ[1] از طریق نرم‌افزار SPSS ۲۶ انجام شد. دامنه ضریب قابلیت اعتماد آلفای کرونباخ از صفر (۰) به معنای عدم ارتباط تا مثبت یک (+۱) به معنای ارتباط کامل قرار می‌گیرد و هر چه مقدار حاصل به عدد یک نزدیک‌تر باشد، قابلیت اعتماد پرسش‌نامه بیشتر است. میزان آلفای کرونباخ ۰/۹۵۹ به دست‌آمده بیانگر پایایی بسیار بالای پرسش‌نامه و سازگاری درونی خوب برای سؤالات است. روایی محتوایی هر دو پرسش‌نامه توسط استادان صاحب نظر در این زمینه مورد تایید قرار گرفته است. همچنین برای مبحث انحلال‌پذیری، مبحث آزمایش شماره ۱۲ کتاب آزمایشگاه پایه دهم انتخاب گردید و آزمایش به صورت مجازی و از طریق نرم‌افزار شیمی‌دان غیر واقعی انجام شد تا بدین ترتیب تفاوت بین دانش‌آموزان مدرسه‌ای که آزمایش را در محیط مجازی انجام داده‌اند و مدرسه‌ای که آزمایش را انجام نداده و فقط به صورت تئوری تدریس شده است، بررسی گردد. به منظور دستیابی به پاسخ واقعی‌تر، هنگامی که مدت زمان مشخصی از تدریس مباحث مورد نظر سپری شده‌بود، به دانش‌آموزان هر دو مدرسه بدون هماهنگی قبلی فرصت یکسان داده‌شد تا سؤالات پرسش‌نامه طراحی شده را پاسخ دهند.

[1] Cronbach's alpha

روند انجام پژوهش: در این مطالعه، روش تحقیق به کار رفته از نظر دسته‌بندی تحقیقات بر حسب هدف از نوع کاربردی و بر حسب نحوه گردآوری داده‌ها، پرسش‌نامه‌ای و از نظر تحلیل داده‌ها، از نوع کمّی و مقایسه‌ای است. متغیر مستقل، میزان یادگیری و متغیر وابسته هر کدام از سؤالات شیمی می‌باشد.

در این پرسش‌نامه، ٦ سؤال مختلف با ٦ موضوع آزمایش برای هر دو کلاس به طور یکسان انتخاب شد. سؤالات منتخب عبارت‌اند از: ۱) آب کلم قرمز در pHهای تقریبی ۲، ۸ و ۱۲ به ترتیب به چه رنگی تبدیل می‌شود؟ ۲) محلول دم کرده گل گاوزبان در مقابل اسید و باز چه تغییر رنگی دارد؟ ۳) انحلال گازها در آب به ترتیب با کاهش دما و افزایش فشار چه تغییری می‌کند؟ ٤) آزمایش حل‌شدن گازها در آب با افزایش سدیم هیدروژن کربنات به سیتریک اسید و افزایش دما از ۱۰درجه سلسیوس به ۷۰ درجه سلسیوس جرم گاز حل‌نشده در آب _ _ _و _ _ _ pH می‌یابد (جای خالی تکمیل می‌شود). ۵) با قراردادن دو لوله آزمایش حاوی محلول سیرشده پتاسیم نیترات و کلسیم استات در مخلوط آب و یخ _ _ (جای خالی تکمیل گردد) و ٦) انحلال‌پذیری آمونیوم کلرید و کلسیم استات به ترتیب با افزایش دما چه تغییری می‌کند؟

بدین ترتیب، برای ۵ سؤال اول، آزمایش‌های کتاب پایه دهم در یکی از کلاس‌ها توسط دانش‌آموزان و معلم در محیط آزمایشگاه حضوری به صورت عملی انجام شد و همچنین برخی نرم‌افزارهای مرتبط شامل نرم‌افزارهای بِشِر، کروکودیل و شیمی‌دان غیر واقعی نیز به دانش‌آموزان معرفی گردید تا آن‌ها در منزل هم بتوانند مجدداً آزمایش را به صورت مجازی انجام دهند، اما در کلاس دیگر مطالب فقط به صورت تئوری به دانش‌آموزان تدریس شد.

برای پاسخ به سؤال آخر، دانش‌آموزان گروه اول به جای انجام آزمایش در محیط حضوری آزمایشگاه، آزمایش را به کمک نرم‌افزار شیمی‌دان غیر واقعی که پیش‌تر در مورد آن توضیح داده شد، انجام دادند، در حالی‌که برای گروه دوم تدریس صرفاً تئوری و بدون نرم‌افزار در نظر گرفته شد. در پایان پاسخ‌های هر دو گروه دانش‌آموزان جمع‌آوری گردید و برای مقایسه نتایج از آزمون آماری مربع کای یا کای دو استفاده شد.

در این پژوهش با توجه به نوع متغیرها از آزمون کی دو در جدول توافقی استفاده شده‌است. برای مقایسه یک متغیر کیفی بین دو گروه آزمون کی دو در جدول توافقی به کار می‌رود. آزمون کی دو از نوع آزمون‌های ناپارامتری در آمار است که بر اساس مقادیر مشاهده شده و مقادیر مورد انتظار می‌باشد. در جدول توافقی مقدار مشاهده شده تعدادی از نمونه‌هایی است که در یک خانه قرار دارند و مقدار مورد انتظار نیز تعدادی از نمونه‌ها است که در صورت مستقل‌بودن دو متغیر پیش‌بینی می‌شود.

