

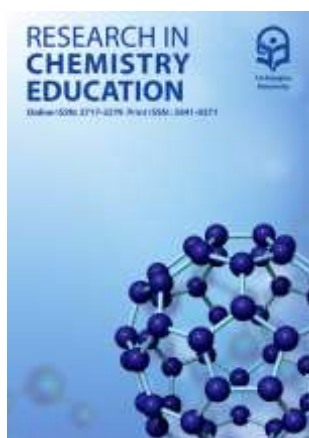
The comparison of effectiveness of synectics and experiment-based approaches in teaching the concept of temperature

1. Zakyeh Akrami^{*}: Department of Chemistry Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran

2. Najmeh Farhadi: Chemistry Teacher, The Education Department of District 3 Ahvaz, Khoozestan, Iran

3. Mahsa Arabzadeh: Chemistry Teacher, The Education Department of Genaveh, Booshehr, Iran

^{*}Corresponding Author's Email Address: z.akrami@cfu.ac.ir



Abstract:

Background and Objectives: Identifying effective teaching approaches tailored to specific scientific concepts helps educators gain a deeper understanding of students' learning processes. The aim of the present study is to compare the impact of synectics and experiment-based approaches on students' learning of the concept of temperature, and to develop an instructional design model based on these two approaches. **Methods:** This quantitative, quasi-experimental study with a pre-test, post-test design and one control group and two experimental groups aimed to investigate the impact of divergent thinking and experiment-based approaches on students' learning of the temperature concept. The population comprised all female middle school students in Isfahan, Iran, during the academic year 2023-2024. An 82-student sample was selected using a multi-stage cluster sampling method. The synectics approach employed description, direct and personal analogies, and compressed and repeated conflict patterns, whereas the experiment-based approach utilized preparation, activity, and conclusion patterns. To assess the students' learning, a researcher-made test was used, the reliability and validity of which were confirmed by the Kuder-Richardson method and a panel of experts, respectively. Data analysis involved descriptive statistics, the Kolmogorov-Smirnov test, univariate covariance analysis, and Tukey test. **Findings:** The results demonstrated the effectiveness of both synectics and experiment-based approaches in enhancing students' learning of the temperature concept. **Conclusion:** Based on the findings of this study, the scores of the group instructed using a synectics approach were higher in the sub-concepts of thermometric quantities and heat capacity compared to the scores of the group instructed using an experiment-based approach. Conversely, in the remaining sub-concepts, the scores of the group instructed with the experiment-based approach were higher. It is expected that, by identifying more effective teaching methods, the findings of this study, will contribute to improving the quality of chemistry education and learning in this field.

Keywords: Synectics, Students, Temperature, Experiment-based, Learning.

How to Cite: Akrami, Z., Farhadi, N., & Arabzadeh, M. (2025). The comparison of effectiveness of synectics and experiment-based approaches in teaching the concept of temperature. *Research in Chemistry Education*, 7(4), 1-24.

DOI: [10.48310/chemedu.2025.18110.1299](https://doi.org/10.48310/chemedu.2025.18110.1299)



© 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

Given the pivotal role of energy and heat transfer in understanding the structure of matter and chemical processes, it is essential that students develop a solid understanding of the concept of temperature. Moreover, considering the ubiquitous nature of temperature in daily life and across various scientific disciplines, a deep and accurate understanding of this concept is crucial for effective chemistry education. Deep learning not only involves memorization but also entails a comprehensive understanding of concepts, enabling students to solve complex problems. However, research suggests that students often struggle with deep understanding of fundamental temperature-related concepts such as temperature and thermometry, thermometric quantities, heat capacity, specific heat, and equilibrium temperature, collectively referred to as temperature sub-concepts. Traditional teaching methods, such as lectures and question-and-answer sessions, which often prioritize theoretical concept memorization, are a primary reason for these challenges. These methods typically fail to provide sufficient opportunities for hands-on experiences and student-led discovery. Studies have shown that active learning methods can effectively enhance student motivation and interest due to their engaging nature. Consequently, by making learning more enjoyable, it is expected that students' academic achievement will also improve. In light of these findings, this study aims to investigate the effectiveness of teaching the concept of temperature using creative and experimental approaches. A significant gap in previous research has been the comparison of the impact of these two active teaching approaches on student learning. The novelty of this research lies in simultaneously examining creative and experimental approaches for teaching a chemistry concept and comparing their impact on student learning. The findings of this study can serve as a guideline for designing effective instructional programs in chemistry and physics (given the shared concept of temperature in both disciplines), contributing to the improvement of educational quality at the national level. Therefore, the primary research question is: Does teaching the concept of temperature using creative and experimental approaches have a significant impact on students' learning? To answer this question, the following three hypotheses will be tested:

1. Teaching the concept of temperature using a creative approach has a significant positive impact on students' learning.
2. Teaching the concept of temperature using an experimental approach has a significant positive impact on students' learning.
3. There is a significant difference between the effectiveness of teaching the concept of temperature using creative and experimental approaches on students' learning.

Methodology

This research employed a quasi-experimental pre-test-post-test design. The population of this study comprised all female junior high school students in Isfahan during the 2023-2024 academic year. A multi-stage cluster random sampling technique was used. Initially, one educational district out of six in Isfahan was randomly selected. Subsequently, three junior high school were randomly chosen from this district. From these schools, the seventh grade was selected, and finally, one class from each of the four seventh-grade classes was randomly selected as the research sample. To control for extraneous variables, schools with similar cultural, social, and economic backgrounds were selected. To ensure the homogeneity of the sample, students were assessed and confirmed for variables such as age, gender, and prior knowledge related to the subject matter. The concept of temperature was taught to one class of 26 students (experimental group 1) using a creative approach, to another class of 28 students (experimental group 2) using the second experimental approach, and to a third class of 28 students (control group) using traditional teaching methods (lectures). The instructional programs were implemented over four weeks, with two 60 min

sessions per week conducted by the researcher. To ensure fidelity to the intervention, the researcher and the teacher were the same person, and all groups were taught by the same individual. The instructional materials and content were identical for all three groups and were based on the seventh-grade science textbook.

To assess students' learning, a researcher-made achievement test was used. The test consisted of 5 descriptive questions on the concept of temperature, with each question worth 1 point. The test questions were designed to align with the lesson objectives and measure the extent to which these objectives were achieved. Each test question assessed one sub-concept of temperature, including temperature and thermometry, thermometric quantities, heat capacity, specific heat, and equilibrium temperature. The validity of the test questions was confirmed by two faculty members from the Teacher Training University and three chemistry teachers. The reliability of the researcher-made test was calculated using the Kuder-Richardson formula. The reliability coefficient of the test was 0.79, indicating a satisfactory level of reliability. The test was administered once to all three classes after the completion of the teaching unit, and the scores were calculated out of 5.

Results and Discussion

The results revealed a significant positive impact of the creative approach on students' learning of the following sub-concepts: temperature and thermometry (71%), thermometric quantities (64%), heat capacity (42%), specific heat (32%), and equilibrium temperature (56%). Univariate covariance analysis indicated a significant difference between the control group and experimental group 1 in terms of learning all five temperature sub-concepts. This suggests that teaching the concept of temperature using a creative approach led to increased learning among students in experimental group 1 compared to the control group. Similarly, the experimental approach demonstrated a significant positive impact on students' learning of temperature and thermometry (27%), thermometric quantities (57%), heat capacity (62%), specific heat (61%), and equilibrium temperature (72%). Univariate covariance analysis indicated a significant difference between the control group and experimental group 2 in terms of learning all five temperature sub-concepts. This suggests that teaching the concept of temperature using an experimental approach led to increased learning among students in experimental group 2 compared to the control group. After controlling for the pre-test scores, the adjusted means of the post-test scores for the creative and experimental groups were significantly different, with the experimental group performing better. Therefore, the null hypothesis was rejected, and teaching the concept of temperature using an experimental approach had a significant positive impact on student learning.

Conclusion

The results of this study demonstrate a significant difference in students' learning of the concept of temperature based on their membership in the creative and experimental groups. Specifically, teaching the concept of temperature using an experimental approach was more effective in enhancing student learning compared to a creative approach. This finding can be attributed to the fact that conducting experiments, more so than concept formation, allows students to directly interact with phenomena and experience concepts in a practical manner. When examining students' learning of temperature sub-concepts, the research findings indicate that students taught using the experimental approach performed better in the sub-concepts of temperature and thermometry, specific heat, and equilibrium temperature compared to those taught using a creative approach. However, students taught using a creative approach performed better in the sub-concepts of thermometric quantities and heat capacity compared to those taught using an experimental approach. This result suggests that neither approach was universally superior for all temperature sub-concepts. Therefore, it can be concluded that a combination of creative and experimental approaches may yield better results. This implies that by incorporating creative activities and conducting experiments, student learning can be enhanced across all temperature sub-concepts.

مقایسه اثربخشی رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش در آموزش مفهوم دما

۱. زکيه اکرمی*؛ گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران

۲. نجمه فرهادی؛ دبیر شیمی، اداره آموزش و پرورش ناحیه سه شهرستان اهواز، خوزستان

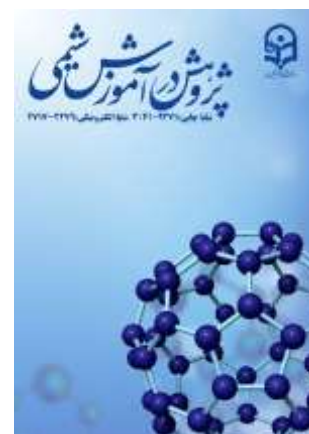
۳. مهسا عربزاده؛ دبیر شیمی، اداره آموزش و پرورش شهرستان گناوه، بوشهر

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

چکیده

پیشینه و اهداف: شناسایی رویکردهای مؤثر تدریس متناسب با هر مفهوم علمی به معلمان کمک می‌کند تا درک عمیق‌تری از فرآیند یادگیری دانش‌آموزان به دست آورند. هدف پژوهش حاضر، مقایسه تأثیر رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش در یادگیری دانش‌آموزان در مفهوم دما و تدوین الگوی طراحی آموزشی بر پایه این دو رویکرد است. **روش‌ها:** روش تحقیق، کمی و شبه‌آزمایش و از نوع پیش‌آزمون و پس‌آزمون با یک گروه کنترل و دو گروه آزمایش است. جامعه آماری تحقیق شامل کلیه دانش‌آموزان دختر متوسطه اول شهر اصفهان در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ است. نمونه پژوهش به شیوه نمونه‌گیری خوشه‌ای چند مرحله‌ای با حجم ۸۲ نفر انتخاب شد. در آموزش با رویکرد بدیعه‌پردازی از الگوی توصیف، قیاس‌های مستقیم، شخصی، تعارض فشرده و مجدد و با رویکرد مبتنی بر آزمایش از الگوی آماده‌سازی، انجام فعالیت و جمع‌بندی استفاده شد. برای سنجش میزان یادگیری دانش‌آموزان از آزمون محقق ساخته استفاده شد که پایایی و روایی آن به ترتیب با روش کودررچاردسون و گروه کارشناسان مورد تأیید قرار گرفت. در تحلیل داده‌ها شاخص‌های آماری توصیفی، آزمون کلموگروف-اسمیرنوف، تحلیل استنباطی کوواریانس تک‌متغیره و آزمون تعقیبی توکی به کار گرفته شد. **یافته‌ها:** نتایج این پژوهش اثربخشی دو رویکرد بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش را در بهبود یادگیری دانش‌آموزان در مفهوم دما نشان داد. **نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج این تحقیق، در زیر مفاهیم کمیت‌های دماسنجی و ظرفیت گرمایی، نمرات گروه تحت آموزش با رویکرد بدیعه‌پردازی و در بقیه زیرمفاهیم نمرات گروه تحت آموزش با رویکرد مبتنی بر آزمایش بالاتر است. انتظار می‌رود نتایج این پژوهش ضمن شناسایی روش‌های مؤثرتر تدریس، به بهبود کیفیت آموزش شیمی و یادگیری در این حوزه کمک نماید.