فرض صفر در این آزمون بیان می‌کند که بین دو گروه رابطه‌ای وجود ندارد و مستقل از یکدیگر هستند. فرض مقابل بیان می‌کند که بین دو گروه رابطه وجود دارد. چنانچه فرض استقلال پذیرفته شود، بدین معنی است که تفاوت میان فراوانی مشاهده شده و مورد انتظار اتفاقی و ناچیز است. پیش‌فرض‌هایی که قبل از انجام این آزمون‌ها باید برقرار باشند، عبارت‌اند از:

۱. نمونه‌گیری تصادفی: مشاهدات باید به‌طور تصادفی از جامعه انتخاب شوند.

۲. استقلال مشاهدات: هر مشاهده مربوط به یک نفر است و هیچ شخصی دو بار در نمونه‌گیری حساب نمی‌شود.

در این پژوهش از آزمون ناپارامتری کی دو در جدول توافقی برای مقایسه دو روش تدریس در مفاهیم شیمی و کج فهمی با نرم افزار spss٢٦ استفاده شده است و فرمول زیر برای محاسبه آماره کی دو به کار رفته است.

$$\chi^2 = \sum \frac{(Fo-Fe)2}{Fe}$$

در جایی که X^2 شاخص کی دو، F_O فراوانی مشاهده شده و F_e فراوانی مورد انتظار می‌باشد.

یافته‌ها

بر اساس پرسش‌نامه طراحی شده، ٦ سؤال منتخب از هر گروه دانش‌آموزان پرسیده شد و به منظور تحلیل نتایج پاسخ‌های جمع‌آوری شده به صورت جدول توزیع فراوانی تهیه گردید. نتایج آنالیز آماری مربوط به هر سؤال پرسش‌نامه که توسط نرم‌افزار SPSS ٢٦ انجام شده است، در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ١ توزیع فراوانی مربوط به پاسخ سؤال "آب کلم قرمز در pHهای تقریبی ٢، ٨ و ١٢ به ترتیب به چه رنگی تبدیل می‌شود؟" را به تفکیک دو گروه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در مدرسه‌ای که دانش‌آموزان آزمایش عملی انجام داده‌اند، ٤ نفر دانش‌آموز (٦/٧ درصد) پاسخ غلط و ٢٦ نفر دانش‌آموز (٤٣/٣ درصد) پاسخ صحیح را انتخاب کرده‌اند، در حالی که در مدرسه‌ای که در آن تدریس صرفاً به صورت تئوری بوده است ١٠ نفر دانش‌آموز (١٦/٧ درصد) پاسخ غلط و ٢٠ نفر دانش‌آموز (٣٣/٧٣ درصد) پاسخ صحیح داده‌اند. بنابراین تعداد پاسخ‌های صحیح به این سؤال در دانش‌آموزانی که آزمایش را به طور عملی انجام داده‌اند، بیشتر از دانش‌آموزانی است که آموزش صرفاً تئوری داشته‌اند. بررسی آنالیز آماری نشان می‌دهد که بر اساس سطح معناداری ٠/٠٦٧ که از مقدار آلفای ٠/٠٥ بیشتر است، فرض برابری تعداد پاسخ‌های صحیح دانش‌آموزانی که آزمایش انجام داده‌اند، با سایر دانش‌آموزان تایید می‌شود. بنابراین هر دو گروه دانش‌آموزان به این مبحث به خوبی پاسخ داده‌اند و بین پاسخ‌های دو گروه برای این سؤال تفاوت معناداری وجود ندارد. این امر نشان می‌دهد که انجام و عدم انجام آزمایش عملی مربوط به این مبحث درک جدیدی در فهم این مبحث برای آن‌ها ایجاد نکرده است. از آنالیز به‌دست آمده، شاید بتوان اینگونه نتیجه گرفت که مبحث این سؤال به مفاهیم اسید و باز مربوط می‌شود و آب کلم قرمز جزء مباحثی است که دانش‌آموز در زندگی روزمره با آن مواجه بوده است. بنابراین در پاسخ به پرسش سوم و چهارم پژوهش که عبارت‌اند از "یادگیری دانش‌آموزان در مباحثی که به طور روزمره با آن مواجه می‌شوند با مباحثی که هیچ پیشینه ذهنی قبلاً در مورد آن نداشته‌اند، چگونه است؟" و "آیا استفاده از آموزش‌های آزمایشگاهی عملی/نرم‌افزاری در یادگیری مباحث چالشی و مباحث روزمره دانش‌آموزان تأثیر دارد؟" می‌توان گفت که دانش‌آموزان درک مشخصی از پدیده‌هایی که هر روز با آن مواجه می‌شوند، دارند و انجام و عدم آزمایش عملی تاثیر متفاوتی در فهم این مباحث برای آنان ندارد.

جدول ١- توزیع فراوانی مربوط به سؤال اول "آب کلم قرمز در pHهای تقریبی ٢، ٨ و ١٢ به ترتیب به چه رنگی تبدیل می‌شود؟" به تفکیک مدرسه

آب کلم قرمز در pHهای تقریبی ٢، ٨ و ١٢ به ترتیب به چه رنگی تبدیل می‌شود؟	جواب	مدرسه				آماره کی دو	معناداری
		تدریس با انجام آزمایش		تدریس صرفاً تئوری			
		فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	٣/٣٥	٠/٠٦٧
	غلط	٤	٦/٧	١٠	١٦/٧		
	صحیح	٢٦	٤٣/٣	٢٠	٣٣/٣		
	کل	٣٠	٥٠	٣٠	٥٠		

جدول ۲ توزیع فراوانی مربوط به پاسخ سؤال دوم "محلول دم کرده گل گاوزبان در مقابل اسید و باز چه تغییر رنگی دارد؟" را به تفکیک دو گروه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در مدرسه‌ای که دانش‌آموزان آزمایش عملی انجام داده‌اند، ۵ نفر دانش‌آموز (۸/۳ درصد) پاسخ غلط و ۲۵ نفر دانش‌آموز (٤١/٧ درصد) پاسخ صحیح داده‌اند، در حالی که در مدرسه‌ای که آموزش به صورت تئوری و بدون انجام آزمایش بوده است، ۱۲ نفر دانش‌آموز (۲۰ درصد) پاسخ غلط و ۱۸ نفر دانش‌آموز (۳۰ درصد) پاسخ صحیح داده‌اند. بنابراین تعداد پاسخ‌های صحیح به سؤال دوم در دانش‌آموزانی که آزمایش عملی انجام داده‌اند، بیشتر از دانش‌آموزانی است که آزمایش آموزش صرفاً تئوری داشته‌اند. بررسی آنالیز آماری نشان می‌دهد که بر اساس سطح معناداری ۰/۰٤٥ که از مقدار آلفای ۰/۰۵ کمتر است، فرض برابری تعداد پاسخ‌های صحیح دانش‌آموزان مدرسه‌ای که آزمایش انجام داده‌اند با دانش‌آموزان مدرسه‌ای که آزمایش انجام نداده‌اند، رد می‌شود. بنابراین بین پاسخ‌های دو گروه برای سؤال دوم تفاوت معناداری وجود دارد و تعداد پاسخ‌های صحیح دانش‌آموزانی که آزمایش را به صورت عملی انجام داده‌اند، بیشتر است. اگر چه این سؤال نیز از مبحث اسید و باز مطرح شده است، اما از آن جایی که نسبت به سؤال قبل، دانش‌آموزان کمتر در زندگی روزمره با آن مواجه شده‌اند، در درک این مبحث تفاوت بیشتری بین دو گروه دیده شده است.

جدول ۲- توزیع فراوانی مربوط به سؤال دوم "محلول دم کرده گل گاوزبان در مقابل اسید و باز چه تغییر رنگی دارد؟" به تفکیک مدرسه

محلول دم کرده گل گاوزبان در مقابل اسید و باز به چه تغییر رنگی دارد؟	جواب	مدرسه				آماره کی دو	معناداری
		تدریس با انجام آزمایش		تدریس صرفاً تئوری			
		فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	٤/٠٢	۰/۰٤٥
	غلط	۵	۸/۳	۱۲	۲۰		
	صحیح	۲۵	٤١/٧	۱۸	۳۰		
	کل	۳۰	۵۰	۳۰	۵۰		

جدول ۳ توزیع فراوانی مربوط به پاسخ سؤال سوم "انحلال گازها در آب به ترتیب با کاهش دما و افزایش فشار چه تغییری می‌کند؟" را به تفکیک دو مدرسه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در مدرسه‌ای که آزمایش به صورت عملی انجام شده است، ٦ نفر دانش‌آموز (۱۰ درصد) پاسخ غلط و ٢٤ نفر دانش‌آموز (٤٠ درصد) پاسخ صحیح داده‌اند، در حالی که در مدرسه‌ای که تدریس فقط به صورت تئوری بوده است، ١٦ نفر دانش‌آموز (٢٦/٧ درصد) پاسخ غلط و ١٤ نفر دانش‌آموز (٢٣/٣ درصد) پاسخ صحیح داده‌اند. بنابراین تعداد پاسخ‌های صحیح به سؤال سوم در دانش‌آموزانی که آزمایش انجام داده‌اند، بیشتر از دانش‌آموزانی است که آموزش تئوری داشته‌اند. بررسی آنالیز آماری نشان می‌دهد که بر اساس سطح معناداری ۰/۰۰۷ که از مقدار آلفای ۰/۰۵ کمتر است، فرض برابری تعداد پاسخ‌های صحیح دانش‌آموزان مدرسه‌ای که آزمایش عملی انجام داده‌اند با دانش‌آموزان مدرسه‌ای که آزمایش انجام نداده‌اند، رد می‌شود. بنابراین برای این سؤال بین پاسخ‌های دانش‌آموزان دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد و تعداد پاسخ‌های صحیح دانش‌آموزان با انجام آزمایش افزایش یافته است.

جدول ۳- توزیع فراوانی مربوط به سؤال سوم "انحلال گازها در آب به ترتیب با کاهش دما و افزایش فشار چه تغییری می‌کند؟" به تفکیک مدرسه

انحلال گازها در آب به ترتیب با کاهش دما و افزایش فشار چه تغییری می‌کند؟	جواب	مدرسه				آماره کی دو	معناداری
		تدریس با انجام آزمایش		تدریس صرفاً تئوری			
		فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	۷/۱۷	۰/۰۰۷
	غلط	٦	۱۰	١٦	٢٦/٧		
	صحیح	٢٤	٤٠	١٤	٢٣/٣		
	کل	۳۰	۵۰	۳۰	۵۰		