کلیدواژگان: بدیعه‌پردازی، دانش‌آموزان، دما، مبتنی بر آزمایش، یادگیری.



نحوه استناددهی: اکرمی، زکيه، فرهادی، نجمه، و عربزاده، مهسا. (۱۴۰۴). مقایسه اثربخشی رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش در آموزش مفهوم دما. پژوهش در آموزش شیمی، ۷(۴)، ۱-۲۴.

DOI:

[10.48310/chemedu.2025.18110.1299](https://doi.org/10.48310/chemedu.2025.18110.1299)



تسهیل یادگیری دانش‌آموزان، هدف اصلی آموزش است که با عمل تدریس محقق می‌گردد. تدریس سلسله فعالیت‌های پیوسته، هدف‌دار و منظم است که هدف آن ایجاد شرایط مطلوب یادگیری است. معلم در تدریس خود بر اساس طراحی آموزشی از پیش تعیین شده، سعی می‌کند، بر فعالیت‌های دانش‌آموزان و رفتار متقابل بین خود و آنها تأثیر بگذارد. در طراحی آموزشی، معلم باید ضمن تسلط بر روش‌های گوناگون تدریس، با توجه به اهداف آموزشی، محتوای درس، نیازهای دانش‌آموزان، امکانات موجود و وضعیت کلاس، مناسب‌ترین شیوه را برای تدریس انتخاب کند. رویکرد انتخابی معلم برای تدریس ضمن تأثیرگذاری بر میزان یادگیری دانش‌آموزان (پیروسی، ۱۴۰۲) می‌تواند مشکلات رفتاری و انضباطی آنان در کلاس درس را نیز کاهش دهد (حسین‌پور و همکاران، ۱۴۰۳). از نظر بابایی‌فرد و رحمانی (۱۴۰۳) به‌کارگیری روش مناسب برای تدریس با فراهم کردن فرصت‌های یادگیری فعال و تعاملی، به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مفاهیم را به صورت عمیق‌تر درک کنند و مهارت‌های تفکر انتقادی و حل مسئله خود را تقویت کنند (یوسفی‌زاده و آقایی‌مقدم، ۱۴۰۲). ضرورت توجه معلمان به روش‌های فعال تدریس و لزوم تجدید نظر در روش‌های تدریس سنتی بر کسی پوشیده نیست؛ اما به‌نظر می‌رسد آنچه برای حرکت به سوی تغییر مثبت در روند آموزش کمتر مورد توجه قرار گرفته است، انتخاب روش تدریس مطلوب با توجه به محتوای درس است. اگر چه بهترین روش تدریس، بهترین روش مربی‌گری و بهترین روش یادگیری وجود ندارد؛ اما روش مطلوب تدریس برای هر مفهوم علمی، روشی است که فرصت تفکر را، که ضرورت یادگیری است، برای دانش‌آموزان در آن موضوع فراهم کند.

از بین موضوعات علمی موجود در شیمی، بررسی ساختار مواد و فرایندها از دیدگاه انرژی و تبادل گرما اهمیت و جایگاه ویژه‌ای دارد که دانش‌آموزان برای درک بهتر این موضوعات، نخست باید با مفهوم دما آشنا شوند. از سوی دیگر، با توجه به کاربرد مفهوم دما در زندگی روزمره و علوم مختلف، درک صحیح و عمیق دانش‌آموزان از این مفهوم، اهمیت ویژه‌ای در آموزش شیمی دارد. در یادگیری عمیق، دانش‌آموزان نه تنها مفاهیم را حفظ می‌کنند بلکه درک کاملی از آنها پیدا کرده و قادر به حل مسائل پیچیده‌تر هستند. با این حال، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که دانش‌آموزان در درک عمیق مفاهیم بنیادی مرتبط با دما شامل دما و دماسنجی، کمیت‌های دماسنجی، ظرفیت گرمایی، گرمای ویژه و دمای تعادل که از آنها به زیرمفاهیم دما یاد می‌شود، با چالش‌های جدی مواجه هستند (دلاور و همکاران، ۱۴۰۳). یکی از دلایل اصلی این چالش‌ها، مناسب نبودن روش تدریس این مفهوم است. انتخاب رویکردهای سنتی تدریس، همانند سخنرانی و پرسش و پاسخ برای تدریس مفهوم دما به دلیل تأکید بر حفظ مفاهیم نظری، فرصت‌های کافی برای تجربه عملی و کشف مفاهیم توسط دانش‌آموزان فراهم نمی‌کند (بدریان و همکاران، ۱۳۹۲). شناسایی راهکارهای مؤثر در آموزش مفهوم دما با ادبیات و شکل‌های متفاوت در برخی از پژوهش‌های پیشین مورد بررسی قرار گرفته است. دلاور و همکاران (۱۴۰۳) با بررسی اثربخشی آموزش مجازی فیزیک، مفاهیم دما و گرما به دانش‌آموزان متوسطه دوم به این نتیجه رسیدند، پیشرفت تحصیلی و استفاده از راهبردهای یادگیری دانش‌آموزانی که با رویکرد شناختی آموزش دیده بودند، به نسبت دانش‌آموزانی که به روش متداول سنتی، آموزش داده شده بودند، بیشتر است. منوچهری‌زاده (۱۳۹۹) بدون نام بردن از رویکرد تدریس خاصی، به‌طور کلی آموزش مناسب مفاهیم گرما و دما را برای جلوگیری از بروز کج‌فهمی درباره این مفاهیم در بین دانش‌آموزان و دانشجویان را توصیه می‌کند. بدریان و همکاران (۱۳۹۲) بازبینی برنامه‌های درسی و مواد آموزشی را در

سازماندهی مفاهیم مرتبط با گرما و دما و مدل‌سازی آنها در کتاب‌های درسی را امری ضروری برای تدریس مفاهیم گرما و دما و رفع کج‌فهمی دانش‌آموزان می‌دانند.

از بین الگوهای نوین تدریس که می‌توانند یادگیری معنادار مفاهیم علمی را در فراگیران شکل دهند و در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته‌اند، رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش است. در تعلیم و تربیت، بدیعه‌پردازی به معنای اتصال و همراهی عناصر به ظاهر بی‌ربط است. در این رویکرد، دانش‌آموزان برای رسیدن به مفهوم، به توصیف شرایط موجود با استفاده از قیاس‌های مستقیم و شخصی می‌پردازند. استفاده از قیاس‌ها در رویکرد بدیعه‌پردازی سبب بالا رفتن قدرت تفکر و خلاقیت دانش‌آموزان می‌شود. در واقع هدف اصلی رویکرد بدیعه‌پردازی، شکستن سد قواعد مرسوم قبلی و یافتن راه‌های جدید برای حل مسائل و اندیشیدن به شیوه جدید است (خدایاری و پاکدامن، ۱۴۰۱). در این رویکرد، تفکر خلاق به واسطه فعالیت‌های استعاری و تمثیلی شکل می‌گیرد. بدین ترتیب در بدیعه‌پردازی، مقایسه یک چیز یا فکر با فکر دیگر با استفاده یکی، جای دیگری اتفاق می‌افتد و تفکر خلاق در خلال این جایگزینی‌ها ایجاد می‌گردد (بابایی‌فرد و رحمانی، ۱۴۰۳). پیروسی (۱۴۰۲) در یک مطالعه تطبیقی به بررسی و مقایسه مزایا و معایب روش بدیعه‌پردازی نسبت به روش سنتی سخنرانی پرداخته است. یافته‌های وی نشان می‌دهد، روش‌های تدریس فعال در افزایش یادگیری کلی دانش‌آموزان تأثیر گذاشته و نسبت به روش سنتی تدریس اثربخش‌تر می‌باشند. استفاده از راهبرد بدیعه‌پردازی در تدریس، ذهنیت فلسفی دانش‌آموز را تغییر می‌دهد که منجر به داشتن تفکر خلاق و سازگاران می‌گردد (باغانی اول، ۱۴۰۱). مطالعات مختلفی وجود دارد که نشان داده‌اند، تدریس به شیوه بدیعه‌پردازی در برقراری ارتباط بین مفاهیم نظری و کاربردهای عملی (ابراهیمی و همکاران، ۱۴۰۱)، پیشرفت تحصیلی و خلاقیت در مطالعات اجتماعی (درزی‌رامندی و همکاران، ۱۳۹۳)، دانش، مهارت و نگرش دانش‌آموزان متوسطه اول در درس مهارت‌های زندگی (علی‌احمدی و همکاران، ۱۳۹۲)، رشد مهارت‌های اجتماعی و نگرش تحصیلی دانش‌آموزان (خدایاری و پاکدامن، ۱۴۰۱) و تفکر خلاق دانش‌آموزان (حبیبی کلیر و همکاران، ۱۳۹۸) اثربخش بوده است.