جدول ٤ توزیع فراوانی مربوط به پاسخ سؤال چهارم "در آزمایش حل‌شدن گازها در آب با افزایش سدیم هیدروژن کربنات به سیتریک اسید و افزایش دما از ۱۰ درجه سلسیوس به ۷۰ درجه سلسیوس جرم گاز حل نشده در آب ـ ـ ـ و pH ـ ـ ـ می‌یابد." را به تفکیک دو مدرسه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در گروهی که آموزش بر اساس آزمایش بوده است، ۷ نفر دانش‌آموز (۱۱/۷ درصد) پاسخ غلط و ۲۳ نفر دانش‌آموز (۳۸/۳ درصد) پاسخ صحیح داده‌اند، در حالی که در مدرسه‌ای که آموزش صرفاً به صورت تئوری بوده است، ۱۹ نفر دانش‌آموز (۳۱/۷درصد) پاسخ غلط و ۱۱ نفر دانش‌آموز (۱۸/۳ درصد) پاسخ صحیح داده‌اند. بنابراین تعداد پاسخ‌های صحیح سؤال چهارم برای دانش‌آموزانی که آزمایش انجام داده‌اند، بیشتر از دانش‌آموزانی است که آزمایش انجام نداده‌اند. بررسی آنالیز آماری نشان می‌دهد که بر اساس سطح معناداری ۰/۰۰۲ که از مقدار آلفای ۰/۰۵ کمتر است، فرض برابری تعداد پاسخ‌های صحیح دانش‌آموزان کلاسی که آزمایش انجام داده‌اند، با دانش‌آموزان که آموزش صرفاً به صورت تئوری دریافت کرده‌اند، رد می‌شود. بنابراین تفاوت معناداری بین پاسخ‌های دانش‌آموزان دو گروه برای این سؤال وجود دارد و تعداد پاسخ‌های صحیح مربوط به گروه مبتنی بر انجام آزمایش بیشتر است. این امر نشان می‌دهد که برای این سؤال که جزء مباحث چالشی دسته‌بندی شده است و دانش‌آموزان هیچ دانشی از قبل نسبت به آن ندارند، آموزش عملی، بسیار اهمیت دارد.

جدول ٤- توزیع فراوانی مربوط به سؤال چهارم "در آزمایش حل شدن گازها در آب با افزایش سدیم هیدروژن کربنات به سیتریک اسید و افزایش دما از ۱۰ درجه سلسیوس به ۷۰ درجه سلسیوس جرم گاز حل نشده در آب ـ ـ ـ و pH ـ ـ ـ می‌یابد." به تفکیک مدرسه

	جواب	مدرسه				آماره کی دو	معناداری
		تدریس با انجام آزمایش		تدریس صرفاً تئوری			
در آزمایش حل شدن گازها در آب با افزایش سدیم هیدروژن کربنات به سیتریک اسید و افزایش دما از ۱۰ درجه سلسیوس به ۷۰ درجه سلسیوس جرم گاز حل نشده در آب-- ـ ـ ـ و pH ـ ـ ـ می‌یابد.		فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	۹/۷۷	۰/۰۰۲
	غلط	۷	۱۱/۷	۱۹	۳۱/۷		
	صحیح	۲۳	۳۸/۳	۱۱	۱۸/۳		
	کل	۳۰	۵۰	۳۰	۵۰		

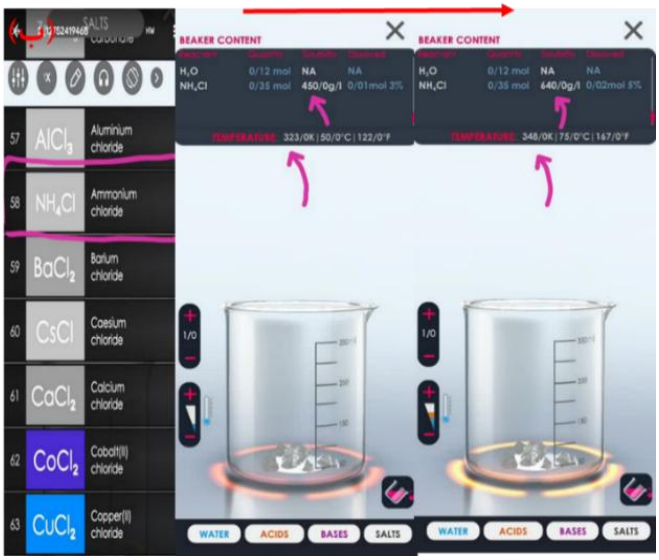
جدول ۵ توزیع فراوانی مربوط به پاسخ سؤال پنجم "با قراردادن دو لوله آزمایش حاوی محلول سیرشده پتاسیم نیترات و کلسیم استات در مخلوط آب و یخ ـ ـ ـ ." را به تفکیک دو مدرسه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در مدرسه‌ای که دانش‌آموزان آن، آزمایش عملی انجام داده‌اند، ٤ نفر دانش‌آموز (٦/٧ درصد) پاسخ غلط و ٢٦ نفر دانش‌آموز (٤٣/٣ درصد) پاسخ صحیح داده‌اند، در حالی که در مدرسه‌ای که آموزش صرفاً به صورت تئوری بوده است، ۱۷ نفر دانش‌آموز (۲۸/۳ درصد) پاسخ غلط و ۱۳ نفر دانش‌آموز (۲۱/۷ درصد) پاسخ صحیح داده‌اند. بنابراین تعداد پاسخ‌های صحیح به این سؤال در دانش‌آموزانی که آزمایش را به صورت عملی انجام داده‌اند، بیشتر از دانش‌آموزانی است که آزمایش را به صورت تئوری یاد گرفته‌اند. بررسی آنالیز آماری نشان می‌دهد که بر اساس سطح معناداری ۰/۰۰۰ که از مقدار آلفای ۰/۰۵ کمتر است، فرض برابری تعداد پاسخ‌های صحیح دانش‌آموزان دو گروه رد می‌شود. بنابراین بین پاسخ‌های دانش‌آموزان دو مدرسه برای این سؤال تفاوت معناداری وجود دارد و تعداد پاسخ‌های صحیح دانش‌آموزان با انجام آزمایش به صورت عملی بیشتر است. از آن جایی که دانش‌آموزان تا پیش از این، تصوری از دو ماده مذکور نداشتند و گروه دوم بر اساس کج‌فهمی رایج، پاسخ اشتباه داده‌است، این امر نقش آموزش مبتنی

بر انجام آزمایش عملی در بیان مسئله را به وضوح نشان می‌دهد. بنابراین، در پاسخ به پرسش اول این پژوهش "آیا آموزش عملی به صورت آزمایشگاهی در محیط حضوری نسبت به آموزش صرفاً تئوری بر میزان یادگیری دانش‌آموزان تأثیر دارد؟" می‌توان گفت که آموزش عملی به صورت آزمایشگاهی نقش مهمی در بهبود یادگیری دانش‌آموزان نسبت به آموزش صرفاً تئوری دارد.

جدول ۵- توزیع فراوانی مربوط به سؤال پنجم "با قرار دادن دو لوله آزمایش حاوی محلول سیرشده پتاسیم نیترات و کلسیم استات در مخلوط آب و یخ_ _ _ ." به تفکیک مدرسه

		مدرسه				آماره کی دو	معناداری
با قرار دادن دو لوله آزمایش حاوی محلول سیرشده پتاسیم نیترات و کلسیم استات در مخلوط آب و یخ ـــ _ _ ـ.	جواب	تدریس با آزمایش		انجام تدریس صرفاً تئوری			
		فراوانی	درصد	فراوانی	درصد		
	غلط	٤	٦/٧	١٧	٢٨/٣	١٢/٣٨	٠/٠٠٠
	صحیح	٢٦	٤٣/٣	١٣	٢١/٧		
	کل	٣٠	٥٠	٣٠	٥٠		

به منظور پاسخ به پرسش که آیا آزمایش مجازی نیز همانند آزمایش در محیط حضوری اثرگذار است و همچنین بررسی نقش محیط مجازی در فرآیند آموزش در پاسخ به سؤال ششم پرسش‌نامه، از نرم‌افزار شیمی‌دان غیرواقعی استفاده شد. بدین ترتیب پارامترهای مورد نظر در نرم‌افزار تنظیم گردید و آزمایش به صورت مجازی برای دانش‌آموزان گروه اول انجام شد. همان‌طور که محیط این نرم‌افزار در شکل ۲ نشان داده شده‌است، با توجه به قسمت (الف)، با افزایش دمای محلول از ۲۷۳به ۳۷۳ کلوین مقدار انحلال‌پذیری برای ماده کلسیم استات ($Ca(CH_3COO)_2$) از مقدار ۳۲۰ گرم بر لیتر به ۲۹۷ گرم بر لیتر کاهش می‌یابد، در حالی که مطابق با قسمت (ب)، با افزایش دما از ۳۲۳ به ۳٤۸ کلوین، مقدار انحلال‌پذیری برای ماده آمونیوم کلرید (NH_4Cl) از ٤٥٠ گرم بر لیتر به ٦٤٠ گرم بر لیتر بیشتر می‌شود.



شکل ۲- تصویری از محیط نرم‌افزار شیمی‌دان غیر واقعی برای انجام آزمایش مجازی مربوط به سؤال انحلال‌پذیری (الف) آمونیوم کلرید و (ب) کلسیم استات با افزایش دما.

جدول ٦ توزیع فراوانی مربوط به پاسخ سؤال ششم "انحلال‌پذیری آمونیوم کلرید و کلسیم استات به ترتیب با افزایش دما چه تغییری می‌کند؟" را به تفکیک دو مدرسه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در مدرسه‌ای که دانش‌آموزان آن، آزمایش را به صورت نرم‌افزاری انجام داده‌اند، ۳ نفر دانش‌آموز (۵ درصد) پاسخ غلط و ۲۷ نفر دانش‌آموز (٤٥ درصد) پاسخ صحیح داده‌اند، در حالی که در مدرسه‌ای که در آن، تدریس صرفاً به صورت تئوری انجام شده است، ١٤ نفر دانش‌آموز (۲۳/۳ درصد) پاسخ غلط و ١٦ نفر دانش‌آموز (٢٦/٧ درصد) پاسخ صحیح داده‌اند. بنابراین تعداد پاسخ‌های صحیح به سؤال ششم در دانش‌آموزانی که آزمایش را به صورت نرم‌افزاری انجام داده‌بودند، بیشتر از دانش‌آموزانی است که هیچ آموزشی از قبل ندیده بودند. بررسی آنالیز آماری نشان می‌دهد که بر اساس سطح معناداری ۰/۰۰۲ که از مقدار آلفای ۰/۰۵ کمتر است، فرض برابری تعداد پاسخ‌های صحیح برای گروهی که آزمایش را به صورت نرم‌افزاری انجام داده‌اند، با گروهی که آزمایش را انجام نداده‌اند، رد می‌شود. بنابراین تفاوت معناداری بین پاسخ‌های دانش‌آموزان دو گروه برای این سؤال وجود دارد و تعداد پاسخ‌های صحیح دانش‌آموزان با انجام آزمایش نرم‌افزاری بیشتر است. این امر می‌تواند، به دلیل نقش اثرگذار تدریس به کمک نرم‌افزار در محیط مجازی نسبت به تدریس صرفاً تئوری باشد. بنابراین، در پاسخ به پرسش دوم این پژوهش "آیا آموزش عملی به صورت آزمایشگاهی مبتنی بر نرم‌افزار نسبت به آموزش صرفاً تئوری، بر میزان یادگیری دانش‌آموزان مؤثر است" می‌توان گفت که آموزش مبتنی بر نرم‌افزار، یادگیری و درک بهتری نسبت به آموزش صرفاً تئوری برای دانش‌آموزان ایجاد می‌کند.