یکی دیگر از راه‌های بهبود کیفیت آموزش شیمی، استفاده از رویکرد مبتنی بر آزمایش در تدریس است. این رویکرد به شیوه‌هایی اطلاق می‌شود که در آن به فراگیر اجازه داده می‌شود تا یادگیری توأم با درک و فهم مفاهیم را تجربه کند و در کنار فعالیت‌های عملی با فرایند ساخت دانش نیز درگیر شود. به‌طور کلی تدریس علم شیمی مبتنی بر مفاهیم، آزمایش‌ها و مشاهدات است که باید بخشی از کلاس درس به آنها اختصاص یابد تا دانش‌آموزان بتوانند، این مفاهیم را در ذهن خود تجسم کنند (قره‌خانی و غفاری‌نیا، ۱۴۰۳). از آنجایی که در رویکرد مبتنی بر آزمایش، دانش‌آموز بیشتر در پی کشف روابط و تشکیل یک مفهوم است، علاوه بر یادگیری، دارای طرز فکر منطقی نیز می‌گردد. معمولاً دانش‌آموز در رویکرد مبتنی بر آزمایش از طریق مواجه شدن با یک موقعیت یا مسئله، برانگیخته شده و خود اقدام به حل آن می‌نماید. در این رویکرد به پرورش روحیه‌ی تحلیل، تفکر و تعقل در دانش‌آموز توجه خاصی مبذول می‌گردد و ذوق و استعدادها و او در طراحی و اجرای برنامه‌ها در نظر گرفته می‌شود. دانش شیمی از بُعد محتوا، مشتمل بر مجموعه‌ای از مفاهیم و دانسته‌ها و از بُعد روش، مبتنی بر تجربه و آزمایش است. انجام دادن فعالیت‌های آزمایشگاهی علاوه بر تثبیت یادگیری و افزایش میزان ماندگاری مفاهیم آموخته شده، سبب دست ورزی و نیز کسب مهارت‌هایی می‌شود که در زندگی روزانه مورد استفاده قرار می‌گیرد و زمینه‌های نوآوری، خلاقیت و تفکر انتقادی را فراهم می‌کند (مومنی، ۱۴۰۳). فعالیت‌های آزمایشگاهی ضمن آموزش مفاهیم علمی و درک کاربردی نظریه‌ها، زمینه برقراری ارتباط منطقی بین پدیده‌های طبیعی قابل مشاهده و تفکر علمی را فراهم می‌کند. فعالیت‌های آزمایشگاهی افزون بر داشتن زمینه‌های توسعه فکری و مهارتی، موجب رشد مهارت‌های اجتماعی و شهروندی نیز می‌شوند. دانش‌آموزان با انجام

کارهای آزمایشگاهی، می‌توانند برای درک مطالب نظری به پژوهش بپردازند و به این ترتیب ضمن افزایش توانایی اندیشیدن و استدلال خود، با انتقال دانسته‌های خود به دیگران، حس همکاری با دیگران را در خود ایجاد و تقویت کنند. به اعتقاد صاحب‌نظران حوزه آموزش شیمی یادگیری معنادار در کلاس به شرطی اتفاق می‌افتد که در فضا و محیطی مناسب به یادگیرندگان فرصت داده شود تا با دستکاری وسایل و مواد آزمایشگاهی و استفاده از پدیده‌ها و مفاهیم علمی به ساخت دانش نائل شوند (هیون و یانگ^۱، ۲۰۲۴؛ اکرمی و همکاران، ۱۴۰۲). در واقع انجام فعالیت‌های عملی نوعی تجربه یادگیری است که در آن فراگیران به صورت فیزیکی دنیای واقعی مواد و لوازم عینی و محسوس را برای مشاهده و درک طبیعت یا درک دنیای ماده اطراف خود دستکاری می‌کنند (یوسچگ^۲ و همکاران، ۲۰۲۵؛ نورمحمدی و همکاران، ۱۴۰۳). مطالعات نشان داده، تدریس با رویکرد مبتنی بر آزمایش در افزایش یادگیری و علاقه دانش‌آموزان به درس شیمی (مومنی، ۱۴۰۳)، درک دانش‌آموزان از فرایندهای علمی و توسعه مهارت‌های شناختی در علوم تجربی (قره‌خانی‌زاده و غفاری‌نیا، ۱۴۰۳) و ارائه انواع تجربه‌ها و فرصت‌های یادگیری در آموزش علوم تجربی (کوهی و همکاران، ۱۴۰۳) اثربخش بوده است. اکرمی^۳ (۲۰۲۲) اعتقاد دارد، انجام‌دادن فعالیت‌های عملی، علاوه بر تثبیت یادگیری و افزایش میزان ماندگاری مفاهیم آموخته شده، سبب دست‌ورزی و نیز کسب مهارت‌هایی می‌شود که در زندگی روزانه مورد استفاده قرار می‌گیرد و زمینه‌های نوآوری، خلاقیت و تفکر انتقادی را در دانش‌آموزان فراهم می‌کند.

اگر چه مطالعات پیشین نشان داده‌اند که هر یک از رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش به دلیل جذابیت خاص خود می‌توانند به طور مؤثری در افزایش انگیزش و علاقه دانش‌آموزان به یادگیری نقش داشته باشند؛ اما محدودیت‌هایی در مورد انتخاب این رویکردها برای تدریس مفهوم دما وجود دارد. یکی از جنبه‌هایی که در پژوهش‌های پیشین به اندازه کافی مورد توجه قرار نگرفته است، مقایسه تأثیر این دو رویکرد فعال تدریس بر یادگیری دانش‌آموزان است. نوآوری این پژوهش در بررسی هم‌زمان رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش برای آموزش مفهوم دما، مقایسه تأثیر این دو رویکرد بر یادگیری دانش‌آموزان و تدوین الگوی طراحی آموزشی در مفهوم دما است. با توجه به این موارد، پژوهش حاضر با هدف مقایسه اثربخشی آموزش مفهوم دما با دو رویکرد بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش در یادگیری دانش‌آموزان و تدوین الگوی طراحی آموزشی برای این مفهوم انجام شده است. نتایج این پژوهش می‌تواند به عنوان یک راهبرد برای طراحی برنامه‌های آموزشی مؤثر در علم شیمی و همچنین علم فیزیک (به دلیل مشترک بودن مفهوم دما در علوم شیمی و فیزیک) مورد استفاده قرار گیرد و به بهبود کیفیت یادگیری این مفهوم کمک کند. بنابراین، سؤال اصلی پژوهش به این شکل مطرح می‌شود: آیا تدریس مفهوم دما با رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش در یادگیری دانش‌آموزان تأثیر دارد؟ در پاسخ به این سؤال سه فرضیه زیر بررسی می‌شود:

۱- آموزش مفهوم دما با رویکرد بدیعه‌پردازی، تأثیر مثبت معناداری در یادگیری دانش‌آموزان دارد.

۲- آموزش مفهوم دما با رویکرد مبتنی بر آزمایش، تأثیر مثبت معناداری در یادگیری دانش‌آموزان دارد.

۳- بین اندازه اثربخشی آموزش مفهوم دما با رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش در یادگیری دانش‌آموزان تفاوت معناداری وجود دارد.

¹ Huynh & Yang

² Utschig

³ Akrami

روش پژوهش

روش انجام تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی با پیش آزمون و پس آزمون است. جامعه آماری این پژوهش کلیه دانش آموزان دختر متوسطه اول شهر اصفهان در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ بود. روش نمونه گیری به شیوه نمونه در دسترس بود که دانش آموزان به صورت تصادفی در سه گروه (دو گروه آزمایش و یک گروه کنترل) قرار گرفتند. برای اطمینان از همتا بودن دانش آموزان نمونه آماری، آنان از نظر متغیرهایی مانند سن، جنسیت، دانش پیشین مرتبط با موضوع درس و ... بررسی و تأیید شدند. مفهوم دما در یک کلاس به تعداد ۲۶ نفر (گروه آزمایش ۱) با شیوه بدیعه پردازی، در یک کلاس به تعداد ۲۸ نفر (گروه آزمایش ۲) با شیوه مبتنی بر آزمایش و در یک کلاس به تعداد ۲۸ نفر (گروه کنترل) به شکل یادگیری سنتی (سخنرانی) آموزش داده شد. برنامه های آموزشی طی چهار هفته، هر هفته دو جلسه ۶۰ دقیقه ای توسط پژوهشگر اجرا گردید. به منظور بالا بردن وفاداری به عمل، پژوهشگر و معلم فرد واحدی بود و تمام گروه ها تحت آموزش او قرار داشتند. منابع مطالعاتی و مبحث در هر سه گروه یکسان و از کتاب علوم تجربی پایه هفتم بود. جدول ۱ محتوای آموزشی اجرا شده در هر جلسه به همراه مراحل و راهبردهای تدریس را برای هر یک از گروه های آزمایش و کنترل را نشان می دهد.

جدول ۱- محتوای آموزشی اجرا شده در هر جلسه به همراه مراحل و راهبردهای تدریس به کار گرفته شده برای روش های تدریس بدیعه پردازی، مبتنی بر آزمایش و سخنرانی

روش تدریس	مراحل تدریس	راهبرد تدریس	شرح فعالیت	رسانه
توصیف شرایط موجود	توصیف شرایط موجود	- زمینه محور - پرسش و پاسخ	معلم از دانش آموزان خواست، دما و روش های اندازه گیری آن را توصیف و تشریح کنند. دانش آموزان با همیاری و هدایت معلم همه آنچه را که از شرایط حاضر درک کردند، شرح دادند.	- کتاب درسی - تخته و ماژیک
			معلم تلاش کرد از طریق مفاهیم آشنا برای دانش آموزان مانند میزان گرمی یا سردی یک جسم، آنها را با مفاهیم نا آشنا مانند مقیاس سانتی گراد و کلون، دماسنج الکلی و جیوه ای، گرما و دما روبه رو کند. دانش آموزان برداشت های متفاوت خود از مفهوم دما را بیان کردند و دسته جمعی به تفسیر آن پرداختند.	- کتاب درسی - تخته و ماژیک
			هر یک از دانش آموزان یکی از مفاهیم را انتخاب و به خود نسبت داد و بین خود و مفهوم انتخاب شده هم سویی و هم دلی ایجاد کرد. آنان خود را در درون قیاس و آن را در قالب خودشان شرح دادند و احساسات، تمایلات و انگیزه های خود را بیان کردند. احساس نزدیکی و یکی شدن با مفهوم سبب ایجاد خلاقیت در دانش آموزان گردید.	- کتاب درسی - نقاب های دست ساز - تخته و ماژیک
بدیعه پردازی	قیاس مستقیم	- گردآوری اطلاعات و تحقیق - کشف مسأله - توضیح و تفسیر	معلم از دانش آموزان خواست بر اساس توصیف ارائه شده در قیاس شخصی، مفاهیم متضاد ارائه و سپس بهترین را انتخاب کند.	- کتاب درسی - تخته و ماژیک
	قیاس	تعارض	معلم از دانش آموزان خواست بر اساس توصیف ارائه شده در قیاس شخصی، مفاهیم متضاد ارائه و سپس بهترین را انتخاب کند.	- کتاب درسی - تخته و ماژیک

مبتنی بر آزمایش	انجام فعالیت	- آموزش معکوس - پرسش و پاسخ	- تعارض‌ها مجدداً از طریق قیاس مستقیم و شخصی ادامه یافتند. معلم از دانش‌آموزان خواست تا با بازگشت به سؤال اول و آخرین قیاس، ایده‌های نو بسازند.	- کتاب درسی
		- آموزش معکوس برای آزمایش - مشاهده علمی	- مسئله مورد آزمایش جهت اندازه‌گیری و گزارش مقدار دمای یک جسم برای دانش‌آموزان مطرح شد تا پیرامون کشف راه‌های حل آن مسئله فکر کنند.	- کتاب درسی - تخته - لیوان حاوی آب
مبتنی بر آزمایش	انجام فعالیت	- شیوه پژوهش محور - انجام آزمایش به‌وسیله دانش‌آموز - کشف مسئله - گردآوری اطلاعات و تحقیق	- وسایل مورد نیاز برای انجام آزمایش در اختیار دانش‌آموزان قرار داده شد و آنان به جست و جوی راه‌حل‌ها با استفاده از روش عملی پرداختند. معلم ضمن سرکشی به هر یک از دانش‌آموزان آنان را هدایت و راهنمایی می‌کرد.	- خط‌کش - بطری در بسته - الکل - جوهر - چراغ الکلی - خمیر بازی
		- توضیح و تفسیر - پرسش و پاسخ	- دانش‌آموزان درباره اطلاعات به‌دست آمده و آزمایش، به بحث پرداختند. معلم دانش‌آموزان را برای حصول یک نتیجه صحیح راهنمایی کرد.	- کتاب درسی - تخته و ماژیک
سخنرانی	بخش میانی	- توضیح و تفسیر - پرسش و پاسخ	- معلم شرایط کلاس را برای ارائه مطلب آماده نمود و موضوع درس با عنوان دما، چگونگی اندازه‌گیری و تبدیل یکاهای آن به یکدیگر را مطرح کرد.	- کتاب درسی - تخته و ماژیک
		- توضیح و تفسیر - امثال‌گری با تصویر	- معلم مفاهیم و اطلاعات ارائه شده را به یکدیگر ربط داده و مطالب را جمع‌بندی نمود. معلم در انتها به سؤالات دانش‌آموزان پاسخ داد.	- کتاب درسی - تخته و ماژیک