جدول ٦- توزیع فراوانی مربوط به سؤال ششم "انحلال‌پذیری آمونیوم کلرید و کلسیم استات به ترتیب با افزایش دما چه تغییری می‌کند؟" به تفکیک مدرسه

انحلال‌پذیری آمونیوم کلرید و کلسیم استات به ترتیب با افزایش دما چه تغییری می‌کند؟	جواب	مدرسه				آماره کی دو	معناداری
		تدریس با انجام آزمایش به صورت نرم‌افزاری		تدریس صرفاً تئوری			
		فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	۹/۹۳	۰/۰۰۲
	غلط	۳	۵	۱٤	۲۳/۳		
	صحیح	۲۷	٤٥	۱٦	۲٦/۷		
	کل	۳۰	٥۰	۳۰	٥۰		

بحث و نتیجه‌گیری

انجام آزمایش و درگیرکردن حواس چندگانه دانش‌آموزان نقش مهمی در فرآیند یادگیری مفاهیم و نظریه‌های انتزاعی علوم تجربی به ویژه درس شیمی دارد. این امر دانش‌آموزان را قادر می‌سازد تا به جای گوش‌دادن به سخنرانی معلم در مورد مفاهیم، در کار عملی شرکت کرده و با افزایش انگیزه، مهارت‌های علمی‌شان نیز تقویت شود. نتایج این پژوهش که با هدف بررسی اثر انجام فعالیت‌های عملی و آزمایش در مدارس بر فهم دانش‌آموزان و تأثیر آن بر کاهش کج‌فهمی‌ها و تحلیل فرضیه‌های مرتبط انجام شده است، نشان می‌دهد که بین پاسخ‌های دو گروه از دانش‌آموزان برای سؤالاتی که آن‌ها در محیط زندگی خود به طور مکرر با آن مواجه می‌شوند، تفاوت معناداری وجود ندارد. این در حالی است بین پاسخ دو گروه دانش‌آموزان در سؤالات چالشی‌تر که درک آن به انجام فعالیت‌های عملی و آزمایشی بستگی دارد، تفاوت معناداری وجود دارد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که با توجه به سؤالات مطرح‌شده، دانش‌آموزانی که آموزش مبتنی بر انجام آزمایش عملی را دریافت کرده‌اند، نسبت به دانش‌آموزانی که صرفاً آموزش تئوری داشته‌اند، پاسخ صحیح بیشتری به سؤالات داده‌اند. علاوه بر این، تدریس مبتنی بر آزمایش به صورت نرم‌افزاری نیز کج‌فهمی دانش‌آموزان در سؤال ششم را برطرف کرده‌است. این امر نشان می‌دهد که انجام آزمایش‌های کتب درسی سبب تثبیت مفاهیم یادگرفته شده می‌شود و از آنجایی که دانش‌آموز در طول انجام آزمایش عملی ذهنش درگیر این مسئله است و برای یافتن راه‌حل، کنکاش می‌کند، مبحث یادگرفته‌شده، دیرتر فراموش می‌گردد. انجام آزمایش از طریق نرم‌افزار نیز به دلیل درگیرکردن ذهن دانش‌آموزان با مباحث مرتبط و آموزش دیداری-شنیداری در یک فضای نرم‌افزاری به منظور شبیه‌سازی محیط حضوری آزمایشگاهی منجر به بهبود یادگیری و درک عمیق‌تر مطالب نسبت به آموزش صرفاً تئوری می‌گردد.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این پژوهش با نتیجه تحقیقات محققانی مانند حاجی عباسی و مرادی (۱٤۰۲)، علیزاده و علیزاده (۱٤۰۱)، سکرچی و کنپولات (۲۰۱٤)، اولوبو (۲۰۱٥)، رضایی و همکاران (۱٤۰۰)، رحمتی حسن آبادی و پایدار (۱٤۰۲)، نوری و همکاران (۱۳۹۸)، تویسوز (۲۰۱۰)، تاتلی و آیاس (۲۰۱۳) و تسای و همکاران (۲۰۲۱) هم راستا است. از آنجایی که نتایج مربوط به گزارش نورحسنیزا (۲۰۱٤) اغلب در زمینه دستورالعمل آزمایش بوده و جامعه آماری متفاوتی با جامعه آماری این پژوهش دارد، بنابراین با نتیجه تحقیق مذکور تقریباً ناهمسو است. به دلیل آن که نتایج مربوط به گزارش لوگر و سوک (۲۰۱۱) بیشتر

در زمینه دانش محتوایی بوده و جامعه آماری متفاوتی از جامعه آماری پژوهش حاضر دارد، نتیجه آن در مقایسه با پژوهش حاضر در صورتی که آزمایش‌ها صرفاً توسط معلم انجام شود، ناهمسو و چنانچه آزمایش توسط دانش‌آموزان انجام شود، همسو می‌باشد.

بدین ترتیب، انجام پژوهش‌های بیشتر در این زمینه با جامعه آماری وسیع‌تر و دستیابی به نتایج گسترده‌تر منجر به تصمیم‌گیری‌های بهتر و دقیق‌تر جهت بهبود سطح کیفیت آموزش به‌ویژه برای دروسی با هر دو محتوای تئوری–عملی شده و ضمن جلوگیری از خطرات ناشی از انجام آزمایش در محیط واقعی که سلامت دانش‌آموزان و معلم را تهدید می‌کند، محیط امن و آرامی را برای تربیت نسل آینده‌ساز کشور فراهم می‌آورد.

پیشنهادها:

با توجه به اهمیت یادگیری معنادار و دائمی مباحث علوم تجربی به‌ویژه شیمی و لزوم بهره‌گیری از کار آزمایشگاهی و عملیاتی در تدریس و آموزش آن، موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱. مطابق با برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته از طرف دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی و همچنین وجود درس آزمایشگاه در برنامه درسی نظام جدید برای دروس شیمی، فیزیک و زیست، یک کتاب جداگانه با عنوان آزمایشگاه شیمی در متوسطه دوم پیش از این تألیف شده‌است که پیشنهاد می‌گردد، ساعت مشخصی برای تدریس آن طبق برنامه درسی مصوب شده توسط مدیران و کادر اجرایی مدارس در نظر گرفته شود. بهتر است مدرس این درس، همان دبیر شیمی آن کلاس باشد تا بتواند هم‌زمان با تدریس مباحث مختلف، آزمایش‌های مورد نظر را نیز در تدریس خود بگنجاند و آن‌ها را به طور متناوب در طول سال تحصیلی انجام دهد.

۲. در بسیاری از مدارس به ویژه در شهرهای برخوردار و مدارس خاص کشور، در ساعت درس آزمایشگاه کتاب آزمایشگاهی و مباحث عملی تدریس نمی‌شود و این مدت زمان به تدریس مباحث تئوری اختصاص داده می‌شود. از این‌رو پیشنهاد می‌گردد، معلمان شیمی از روش‌های تدریس فعال مبتنی بر آزمایشگاه برای مباحثی که دارای مفاهیم مرتبط با آزمایش‌های مهم هستند، استفاده کرده و علاوه بر آموزش یک مبحث به طور فعال و آشنایی دانش‌آموزان با کار تجربی، انگیزه و علاقه به یادگیری درس را در آن‌ها افزایش داده و کلاس خود را از حالت سخنرانی و کسل‌بودن خارج نمایند.

۳. در مناطق محروم‌تر که ممکن است مدارس، آزمایشگاهِ مجهز نداشته باشند، معلمان می‌توانند با حداقل وسایل موجود در مدرسه آزمایش‌هایی را در حین تدریس انجام دهند و یا از دانش‌آموزان بخواهند، ضمن انجام آزمایش‌های مورد نظر در خانه با وسایل در دسترس گزارش کار آزمایش را به عنوان یک تکلیف عملکردی به معلم تحویل دهند.

٤. از آنجایی که انجام کار آزمایشگاهی در مدارس بر مبنای کار گروهی و با مشارکت تمامی دانش‌آموزان یک کلاس صورت می‌گیرد، بنابراین این امر می‌تواند با ایجاد زمینه‌ای برای تقویت فعالیت‌های گروهی در دانش‌آموزان، توانایی کار مشارکتی و تعاملی، تبادل نظر، تفکر انتقادی و حل مسئله آن‌ها را تقویت کند.

۵. بهتر است معلمان شیمی جهت استفاده از فناوری‌های نوین آزمایشگاهی در تدریس مهارت استفاده از سایت‌های آزمایشگاه مجازی (مانند فِت[1]،کروکودیل شیمی[2] و غیره)، برنامه‌های هوش مصنوعی در انجام آزمایش‌ها و همچنین نرم‌افزارهای آزمایشگاهی ویندوز و تلفن همراه (مانند آزمایشگاه شیمی[3]) را آموزش ببینند.

۷. اطلاع رسانی و آگاه‌سازی گسترده دانش‌آموزان از مسابقات آزمایشگاه و برگزاری چنین رقابت‌هایی به طور سالانه در همه مدارس متوسطه کشور و نه صرفاً در تعدادی مدرسه خاص تأثیر قابل توجهی در بهبود روحیه کنجکاوی دانش‌آموزان دارد.

۸. طراحی آزمون‌هایی در قالب ایستگاه‌های آزمایشگاهی مطابق دستورالعمل آزمایش‌هایی که در حین تدریس در طول سال تحصیلی توسط معلم انجام شده است، به منظور سنجش میزان یادگیری دانش‌آموزان به صورت عملی و همچنین فاصله گرفتن از شیوه سنتی سنجش دانش‌آموزان به صورت امتحانات کتبی و صرفاً تئوری پیشنهاد می‌گردد.

۹. برنامه‌هایی جهت بازدید از آزمایشگاه‌های مختلف با هدف افزایش رغبت دانش‌آموزان به انجام فعالیت‌های عملی-آزمایشگاهی نقش مؤثری در بهبود یادگیری آن‌ها دارد.