به منظور سنجش میزان یادگیری دانش‌آموزان، آزمون پیشرفت تحصیلی محقق‌ساخته مورد استفاده قرار گرفت. آزمون متشکل از ۵ سؤال تشریحی از مفهوم دما بود و برای هر سؤال ۱ نمره در نظر گرفته شد. سؤالات آزمون در راستای اهداف درس و به منظور سنجش میزان تحقق این اهداف طرح شد. هر سؤال آزمون یک زیرمفهوم از مفهوم دما را مورد سنجش قرار می‌داد که عبارت‌اند از: دما و دماسنجی، کمیت‌های دماسنجی، ظرفیت گرمایی، گرمای ویژه و دمای تعادل. روایی سؤالات آزمون توسط دو عضو هیئت علمی دانشگاه فرهنگیان و سه دبیر شیمی مورد تأیید قرار گرفت. پایایی آزمون محقق ساخته با استفاده از روش کودرریچاردسون^۱ محاسبه شد. ضریب پایایی آزمون برابر ۰/۷۹ به‌دست آمد که گویای مطلوب بودن پایایی سؤالات آزمون است. آزمون در یک نوبت پس از تدریس در هر سه کلاس اجرا گردید و نمره آن از ۵ محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 26 برای آمار توصیفی و استنباطی تحلیل کوواریانس تک‌متغیره انجام شد. سطح معناداری برای تمامی تجزیه و تحلیل‌ها $P < 0/05$ در نظر گرفته شد.

^۱ Codder Richardson

یافته‌ها

برای تحلیل داده‌ها، ابتدا داده‌های پژوهش که از طریق ابزار پژوهش جمع‌آوری شده بودند، استخراج و طبقه‌بندی شدند. در بررسی توصیفی داده‌ها، شاخص‌های آماری مربوط به هر یک از متغیرهای تحقیق محاسبه شد. در بخش آمار استنباطی از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف^۱ به منظور بررسی نرمال بودن متغیرها و آزمون تحلیل کوواریانس تک‌متغیره^۲ برای بررسی فرضیه‌های پژوهش استفاده شده است. در مطالعه توصیفی داده‌های پیش‌آزمون، شاخص‌های آماری توصیفی متغیرهای پژوهش به صورت جدول ۲ است.

جدول ۲- شاخص‌های آمار توصیفی داده‌های پیش‌آزمون مفهوم دما در گروه‌های کنترل و آزمایش

گروه کنترل (سخنرانی) N=۲۸	گروه آزمایش ۱ (بدیعه‌پردازی) N=۲۶	گروه آزمایش ۲ (مبتنی بر آزمایش) N=۲۸	زیرمفهوم		
میانگین	سطح معناداری	میانگین	سطح معناداری	میانگین	سطح معناداری
۲/۸۳۷±۱/۰۲۴	۰/۰۶۷	۲/۴۸۲±۱/۱۳۷	۰/۰۷۵	۲/۹۴۵±۱/۱۴۹	۰/۰۵۶
۱/۶۸۵±۰/۴۲۵	۰/۰۵۹	۱/۵۴۶±۰/۷۰۲	۰/۰۳۳	۱/۶۶۱±۰/۶۶۷	۰/۱۱۰
۱/۲۴۱±۰/۷۳۲	۰/۰۵۳	۱/۱۵۰±۰/۸۴۸	۰/۰۹۴	۱/۲۶۶±۰/۹۹۲	۰/۰۶۱
۱/۳۸۹±۱/۰۲۱	۰/۱۰۶	۱/۴۳۸±۰/۹۴۵	۰/۰۴۳	۱/۳۵۴±۰/۹۷۳	۰/۰۶۸
۱/۵۷۲±۰/۸۴۹	۰/۰۸۳	۱/۴۹۷±۰/۹۸۵	۰/۰۵۸	۱/۴۷۳±۰/۷۰۶	۰/۰۷۷

N = تعداد

با توجه به جدول ۲، مقدار سطح معناداری به دست آمده در پیش‌آزمون تمام زیرمفاهیم بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است. بنابراین، مقادیر میانگین نمرات پیش‌آزمون گروه‌های کنترل، آزمایش ۱ و آزمایش ۲ از لحاظ آماری با یکدیگر تفاوت ندارند و هر سه گروه همگن هستند.

آزمودن فرضیه‌ها

فرضیه اول: آموزش مفهوم دما با رویکرد بدیعه‌پردازی تأثیر مثبت معناداری در یادگیری دانش‌آموزان دارد.

از شاخص‌های آماری شامل فراوانی، میانگین، انحراف استاندارد، کمینه و بیشینه جهت تحلیل توصیفی داده‌های به دست آمده از پس‌آزمون استفاده شد. جدول ۳ بررسی توصیفی نمرات پس‌آزمون گروه‌های کنترل (که با رویکرد سخنرانی آموزش دیده‌اند) و آزمایش ۱ (که با رویکرد بدیعه‌پردازی آموزش دیده‌اند) را نشان می‌دهد.

جدول ۳- شاخص‌های آمار توصیفی داده‌های پس‌آزمون مفهوم دما در گروه‌های کنترل و آزمایش ۱

^۱ Kolmogorov-Smirnov

^۲ Ancova

زیرمفهوم	گروه کنترل (سخنرانی) N=۲۸			گروه آزمایش ۱ (بدیعه‌پردازی) N=۲۶		
	میانگین	کمینه	پیشینه	میانگین	کمینه	پیشینه
دما و دماسنجی	۳/۷۴۱±۱/۰۹۴	۰/۷۵۰	۴/۰۰۰	۴/۱۸۲±۰/۷۴۲	۱/۲۵۰	۴/۰۰۰
کمیت‌های دماسنجی	۲/۹۹۴±۱/۷۸۰	۰/۵۰۰	۴/۷۵۰	۳/۸۳۸±۱/۰۳۵	۰/۷۵۰	۵/۰۰۰
ظرفیت گرمایی	۳/۴۹۶±۱/۱۸۳	۰/۷۵۰	۵/۰۰۰	۴/۳۷۲±۰/۱۱۹	۰/۷۵۰	۴/۰۰۰
گرمای ویژه	۳/۰۶۵±۱/۱۷۷	۰/۵۰۰	۴/۰۰۰	۳/۷۸۱±۰/۵۲۷	۰/۷۵۰	۴/۷۵۰
دمای تعادل	۲/۸۹۵±۱/۰۱۸	۰/۷۵۰	۴/۰۰۰	۳/۹۶۳±۱/۰۱۰	۰/۵۰۰	۴/۰۰۰

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، میانگین نمرات یادگیری گروه آزمایش ۱ در تمام زیرمفاهیم دما از گروه کنترل بیشتر است. بنابراین، مداخله متغیر مستقل در میزان یادگیری دانش‌آموزان تأثیر مثبت داشته است.

در تحلیل استنباطی، از آزمون لون برای بررسی پیش‌فرض همگنی واریانس‌های نمرات، آزمون کلموگروف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن توزیع نمرات، آزمون باکس برای بررسی تساوی کوواریانس‌های نمرات و بررسی همگنی ضرایب رگرسیون در دو گروه کنترل و آزمایش ۱ استفاده شد.

بررسی همگنی واریانس‌های نمرات

به‌منظور بررسی شرایط برقراری تساوی واریانس‌های دو گروه از آزمون لون استفاده شد که نتایج آن جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴- آماره‌های آزمون لون میزان یادگیری دانش‌آموزان دو گروه کنترل و آزمایش ۱

زیرمفهوم	F	df1	df2	سطح معناداری
دما و دماسنجی	۰/۹۶۴	۱	۵۲	۰/۵۴۲
کمیت‌های دماسنجی	۰/۷۸۳	۱	۵۲	۰/۲۷۳
ظرفیت گرمایی	۱/۳۲۵	۱	۵۲	۰/۹۰۳
گرمای ویژه	۱/۱۱۶	۱	۵۲	۰/۳۲۷
دمای تعادل	۰/۷۱۶	۱	۵۲	۰/۱۸۰

با توجه به جدول ۴، سطح معناداری در تمام زیرمفاهیم دما بزرگتر از ۰/۰۵ است که نشان می‌دهد واریانس نمرات دانش‌آموزان دو گروه کنترل و آزمایش ۱ همگن هستند.

بررسی نرمال بودن توزیع نمرات

با انجام آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بر روی داده‌های جمع‌آوری شده از پیش‌آزمون و پس‌آزمون دو گروه کنترل و آزمایش ۱ نرمال بودن توزیع نمرات مورد بررسی قرار گرفت و نتایج جدول ۵ به‌دست آمد.

جدول ۵- آماره و سطح معناداری آزمون کلموگروف-اسمیرنوف در داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون مفهوم دما در دو گروه کنترل و آزمایش ۱

زیر مفهوم	آزمون	گروه کنترل (سخنرانی)	گروه آزمایش ۱ (بدیعه‌پردازی)	
			سطح معناداری	آماره آزمون
دما و دماسنجی	پیش‌آزمون	۰/۷۵۹	۰/۲۵۱	۰/۴۴۸
	پس‌آزمون	۰/۵۶۱	۰/۳۴۰	۰/۴۶۵
کمیت‌های دماسنجی	پیش‌آزمون	۰/۵۷۷	۰/۱۱۸	۰/۷۸۸
	پس‌آزمون	۰/۷۳۰	۰/۴۲۲	۰/۷۳۱
ظرفیت گرمایی	پیش‌آزمون	۰/۵۱۲	۰/۱۸۷	۰/۵۰۶
	پس‌آزمون	۰/۸۶۴	۰/۱۶۲	۰/۵۵۱
گرمای ویژه	پیش‌آزمون	۰/۸۳۲	۰/۲۹۴	۰/۵۲۸
	پس‌آزمون	۰/۶۸۱	۰/۳۲۹	۰/۸۶۴
دمای تعادل	پیش‌آزمون	۰/۶۳۹	۰/۲۶۷	۰/۸۰۴
	پس‌آزمون	۱/۲۷۰	۰/۱۹۳	۰/۷۱۲

با توجه به اطلاعات جدول ۵، سطح معناداری برای تمام زیرمفاهیم دما در پیش‌آزمون و پس‌آزمون بیشتر از ۰/۰۵ است که نشان می‌دهد تمام متغیرهای پژوهش دارای توزیع نرمال هستند. بنابراین، می‌توان از آزمون پارامتریک برای تجزیه و تحلیل فرضیه‌های پژوهش استفاده کرد.

بررسی تساوی کوواریانس‌های نمرات

به‌منظور بررسی تساوی کوواریانس‌ها یا روابط بین متغیرها از آزمون باکس استفاده شده که نتایج آن در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶- آزمون باکس برای تساوی کوواریانس‌ها

آماره	مقدار
Box's M	۲۷/۱۱۸
F	۰/۸۹۴
درجه آزادی ۱	۲۱
درجه آزادی ۲	۱۰۳۵۷/۴۷۶
سطح معناداری	۰/۰۷۲

همان‌طور که نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد، شرط همسانی ماتریس‌های واریانس-کوواریانس نمرات پس‌آزمون به‌دست آمد که بیانگر معنی‌دار نبودن آزمون باکس و تأیید پیش‌فرض برابری کوواریانس‌ها در تحلیل است.

بررسی همگنی ضرایب رگرسیون

به‌منظور بررسی پیش‌فرض همگنی شیب رگرسیون، تعامل بین متغیرهای وابسته و هم‌پراش بررسی شد که نتایج در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷- آزمون پیش‌فرض همگنی ضرایب رگرسیون

منابع تغییر	پس‌آزمون	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری
دما و دماسنجی	۰/۰۰۶	۱	۰/۰۰۶	۰/۰۷۳	۰/۸۳۲	
کمیت‌های دماسنجی	۴/۱۰۸	۱	۴/۱۰۸	۱/۳۴۹	۰/۵۱۹	
تعامل گروه و پیش‌آزمون	۰/۲۶۷	۱	۰/۲۶۷	۰/۵۸۸	۰/۳۴۰	
ظرفیت گرمایی	۱/۱۳۶	۱	۱/۱۳۶	۰/۹۱۲	۰/۰۸۶	
گرمای ویژه	۲/۰۰۹	۱	۲/۰۰۹	۱/۰۷۰	۰/۶۷۷	
دمای تعادل						

بر اساس داده‌های جدول ۷، نتایج تحلیل نشان می‌دهد که در متغیرهای دما و دماسنجی ($F=۰/۰۷۳$, $sig=۰/۸۳۲$)، کمیت‌های دماسنجی ($F=۱/۳۴۹$, $sig=۰/۵۱۹$)، ظرفیت گرمایی ($F=۰/۵۸۸$, $sig=۰/۳۴۰$)، گرمای ویژه ($F=۰/۹۱۲$, $sig=۰/۰۸۶$) و دمای تعادل ($F=۱/۰۷۰$, $sig=۰/۶۷۷$) چون مقدار F محاسبه‌شده در تعامل گروه و پیش‌آزمون در سطح ۰/۰۵ معنادار نبوده است، بنابراین، داده‌ها دلالت بر برقراری مفروضه همگنی ضرایب رگرسیون دارد.

با توجه به رعایت شدن کلیه پیش‌فرض‌ها، داده‌های حاصل از آموزش با رویکرد بدیعه‌پردازی قابلیت ورود به تحلیل کوواریانس تک‌متغیره را دارند و می‌توان تفاوت دو گروه کنترل و آزمایش ۱ را در متغیر وابسته بررسی کرد. شاخص‌های آماری بررسی استنباطی متغیر نمره پس‌آزمون دو گروه کنترل و آزمایش ۱ در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۸- آماره‌های آزمون تحلیل کوواریانس تک‌متغیره مربوط به یادگیری مفهوم دما در دو گروه کنترل و آزمایش ۱

زیرمفهوم	منبع	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری	اندازه اثر
پیش‌آزمون	۲۱۶۴/۲۷۱	۱	۲۱۶۴/۲۷۱	۱۳۲/۷۳۲	۰/۷۱۱	۰/۰۰۰	
گروه	۵۱۰/۶۲۷	۱	۵۱۰/۶۲۷	۳۰/۸۶۰	۰/۲۱۸	۰/۰۰۰	
خطا	۱۱۶۵/۳۸۹	۵۰	۲۳/۳۰۸				
پیش‌آزمون	۲۱۳۸/۵۷۹	۱	۲۱۳۸/۵۷۹	۱۸۳/۲۶۷	۰/۶۳۸	۰/۰۰۰	
گروه	۶۳۱/۷۰۸	۱	۶۳۱/۷۰۸	۳۱۶/۳۲۰	۰/۳۲۲	۰/۰۰۱	
خطا	۱۶۳۱/۷۴۸	۵۰	۳۲/۶۳۵				
پیش‌آزمون	۶۱۳/۹۲۶	۱	۶۱۳/۹۲۶	۴۵/۸۲۶	۰/۴۲۳	۰/۰۰۰	
گروه	۱۱۱/۵۳۷	۱	۱۱۱/۵۳۷	۶/۴۳۱	۰/۰۶۸	۰/۰۳۸	

خطا	۸۲۱/۸۴۹	۵۰	۱۶/۴۳۷		
پیش آزمون	۲۶۷۰/۲۸۴	۱	۲۶۷۰/۲۸۴	۳۶/۳۱۵	۰/۳۲۴
گروه	۸۰/۵۱۸	۱	۸۰/۵۱۸	۶/۱۱۸	۰/۰۷۷
خطا	۱۱۱۳/۰۴۰	۵۰	۲۲/۲۶۱		
پیش آزمون	۷۵۱/۳۲۶	۱	۷۵۱/۳۲۶	۹۴/۲۱۸	۰/۵۶۳
گروه	۶۶/۸۳۶	۱	۶۶/۸۳۶	۸/۲۳۵	۰/۱۱۵
خطا	۳۶۲/۲۴۶	۵۰	۷/۲۴۵		

مطابق جدول ۸، با حذف تأثیر متغیر پیش آزمون، مقدار سطح معناداری در پنج زیر مفهوم دما شامل دما و دماسنجی، کمیت‌های دماسنجی، ظرفیت گرمایی، گرمای ویژه و دمای تعادل کمتر از ۰/۰۵ است. بنابراین، در سطح اطمینان ۹۵ درصد فرض صفر رد می‌شود. داده‌های جدول ۶ نشان می‌دهد، میزان تأثیر معنادار بودن عملی آموزش مفهوم دما با رویکرد بدیعه‌پردازی بر یادگیری زیرمفهوم دما و دماسنجی ۰/۷۱، کمیت‌های دماسنجی ۰/۶۴، ظرفیت گرمایی ۰/۴۲، گرمای ویژه ۳۲٪ و دمای تعادل ۵۶٪ است. به عبارتی نتایج آزمون تحلیل کوواریانس تک‌متغیره نشان داد که بین گروه آزمایش کنترل و آزمایش ۱ از لحاظ یادگیری پنج زیرمفهوم دما تفاوت معنادار مثبت وجود دارد. بر این اساس می‌توان گفت آموزش مفهوم دما با رویکرد بدیعه‌پردازی موجب افزایش یادگیری دانش‌آموزان گروه آزمایش ۱ نسبت به گروه کنترل شده است.

فرضیه دوم: آموزش مفهوم دما با رویکرد مبتنی بر آزمایش تأثیر مثبت معناداری در یادگیری دانش‌آموزان دارد.

جهت تحلیل توصیفی داده‌های به‌دست آمده از پس‌آزمون، شاخص‌های آماری شامل فراوانی، میانگین، انحراف استاندارد، کمینه و بیشینه محاسبه شد. جدول ۹ بررسی توصیفی نمرات پس‌آزمون گروه‌های کنترل (که با رویکرد سخنرانی آموزش دیده‌اند) و آزمایش ۲ (که با رویکرد مبتنی بر آزمایش آموزش دیده‌اند) را نشان می‌دهد.

جدول ۹- شاخص‌های آمار توصیفی داده‌های پس‌آزمون مفهوم دما در گروه‌های کنترل و آزمایش ۲

زیرمفهوم	گروه کنترل (سخنرانی) N=۲۸		گروه آزمایش ۲ (مبتنی بر آزمایش) N=۲۸		
	میانگین	کمینه	بیشینه	میانگین	کمینه
دما و دماسنجی	۳/۷۴۱±۱/۰۹۴	۰/۷۵۰	۴/۰۰۰	۴/۴۵۶±۰/۵۰۶	۰/۷۵۰
کمیت‌های دماسنجی	۲/۹۹۴±۱/۷۸۰	۰/۵۰۰	۴/۷۵۰	۳/۵۲۷±۱/۳۰۶	۱/۲۵۰
ظرفیت گرمایی	۳/۴۹۶±۱/۱۸۳	۰/۷۵۰	۵/۰۰۰	۴/۱۵۴±۰/۵۹۱	۰/۷۵۰
گرمای ویژه	۳/۰۶۵±۱/۱۷۷	۰/۵۰۰	۴/۰۰۰	۳/۸۵۳±۱/۰۸۱	۰/۷۵۰
دمای تعادل	۲/۸۹۵±۱/۰۱۸	۰/۷۵۰	۴/۰۰۰	۴/۳۶۷±۰/۶۳۰	۰/۷۵۰

با توجه به جدول ۹، میانگین نمرات یادگیری گروه آزمایش ۲ در تمام زیرمفاهیم دما با گروه کنترل تفاوت دارد. به‌طوری‌که میانگین نمرات گروه آزمایش ۲ در تمام زیرمفاهیم دما بالاتر از نمرات گروه کنترل است. این نشان می‌دهد مداخله متغیر مستقل در میزان یادگیری دانش‌آموزان تأثیر مثبت داشته است. در تحلیل استنباطی، از آزمون لون برای بررسی پیش‌فرض همگنی واریانس‌های نمرات، آزمون کلموگروف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن توزیع نمرات، آزمون باکس برای بررسی تساوی کوواریانس‌های نمرات و بررسی همگنی ضرایب رگرسیون در دو گروه کنترل و آزمایش ۲ استفاده شد.

بررسی همگنی واریانس‌های نمرات

به‌منظور بررسی شرایط برقراری تساوی واریانس‌های دو گروه از آزمون لون استفاده شد که نتایج آن جدول ۱۰ آورده شده است.

جدول ۱۰- آماره‌های آزمون لون میزان یادگیری دانش‌آموزان دو گروه کنترل و آزمایش ۲

زیرمفهوم	F	df1	df2	سطح معناداری
دما و دماسنجی	۰/۸۹۳	۱	۵۴	۰/۲۵۱
کمیت‌های دماسنجی	۱/۲۴۳	۱	۵۴	۰/۵۰۹
ظرفیت گرمایی	۰/۹۰۷	۱	۵۴	۰/۴۹۱
گرمای ویژه	۱/۱۳۳	۱	۵۴	۰/۳۲۶
دمای تعادل	۰/۸۶۹	۱	۵۴	۰/۱۱۷

با توجه به جدول ۱۰، سطح معناداری در تمام زیرمفاهیم دما بزرگتر از ۰/۰۵ است که نشان می‌دهد، واریانس نمرات دانش‌آموزان دو گروه کنترل و آزمایش ۲ همگن هستند.

بررسی نرمال بودن توزیع نمرات

با انجام آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بر روی داده‌های جمع‌آوری شده از پیش‌آزمون و پس‌آزمون دو گروه کنترل و آزمایش ۲ نرمال بودن توزیع نمرات مورد بررسی قرار گرفت و نتایج جدول ۱۱ به‌دست آمد.