۱۰. طراحی و انجام آزمایش‌های ساده، آسان و کم هزینه در حین تدریس توسط معلم با مشارکت دانش‌آموزان به صورت گروهی پیشنهاد می‌گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

موازین اخلاقی

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

مشارکت نویسندگان

فائزه شه دوست فرد: نگارش و ویرایش، آنالیز نتایج، رهبری پروژه (۳٤٪)

پریناز جوانمردی: مطالعات کتابخانه¬ای، بررسی پرسش‌نامه و آنالیز نتایج (۳۳٪)

مریم شیروانی: مطالعات کتابخانه¬ای، طراحی و بررسی پرسش‌نامه (۳۳٪)

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل یک پژوهش مستقل است. نویسندگان مقاله از دانشگاه فرهنگیان تقدیر و تشکر می¬کنند.

[1] Phet
[2] Crocodile
[3] Chemlab

References

Ahmadi, Y., & Khodaei, A. (2020). An overview of the importance of laboratory and experiment-based chemistry education. *Research in Chemistry Education*, *2*(2), 53-65. [Link]

Alizadeh, F., & Alizadeh, T. (2023). Investigating the effect of conducting experiments on students' learning in comparing the reactivity of elements in chemistry of the 11th grade. *Research in Chemistry Education*, *4*(3). [Link]

BEAKER - Mix Chemicals (Full Version). [Link]

Crocodile Chemistry - Virtual Chemistry Laboratory. [Link]

Delangiz, M., & Mohammadpour Yousefi, H. (2023). Common misunderstandings of chemistry concepts in experimental science books in the first secondary school. *Research in Chemistry Education*, *4*(3). [Link]

Haji Abbasi, M., & Moradi, S. (2022). Educational design of active methods of virtual education of the difference between temperature and heat in the second year of secondary education. The Fourth National Conference on Chemistry Education, [Link]

Haji Abbasi, M., & Moradi, S. (2023). Examining the weaknesses in understanding the concept of ion and formation of ion bond and providing solutions for educational improvement. *Research in Chemistry Education*, *5*(2), 61-67. [Link]

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, *77*(1), 81-112. [Link]

Hofstein, A., Shore, R., & Kipnis, M. (2004). Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory: A case study. *International Journal of Science Education*, *26*(1), 47-62. [Link]

Kolil, V. K., Muthupalani, S., & Achuthan, K. (2020). Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *17*(1), 30. [Link]

Logar, A., & Savec, V. F. (2011). Students' hands-on experimental work vs. lecture demonstration in teaching elementary school chemistry. *Acta Chimica Slovenica*, *58*(4), 875-886. [Link]

Mahdizadeh, H., Saeidypour, B., Rafati, M., Azizi, M., & Moradi, N. (2012). The effect of virtual laboratory on the high school student's chemistry learning. *Research Journal in Humanities*, *12*(29), 135. [Link]

Mahmoudi Fard, M., & Ghasemian, Y. (2022). Common misconceptions in teaching experimental sciences and strategies for preventing and resolving them. 5th National Conference on Interdisciplinary Research in Management and Humanistic Science, [Link]

Nakiboğlu, C. (2022). Analysis of the experiments in the chemistry textbooks in terms of the laboratory study goal of the 2018 chemistry curriculum and comparison with the case of science high school. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, *16*(2), 406-427. [Link]

Nor Hasniza, I., Johari, S., Khew Pei, H., & Safiah, Y. (2014). "Typical" teaching method applied in chemistry experiment. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *116*, 4946-4954. [Link]

Nouri, R., Hoseini, A. M., & Amani, V. (2019). Studying the Common Curiosity of Secondary School Students and Teachers of Chemistry Education in the Concepts of Chemical Kinetics, Atomic Mass and Molecular Dissolution. *Journal of Education in Basic Sciences*, *5*, 1-13. [Link]

Nur Syuhada, R., Nor Hasniza, I., Chuzairy, H., & Johari, S. (2024). E-Module problem-based learning on chemical equilibria to improve students' higher-order thinking skills: an analysis. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJER)*, *13*(1), 8822. [Link]

Olubu, O. M. (2015). Effects of laboratory learning environment on students' learning outcomes in secondary school chemistry. *International Journal of Arts & Sciences*, *8*(2), 507. [Link]

Rahmati Hasan abadi, F., & Paidar, M. (2023). The most common misconceptions of 10th grade students about the basic concepts of high school chemistry course. *Research in Chemistry Education*, *5*(1), 52-67. [Link]

Sekerci, A. R., & Canpolat, N. (2014). Impact of argumentation in the chemistry laboratory on conceptual comprehension of Turkish students. *Educational Process: International Journal*, *3*(1), 2. [Link]

Statistical Center of Iran (Amar) ([Link]

Tatli, Z., & Ayas, A. (2013). Effect of a virtual chemistry laboratory on students' achievement. *Journal of Educational Technology & Society*, *16*(1), 159-170. [Link]

Tatlı, Z., & Ayas, A. (2011). Sanal kimya laboratuvarı geliştirilme süreci. 5th International Computer & Instructional Technologies Symposium, [Link]

Tsai, C. Y., Ho, Y. C., & Nisar, H. (2021). Design and validation of a virtual chemical laboratory-An example of natural science in elementary education. *Applied Sciences*, *11*(21), 10070-10090. [Link]

Tüysüz, C. (2010). The effect of the virtual laboratory on students' achievement and attitude in chemistry. *International Online Journal of Educational Sciences*, *2*(1), 37-53. [Link]

Unreal Chemist - Digital Chemical Lab. [Link]