جدول ۱۱- آماره و سطح معناداری آزمون کلموگروف-اسمیرنوف در داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون

مفهوم دما			
زیر مفهوم	آزمون	گروه کنترل	
		گروه آزمایش ۲	
		(مبتنی بر آزمایش)	
		(سخنرانی)	
زیر مفهوم	آزمون	آماره	سطح
		معناداری	آزمون

دما و دماسنجی	پیش آزمون	۰/۷۵۹	۰/۲۵۱	۰/۸۷۱	۰/۸۰۶
	پس آزمون	۰/۵۶۱	۰/۳۴۰	۰/۷۳۶	۰/۵۱۳
کمیت‌های دماسنجی	پیش آزمون	۰/۵۷۷	۰/۱۱۸	۰/۸۰۴	۰/۴۲۷
	پس آزمون	۰/۷۳۰	۰/۴۲۲	۰/۵۱۸	۰/۴۹۱
ظرفیت گرمایی	پیش آزمون	۰/۵۱۲	۰/۱۸۷	۰/۵۳۸	۰/۵۳۳
	پس آزمون	۰/۸۶۴	۰/۱۶۲	۰/۶۴۳	۰/۴۸۶
گرمای ویژه	پیش آزمون	۰/۸۳۲	۰/۲۹۴	۰/۷۷۰	۰/۵۷۱
	پس آزمون	۰/۶۸۱	۰/۳۲۹	۰/۴۸۷	۰/۴۰۷
دمای تعادل	پیش آزمون	۰/۶۳۹	۰/۲۶۷	۰/۶۶۱	۰/۳۰۰
	پس آزمون	۱/۲۷۰	۰/۱۹۳	۰/۶۳۶	۰/۵۴۵

با توجه به اطلاعات جدول ۱۱، سطح معناداری برای تمام زیرمفاهیم دما در پیش‌آزمون و پس‌آزمون بیشتر از ۰/۰۵ است که نشان می‌دهد، تمام متغیرهای پژوهش، دارای توزیع نرمال هستند. بنابراین، می‌توان از آزمون پارامتریک برای تجزیه و تحلیل فرضیه‌های پژوهش استفاده کرد.

بررسی تساوی کوواریانس‌های نمرات

به‌منظور بررسی تساوی کوواریانس‌ها یا روابط بین متغیرها از آزمون باکس استفاده شده که نتایج آن در جدول ۱۲ آورده شده است.

جدول ۱۲- آزمون باکس برای تساوی کوواریانس‌ها

آماره	مقدار
Box's M	۳۲/۲۳۱
F	۱/۱۰۶
درجه آزادی ۱	۲۲
درجه آزادی ۲	۱۱۷۱۶/۳۵۵
سطح معناداری	۰/۰۸۳

همان‌طور که نتایج جدول ۱۲ نشان می‌دهد، شرط همسانی ماتریس‌های واریانس-کوواریانس نمرات پس‌آزمون به‌دست آمد که بیانگر معنی‌دار نبودن آزمون باکس و تأیید پیش‌فرض برابری کوواریانس‌ها در تحلیل است.

بررسی همگنی ضرایب رگرسیون

به‌منظور بررسی پیش‌فرض همگنی شیب رگرسیون، تعامل بین متغیرهای وابسته و هم‌پراش بررسی شد که نتایج در جدول ۱۳ آورده شده است.

جدول ۱۳- آزمون پیش‌فرض همگنی ضرایب رگرسیون

منابع تغییر	پس‌آزمون	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری
دما و دماسنجی	کمیت‌های دماسنجی	۰/۰۴۵	۱	۰/۰۴۵	۰/۲۴۱	۰/۰۵۹
	تعامل گروه و پیش‌آزمون	۰/۰۰۷	۱	۰/۰۰۷	۰/۰۵۲	۰/۲۱۱
ظرفیت گرمایی	ظرفیت گرمایی	۳/۵۹۲	۱	۳/۵۹۲	۱/۲۵۱	۰/۹۳۶
	گرمای ویژه	۰/۲۷۴	۱	۰/۲۷۴	۰/۸۴۶	۰/۶۳۹
	دمای تعادل	۰/۰۴۹	۱	۰/۰۴۹	۰/۳۰۸	۰/۸۹۳

بر اساس داده‌های جدول ۱۳، نتایج تحلیل نشان می‌دهد که در متغیرهای دما و دماسنجی ($F=۰/۲۴۱$ ، $\text{sig}=۰/۰۵۹$)، کمیت‌های دماسنجی ($F=۰/۰۵۲$)، ظرفیت گرمایی ($F=۱/۲۵۱$ ، $\text{sig}=۰/۹۳۶$)، گرمای ویژه ($F=۰/۸۴۶$ ، $\text{sig}=۰/۶۳۹$) و دمای تعادل ($F=۰/۳۰۸$ ، $\text{sig}=۰/۸۹۳$) چون مقدار F محاسبه‌شده در تعامل گروه و پیش‌آزمون در سطح $۰/۰۵$ معنادار نبوده است، بنابراین، داده‌ها دلالت بر برقراری مفروضه همگنی ضرایب رگرسیون دارد.

با توجه به رعایت‌شدن کلیه پیش‌فرض‌ها، می‌توان از آزمون تحلیل کوواریانس تک‌متغیره برای بررسی داده‌های حاصل از آموزش با رویکرد مبتنی بر آزمایش و تفاوت دو گروه کنترل و آزمایش ۲ در متغیر وابسته استفاده کرد. شاخص‌های آماری بررسی استنباطی متغیر نمره پس‌آزمون دو گروه کنترل و آزمایش ۲ در جدول ۱۴ آورده شده است.

جدول ۱۴- آماره‌های آزمون تحلیل کوواریانس تک‌متغیره مربوط به یادگیری مفهوم دما در دو گروه کنترل و آزمایش ۲

اندازه	سطح		میانگین	درجه	مجموع	منبع	زیرمفهوم
اثر	معناداری	F	مجذورات	آزادی	مجذورات		
۰/۲۶۸	۰/۰۰۰	۲۱/۴۶۶	۲۶۳/۳۱۹	۱	۲۶۳/۳۱۹	پیش‌آزمون	دما و دماسنجی
۰/۰۸۰	۰/۰۱۸	۵/۳۹۴	۷۹/۶۴۲	۱	۷۹/۶۴۲	گروه	
			۱۱/۳۳۷	۵۲	۵۸۹/۵۱۹	خطا	
۰/۵۷۴	۰/۰۰۰	۹۱/۲۱۹	۷۵۲/۴۳۰	۱	۷۵۲/۴۳۰	پیش‌آزمون	کمیت‌های دماسنجی
۰/۱۱۷	۰/۰۰۵	۷/۲۵۱	۶۸/۷۳۵	۱	۶۸/۷۳۵	گروه	
			۸/۲۴۶	۵۲	۴۲۸/۷۸۶	خطا	
۰/۶۲۵	۰/۰۰۰	۹۷/۸۶۰	۶۱۸/۲۵۱	۱	۶۱۸/۲۵۱	پیش‌آزمون	ظرفیت گرمایی
۰/۳۲۷	۰/۰۰۰	۳۱/۵۲۷	۱۸۶/۳۴۹	۱	۱۸۶/۳۴۹	گروه	
			۶/۱۱۷	۵۲	۳۱۸/۰۸۴	خطا	
۰/۶۰۶	۰/۰۰۰	۱۰۹/۴۸۳	۷۳۴/۲۶۷	۱	۷۳۴/۲۶۷	پیش‌آزمون	گرمای ویژه
۰/۰۲۷	۰/۰۳۱	۴/۵۱۳	۳۲/۵۲۸	۱	۳۲/۵۲۸	گروه	
			۶/۷۷۳	۵۲	۳۵۲/۱۹۶	خطا	
۰/۷۲۴	۰/۰۰۰	۱۳۷/۷۲۶	۹۳۳/۱۸۷	۱	۹۳۳/۱۸۷	پیش‌آزمون	دمای تعادل
۰/۲۱۲	۰/۰۰۰	۲۵/۸۶۴	۵۰۶/۴۲۰	۱	۵۰۶/۴۲۰	گروه	
			۴۱/۲۳۱	۵۲	۲۱۴۴/۰۱۲	خطا	

با توجه به جدول فوق، با حذف تأثیر متغیر پیش‌آزمون، مقدار سطح معناداری در پنج زیر مفهوم دما شامل دما و دماسنجی، کمیت‌های دماسنجی، ظرفیت گرمایی، گرمای ویژه و دمای تعادل کمتر از ۰/۰۵ است. بنابراین، در سطح اطمینان ۹۵ درصد فرض صفر رد می‌شود. داده‌های جدول ۱۴ نشان می‌دهد، میزان تأثیر معنادار بودن عملی آموزش مفهوم دما با رویکرد مبتنی بر آزمایش در یادگیری زیرمفهوم دما و دماسنجی ۰/۲۷، کمیت‌های دماسنجی ۰/۵۷، ظرفیت گرمایی ۰/۶۲، گرمای ویژه ۰/۶۱ و دمای تعادل ۰/۷۲ است. به عبارتی نتایج آزمون تحلیل کوواریانس تک‌متغیره نشان داد که بین گروه آزمایش کنترل و آزمایش ۲ از لحاظ یادگیری پنج زیرمفهوم دما تفاوت معنادار مثبت وجود دارد. بر این اساس می‌توان گفت، آموزش مفهوم دما با رویکرد مبتنی بر آزمایش موجب افزایش یادگیری دانش‌آموزان گروه آزمایش ۲ نسبت به گروه کنترل شده است.

فرضیه سوم: بین اندازه اثربخشی آموزش مفهوم دما با رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش در یادگیری دانش‌آموزان تفاوت معناداری وجود دارد.

از آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه جفتی بین میانگین نمرات گروه‌های کنترل (سخنرانی)، آزمایش ۱ (بدیعه‌پردازی) و آزمایش ۲ (مبتنی بر آزمایش) استفاده شد (جدول ۱۵).

جدول ۱۵- مقایسه جفتی میانگین نمرات دانش‌آموزان در زیرمفاهیم دما

زیرمفهوم	مقایسه ۲ به ۲ گروه‌ها	میانگین تفاوت‌ها	سطح معناداری
دما و دماسنجی	کنترل	آزمایش ۱	۰/۰۲۳
		آزمایش ۲	۰/۰۰۲
	آزمایش ۱	کنترل	۰/۰۲۳
		آزمایش ۲	۰/۰۳۵
	آزمایش ۲	کنترل	۰/۰۰۲
		آزمایش ۱	۰/۰۳۵
کمیت‌های دماسنجی	کنترل	آزمایش ۱	۰/۰۲۰
		آزمایش ۲	۰/۰۳۲
	آزمایش ۱	کنترل	۰/۰۲۰
		آزمایش ۲	۰/۰۰۰
	آزمایش ۲	کنترل	۰/۰۳۲
		آزمایش ۱	۰/۰۰۰
ظرفیت گرمایی	کنترل	آزمایش ۱	۰/۰۰۳
		آزمایش ۲	۰/۰۱۱
	آزمایش ۱	کنترل	۰/۰۰۳
		آزمایش ۲	۰/۰۲۵

گرمای ویژه	آزمایش ۲	کنترل	۰/۶۵۸	۰/۰۱۱
		آزمایش ۱	۰/۲۱۸	۰/۰۲۵
	کنترل	آزمایش ۱	-۰/۷۱۶	۰/۰۳۶
		آزمایش ۲	-۰/۷۸۸	۰/۰۱۴
دمای تعادل	آزمایش ۱	کنترل	۰/۷۱۶	۰/۰۳۶
		آزمایش ۲	-۰/۰۷۲	۰/۰۲۳
	آزمایش ۲	کنترل	۰/۷۸۸	۰/۰۱۴
		آزمایش ۱	۰/۰۷۲	۰/۰۲۳
	کنترل	آزمایش ۱	-۱/۰۶۸	۰/۰۳۸
		آزمایش ۲	-۱/۴۷۲	۰/۰۴۶
	آزمایش ۱	کنترل	۱/۰۶۸	۰/۰۳۸
		آزمایش ۲	-۰/۴۰۴	۰/۰۲۴
	آزمایش ۲	کنترل	۱/۴۷۲	۰/۰۴۶
		آزمایش ۱	۰/۴۰۴	۰/۰۲۴

با توجه به جدول ۱۵، نتیجه آزمون تعقیبی توکی نشان می‌دهد، در تمام زیرمفاهیم دما در گروه‌های کنترل، آزمایش ۱ و آزمایش ۲ تفاوت معناداری وجود دارد ($P < 0.05$). به‌طوری‌که میانگین نمرات گروه‌هایی که تحت آموزش با رویکردهای بدیعه‌پردازی یا مبتنی بر آزمایش قرار داشتند، از گروهی که با روش سخنرانی آموزش دیده بودند، به شکل معناداری بالاتر است. همچنین جدول ۱۵ نشان می‌دهد، در زیرمفاهیم دما و دماسنجی، گرمای ویژه و دمای تعادل میانگین نمرات گروه تحت آموزش با رویکرد مبتنی بر آزمایش، نسبت به گروه تحت آموزش با رویکرد بدیعه‌پردازی به شکل معناداری بیشتر است. اما، در زیر مفاهیم کمیت‌های دماسنجی و ظرفیت گرمایی نمرات گروه تحت آموزش با رویکرد بدیعه‌پردازی به‌طور معناداری بیشتر از نمرات گروه تحت آموزش با رویکرد مبتنی بر آزمایش است.

بحث و نتیجه‌گیری

موفقیت هر نظام آموزشی در گرو به‌کارگیری مناسب و به‌جای روش‌های نوین آموزشی در حوزه تعلیم و تربیت است. شناسایی رویکردهای مؤثر تدریس متناسب با هر مفهوم علمی به معلمان کمک می‌کند تا درک عمیق‌تری از فرآیند یادگیری دانش‌آموزان به‌دست آورند. ترویج تفکر انتقادی با استفاده از رویکردهای نوین تدریس می‌تواند انگیزه دانش‌آموزان را برای یادگیری افزایش دهد و پیشرفت تحصیلی آنان را به همراه خواهد داشت.

هدف این پژوهش، مقایسه تأثیر آموزش مفهوم دما با دو رویکرد بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش در یادگیری دانش‌آموزان بود. نتایج نشان داد، یادگیری دانش‌آموزان دو گروه آزمایش که با رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش، آموزش دیده بودند، نسبت به دانش‌آموزان گروه کنترل که با روش متداول سخنرانی آموزش داده شدند، بیشتر بود. یافته‌ها نشان می‌دهد، آموزش با رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش، یادگیری زیرمفاهیم دما، شامل دما و دماسنجی، کمیت‌های دماسنجی، ظرفیت گرمایی، گرمای ویژه و دمای تعادل را برای دانش‌آموزان تسهیل می‌کند و درک آنها را از مفهوم دما افزایش می‌دهد.

در پژوهش حاضر بررسی اثربخشی استفاده از رویکرد بدیعه‌پردازی در آموزش مفهوم دما، حاکی از تأثیر مثبت معنادار در هر یک از زیرمفاهیم آن است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، تفکر درباره زیرمفاهیم دما از زوایای متفاوت در هر یک از مراحل پنج‌گانه رویکرد بدیعه‌پردازی و ایجاد خلاقیت برای حل مسئله با کمک قیاس‌های مستقیم، شخصی تعارض فشرده و مجدد سبب افزایش یادگیری دانش‌آموزان در مفهوم دما می‌گردد. با توجه به اهداف آموزشی کتاب درسی در مفهوم دما لازم است، دانش‌آموزان زیرمفاهیم جدیدی شامل ظرفیت گرمایی، گرمای ویژه و دمای تعادل را فرا گیرند که رویکرد بدیعه‌پردازی با ارائه راهکارهایی همچون کمک به افراد برای کشف راه‌های جدید تفکر درباره مسائل و جایگزین نمودن نظرات قبلی با تفکر جدید موجب تقویت یادگیری دانش‌آموزان در این زیرمفاهیم می‌شود. بر اساس مبانی نظری، رویکرد بدیعه‌پردازی با فراهم کردن فرصت‌های یادگیری فعال و تعاملی، به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا زیر مفاهیم دما را به صورت عمیق‌تر درک کنند و مهارت‌های تفکر انتقادی و حل مسئله خود را تقویت کنند. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیق رادمیکرز^۱ (۲۰۲۴)، هالادا^۲ و همکاران (۲۰۲۴) و مطالعه تطبیقی پیروسی (۱۴۰۲) در مورد اثربخشی آموزش با رویکرد بدیعه‌پردازی همسوست. آنان دریافتند، رویکرد بدیعه‌پردازی در افزایش یادگیری کلی، عمیق و سطحی دانش‌آموزان تأثیر می‌گذارد. با نگاه دقیق‌تر می‌توان گفت که نتایج این پژوهش در خصوص تأثیر رویکرد بدیعه‌پردازی بر یادگیری دانش‌آموزان در مفاهیم علوم پایه با یافته‌های پژوهش دلاور و همکاران (۱۴۰۳) هم‌خوانی دارد. طبق یافته‌های آنان استفاده از الگوهای تدریس، پردازش اطلاعات، نظیر بدیعه‌پردازی در پیشرفت تحصیلی راهبردهای شناختی یادگیری دانش‌آموزان مؤثر است.

یافته دیگر پژوهش حاضر نشان داد آموزش زیرمفاهیم دما، شامل دما و دماسنجی، کمیت‌های دماسنجی، ظرفیت گرمایی، گرمای ویژه و دمای تعادل با استفاده از رویکرد مبتنی بر آزمایش سبب افزایش یادگیری دانش‌آموزان و پیشرفت تحصیلی آنان می‌شود. آموزش همراه با مشاهده و تجربه، افزایش حس کنجکاوی و ایجاد خلاقیت و مهارت‌های عملی از جمله مهم‌ترین دستاوردهای استفاده از رویکرد مبتنی بر آزمایش در آموزش مفاهیم شیمی است. علاوه بر این، استفاده از راهکارهایی همچون تشویق دانش‌آموزان به کسب تجربه‌های عملی و کار گروهی سبب افزایش کیفیت آموزش مفهوم دما با رویکرد مبتنی بر آزمایش و در نتیجه تقویت یادگیری دانش‌آموزان در این مفهوم می‌شود. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات پراتیوی^۳ (۲۰۲۵)، نورمحمدی و همکاران (۱۴۰۳) و فیض‌آبادی و همکاران (۱۴۰۲) در مورد اثر بخشی آموزش با رویکرد مبتنی بر آزمایش بر یادگیری دانش‌آموزان همسوست. با نگاه دقیق‌تر می‌توان گفت نتایج این پژوهش در خصوص تأثیر رویکرد مبتنی بر آزمایش در یادگیری مفاهیم شیمی با نتایج پژوهش رمضانیان و همکاران (۱۴۰۲)، علیزاده و علیزاده (۱۴۰۲) و روهیمات^۴ (۲۰۲۲)

¹ Rademaekers

² Halada

³ Rohimat

⁴ Rohimat

هم‌خوانی دارد. با بررسی یافته‌های پژوهش حاضر و تحقیقات هم‌راستا می‌توان بیان کرد، جذابیت انجام آزمایش و تأثیری که مشاهده نتیجه آزمایش در ایجاد روحیه کاوشگری و خلاقیت دانش‌آموزان دارد، می‌تواند در یادگیری بالاتر دانش‌آموزان در مفهوم دما مؤثر باشد.

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد، تفاوت معناداری در یادگیری دانش‌آموزان از مفهوم دما با توجه عضویت در گروه‌های آزمایشی بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش وجود دارد. به‌طوری‌که، آموزش مفهوم دما با رویکرد مبتنی بر آزمایش در مقایسه با آموزش با رویکرد بدیعه‌پردازی بر یادگیری دانش‌آموزان اثربخشی بیشتری دارد. در تدریس مفهوم دما با رویکرد بدیعه‌پردازی، هر یک از زیرمفاهیم از طریق قیاس مستقیم، قیاس شخصی و تعارض فشرده برای دانش‌آموزان گسترده می‌شود. از آنجایی‌که این رویکرد کاملاً مبتنی بر خلاقیت است، به دانش‌آموزان کمک می‌کند، از زاویه‌های گوناگون به مفهوم دما توجه نموده و با توصیف احساسات خود شناخت بیشتری به زیرمفاهیم دما پیدا کنند. فراهم شدن امکان کشف و جست‌وجوگری در انجام تمام قیاس‌ها، شناخت کامل ارتباط زیرمفاهیم دما با یکدیگر، شکستن زمینه‌های ذهنی قبلی و اندیشیدن به شیوه جدید در مفهوم دما موجب شد در پژوهش حاضر یادگیری این مفهوم ماندگاری بالایی در ذهن دانش‌آموزان داشته باشد. استفاده از رویکرد مبتنی بر آزمایش در تدریس مفهوم دما موجب گردید، مهارت‌هایی مانند کاوشگری، ارتباطی، جمع‌آوری داده‌ها، فرضیه‌سازی، اندازه‌گیری دما، کنترل متغیرها و کشف مفهوم دما در دانش‌آموزان توسعه یابد. کسب این مهارت‌ها در واقع همان اهداف کلی آموزش مفهوم دما در دوره متوسطه اول است که در تحقیق حاضر فراهم کردن مواد و وسایل برای انجام کار عملی، تجربه‌های لازم جهت تصحیح بدفهمی‌ها، انجام کار مشارکتی و در نتیجه افزایش یادگیری دانش‌آموزان از مفهوم دما را به دنبال داشت. در بررسی یادگیری دانش‌آموزان در زیرمفاهیم دما، یافته‌های تحقیق مشخص می‌کند، یادگیری دانش‌آموزانی که با رویکرد مبتنی بر آزمایش آموزش دیده بودند، در زیرمفاهیم دما و دماسنجی، گرمای ویژه و دمای تعادل نسبت به دانش‌آموزانی که با رویکرد بدیعه‌پردازی آموزش داده شده بودند، به‌طور معناداری بیشتر بود. اما، در زیر مفاهیم کمیت‌های دماسنجی و ظرفیت گرمایی یادگیری دانش‌آموزانی که با رویکرد بدیعه‌پردازی آموزش دیده بودند، نسبت به دانش‌آموزانی که با رویکرد مبتنی بر آزمایش آموزش دیده بودند، به‌طور معناداری بالاتر بود. این یافته می‌تواند به دلیل آن باشد که انجام آزمایش‌های بیشتر از نومفهوم‌سازی به دانش‌آموزان امکان می‌دهد تا به‌طور مستقیم با تعدادی از زیرمفاهیم آن شامل دما و دماسنجی، گرمای ویژه و دمای تعادل تعامل داشته باشند و آنها را به‌صورت عملی تجربه کنند، در حالی‌که سایر زیرمفاهیم دما شامل کمیت‌های دماسنجی و ظرفیت گرمایی فعالیت عملی محدودتری دارند و استفاده از قیاس‌ها برای آموزش آنها مناسب‌تر است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت، هیچ‌کدام از این دو رویکرد به‌طور صددرصد در تمام زیرمفاهیم دما اثربخش‌تر از دیگری نبوده است و ترکیب دو رویکرد بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش می‌تواند نتایج بهتری را به همراه داشته باشد. یافته‌های این تحقیق درباره اثربخشی رویکردهای ترکیبی بر آموزش و یادگیری با تحقیق نجفی (۱۳۹۸) و مهربان (۱۳۹۵) هم‌راستا است. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد، با استفاده از فعالیت‌های خلاقانه و انجام آزمایش می‌توان یادگیری دانش‌آموزان در تمام زیرمفاهیم دما را افزایش داد. در خصوص تأثیر متفاوت رویکردهای آموزشی بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان، نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های جدیدی محمدآبادی (۱۴۰۳)، سلیمانی (۱۴۰۳)، قاسمی مدانی و همکاران (۱۴۰۱) و نیزاری محمره (۱۴۰۱) همسوست.

تحقیق حاضر با محدودیت‌هایی از جمله محدودیت تعداد نمونه آماری و روش نمونه‌گیری، منحصر شدن نمونه‌های تحقیق به دانش‌آموزان دختر، زمان اجرای تحقیق و محدودیت تعداد مفهوم علمی روبه‌رو بوده است. برای انجام کارهای پژوهشی بیشتر در این زمینه، پیشنهاد می‌گردد، این پژوهش در بین دانش‌آموزان پسر، مقاطع سنی و تحصیلی مختلف و مفاهیم دیگر شیمی نیز انجام شود تا بتوان در تعمیم نتایج پژوهش حاضر با دقت و اطمینان بیشتری بحث کرد. برای حل

محدودیت زمان اجرای تحقیق توصیه می‌شود آموزش برای مدت طولانی‌تری (بیشتر از ۸ جلسه) به گروه‌ها داده شود تا اثرات بلندمدت نتایج دقیق‌تر بررسی شود. همچنین پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات بعدی اجرای این دو رویکرد تدریس در مدارس مختلف سطح کشور با حجم بیشتری از مطالب در دروس دیگر غیر از شیمی مانند فیزیک، زمین‌شناسی و زیست‌شناسی انجام شود و نتایج آنها با نتایج پژوهش حاضر مقایسه شود. در تکمیل نتایج پژوهش حاضر، شناسایی الگوهای تلفیقی یادگیری با استفاده از ابزارهای ارزشیابی مناسب، جهت بررسی دقیق‌تر تغییرات در درک مفهومی دانش‌آموزان پس از اجرای مداخلات آموزشی و تدوین طراحی آموزشی برای مفهوم دما با تلفیق رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش و سپس ارزیابی و اعتبارسنجی آن در مطالعات آینده توصیه می‌گردد. همچنین بررسی تأثیر تفاوت‌های فردی دانش‌آموزان بر پاسخگویی آنها به هر یک از رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش در پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود. به متولیان آموزش و پرورش و بخصوص آموزش شیمی کشور توصیه می‌شود با برگزاری کارگاه‌های آموزشی و دوره‌های توانمندسازی، با استفاده از اساتید مجرب، برای آشنایی معلمان شیمی با اهمیت، ضرورت و شیوه کاربست رویکردهای بدیعه‌پردازی و مبتنی بر آزمایش در آموزش به دانش‌آموزان اقدام کنند. با توجه به تأثیر رویکردهای نوین تدریس بر مؤلفه‌های آموزش و یادگیری، مسئولان و برنامه‌ریزان آموزش و پرورش برای بالا بردن سطح یادگیری دانش‌آموزان، به تمام ابعاد، دروندادها، فرآیندها و بروندادها در سطح ملی توجه بیشتری مبذول دارند و در این زمینه بر زیرساخت‌های کیفیت آموزشی تأکید کنند.

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.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

- Ainsworth, E. A., & Gillespie, K. M. (2007). Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. *Nature Protocols*, 2, 875-877. [Link]
- Anaya-Esparza, L. M., Mora, Z. V., Vázquez-Paulino, O., Ascencio, F., & Villarruel-López, A. (2021). Bell peppers (*Capsicum annum* L.) losses and wastes: source for food and pharmaceutical applications. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26, 5341. [Link]
- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta Vulgaris. *Plant Physiology*, 24, 1-15. [Link]
- Ayazpour, K. (2014). *Alphabetic list of plant viruses and viroids reported from Iran*. Jahrom: Publication of Jahrom Branch, Islamic Azad University. [Link]
- Azam, A., Hamee, A., & Khan, I. (2017). Impact of elevated atmospheric carbon dioxide on yield, vitamin c, proximate, fatty acid and amino acid composition of capsicum (*Capsicum annum*). *Environmental Pollution and Protection*, 2, 153-167. [Link]
- Baker, C. J., Owens, R. A., Whitaker, B. D., Mock, N. M., Roberts, D. P., Deahl, K. L., & Aver'yanov, A. A. (2010). Effect of viroid infection on the dynamics of phenolic metabolites in the apoplast of tomato leaves. *Physiological and Molecular Research in Chemistry Education*, 74, 214-220. [Link]
- Bakhtiar, Z., Hassandokht, M., Naghavi, M. R., & Mirjalili, M. H. (2024). Variability in proximate composition, phytochemical traits and antioxidant properties of Iranian agro-ecotypic populations of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Scientific Reports*, 14, 87. [Link]

- Hao, K., Yang, M., Cui, Y., Jiao, Z., Gao, X., Du, Z., Wang, Z., An, M., Xia, Z., & Wu, Y. (2023). Transcriptomic and functional analyses reveal the different roles of vitamins C, E, and K in regulating viral infections in maize. *International Journal of Molecular Sciences*, 24, 8012. [Link]
- Helmenstine, A. M. (2024). *Vitamin C determination by iodine titration*.
- Hosseini, S. A., Ghaemi, M., & Khayat, M. (2021). Responses of pepper to Alfalfa mosaic virus and manganese nutrition under greenhouse conditions: preliminary results. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 4, 67-80. [Link]
- Khazaei, Z., & Estaji, A. (2020). Impact of exogenous applications of salicylic acid on the tolerance to drought stress in pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Research Square*, 6, 1-17. [Link]
- Kim, M., Kim, M., Hong, J. S., Choi, J., & Ryu, K. (2010). Patterns in disease progress and the influence of single and multiple viral infections on pepper (*Capsicum annuum* L.) growth. *European Journal of Research in Chemistry Education*, 127, 53-61. [Link]
- Maleki, M., Shojaeiyan, A., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2021). Genotypic variation in biochemical and physiological responses of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) landraces to prolonged drought stress and subsequent rewatering. *Scientia Horticulturae*, 287, 110224. [Link]
- Mariotti, F., Tomé, D., & Patureau, P. (2008). Converting nitrogen into protein-beyond 6.25 and Jones' factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 177-184. [Link]
- Martins, T., Barros, A. N., Rosa, E., & Antunes, L. (2023). Enhancing health benefits through chlorophylls and chlorophyll-rich agro-food: A comprehensive review. *Molecules*, 28, 5344. [Link]
- Massumi, H., Maddahian, M., Heydarnejad, J., Hosseini Pour, A., & Farahmand, A. (2012). Incidence of viruses infecting alfalfa in the southeast and central regions of Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14, 1141-1148. [Link]
- Ministry of Agriculture, J. (2022). *Agricultural Statistics: Horticultural and Greenhouse Products*.
- Nitiema, L. W., & Sombié, P. A. E. D. (2019). Antioxidant responses of three pepper (*Capsicum annuum*) varieties against pepper veinal mottle virus. *Journal of Experimental Agriculture International*, 41, 1-10. [Link]
- Palukaitis, P., & Garcia-Arenal, F. (2003). *Cucumoviruses* (Vol. 62).
- Pazarlar, S., GÜMÜŞ, M., & ÖZTEKİN, G. B. (2013). The effects of tobacco mosaic virus infection on growth and physiological parameters in some pepper varieties (*Capsicum annuum* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41, 427-433. [Link]
- Prakash, D., Raj, S. K., & Singh, B. P. (1995). Biochemical changes in cucumber mosaic virus (CMV)-infected *Amaranthus* and *Chenopodium*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68, 299-303. [Link]
- Rahman, M. S., Jahan, K., Sabuz, A. A., & Akanda, A. M. (2019). Effects of Cucumber mosaic virus on cellular components, host physiology and yield of Chilli. *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 29, 219-230. [Link]
- Saadati, M., Ayyari, M., & Shams-bakhsh, M. (2022). Effect of the cucumber mosaic virus-Fny infection on the physiological and phytochemical properties of three green basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. *Iranian Journal of Research in Chemistry Education*, 57, 303-319. [Link]
- Salari, P., Jain, S., Bhardwaj, R. D., Rani, R., & Jhanji, S. (2023). Physiological and biochemical responses of chilli pepper (*Capsicum annuum* L.) to sudden wilt syndrome. *Physiological and Molecular Research in Chemistry Education*, 126, 102038. [Link]
- Shakeel, T., Amer, M., Al-Saleh, M., Ashfaq, M., & Haq, M. (2016). Changes in chlorophyll, phenols, sugars and mineral contents of cucumber plants infected with cucumber mosaic virus. *Journal of Phytopathology and Pest Management*, 3(1), 1-11. [Link]
- Thiex, N. J., Anderson, S., Gildemeister, B., & Collaborators. (2019). Crude fat, diethyl ether extraction, in feed, cereal grain, and forage (Randall/Soxtec/submersion method): collaborative study. *Journal of AOAC International*, 86, 888-898. [Link]
- Thuphairo, K., Sornchan, P., & Suttisansanee, U. (2019). Bioactive compounds, antioxidant activity and inhibition of key enzymes relevant to Alzheimer's disease from sweet pepper (*Capsicum annuum*) extracts. *Preventive Nutrition and Food Science*, 24, 327-337. [Link]
- Wahyuni, Y., Ballester, A. R., Sudarmonowati, E., Bino, R. J., & Bovy, A. G. (2013). Secondary metabolites of *Capsicum* species and their importance in the human diet. *Journal of Natural Products*, 76, 783-793. [Link]
- Zarrillo, A., Minutolo, M., Alioto, D., & Errico, A. (2017). Ascorbic acid regulation in leaves and fruits of tomato ecotypes infected by Eggplant Mottled Dwarf Virus. *Scientia Horticulturae*, 225, 512-524. [Link]