Vol. 13, No. 4, Winter 2025, pp 317- 337

Journal of Educational and Scholastic studies

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Investigation of Misconception of 10th High School Students About the Concepts of Stoichiometry and Balancing of Chemical Equations Using Conceptual Evaluation Method

Vahid Amani*[1], Zakyeh Akrami[2], Morteza Omidvar[3]

[1]*Associate Professor, Department of Chemistry Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran.*

[2]*Assistant Professor, Department of Chemistry Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran.*

[3]*Master's Student in Chemistry Education, Department of Chemistry Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran.*

Keywords
Conceptual Evaluation
Stoichiometry
10th-Grade Students
Misconception
Balancing of Chemical Equations

[1] .Corresponding author
v.amani@cfu.ac.ir

Received: 2023/08/09
Reviewed: 2024/10/04
Accepted: 2024/10/09

ABSTRACT

Background and Objectives: Identifying and addressing misconceptions in fundamental science subjects, particularly chemistry, is crucial and has consistently been a primary concern for curriculum planners. This study aimed to identify misconceptions among tenth-grade students regarding stoichiometry and balancing chemical equations using a conceptual assessment approach. **Methods:** This research is fundamental in nature, employing a descriptive survey method for data collection. The statistical population comprised all tenth-grade students in experimental and mathematical disciplines in schools across Markazi Province during the 1401-1402 academic years. A total of 376 students (212 girls and 164 boys) were selected through random sampling from various schools in the province. To collect data, a diagnostic test consisting of eight multiple-choice questions was administered. The validity of the test was confirmed by nine professors from Farhangian University and experienced chemistry teachers, while its reliability was established with a Cronbach's alpha coefficient of 0.805. The conceptual assessment method was used to evaluate students' understanding. Data analysis was performed using IBM SPSS Statistics 26. **Findings:** It is recommended that the content of the stoichiometry and equilibrium sections in the tenth-grade chemistry textbook for experimental and mathematical disciplines, as well as teachers' instructional methods, be reviewed with careful consideration and special attention. **Conclusion:** The results indicated that 28.7% of students had misconceptions about stoichiometry, while 25.8% exhibited misunderstandings regarding chemical equilibrium. The most common misconception in stoichiometry was related to the sequential application of stoichiometric relationships, whereas in equilibrium, the most prevalent misunderstanding involved selecting the initial element to balance chemical reaction equations. Additionally, an analysis of the effect of gender on students' misconceptions about stoichiometry and equilibrium revealed no significant difference between the average misconceptions of male and female students.

ISSN (Online): 2645-8098 **DOI: 10.48310/pma.2025.14587.4198**

Citation (APA) Amani, V. , Akrami, Z. and Omidvar, M. (2025). Investigation of misconception of 10th High School Students About the Concepts of Stoichiometry and Balancing of Chemical Equations Using Conceptual Evaluation Method. *Educational and Scholastic studies*, 13 (4), 317 - 337 .
https://doi.org/10.48310/pma.2025.14587.4198

کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان پایه دهم درباره مفاهیم استوکیومتری و موازنه معادله‌های شیمیایی با روش ارزیابی مفهومی

مقاله پژوهشی/ مروری

***وحید امانی*[*،۱]، زکیه اکرمی[۲]، مرتضی امیدوار[۳]**

۱ دانشیار، گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

۲ استادیار، گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

۳ دانشجوی کارشناسی‌ارشد آموزش شیمی، گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

چکیده

پیشینه و اهداف: شناخت و رفع کج‌فهمی در یادگیری دروس علوم پایه به‌خصوص یادگیری درس شیمی دارای اهمیت بسیار زیادی است و همواره دغدغهٔ اصلی برنامه‌ریزان درسی کشور بوده است. پژوهش حاضر با هدف شناسایی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان پایه دهم درباره مفاهیم استوکیومتری و موازنه معادله‌های شیمیایی با روش ارزیابی مفهومی انجام شده است. **روش‌ها:** نوع پژوهش، بنیادی است و داده‌های آن با روش توصیفی پیمایشی گردآوری شد. جامعه آماری، کلیه دانش‌آموزان پایه دهم رشته‌های تجربی و ریاضی مدارس استان مرکزی در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ بوده است. حجم نمونه پژوهش شامل ۳۷۶ نفر (۲۱۲ دختر و ۱۶۴ پسر) از دانش‌آموزان پایه دهم مدارس استان مرکزی به روش نمونه‌گیری تصادفی از مدارس مختلف این استان انتخاب شد. برای گردآوری اطلاعات از آزمون تشخیصی حاوی ۸ سؤال چهار گزینه‌ای استفاده شد. روایی آزمون توسط ۹ نفر از اساتید دانشگاه فرهنگیان و دبیران باتجربه تأیید و با محاسبه ضریب آلفای کرونباخ به مقدار ۰/۸۰۵، پایایی سؤالات آزمون اثبات شد. روش ارزیابی مفهومی برای سنجش میزان درک دانش‌آموزان به‌کار رفته است. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 26 انجام شد. **یافته‌ها:** بازبینی محتوای بخش استوکیومتری و موازنه کتاب درسی شیمی پایه دهم رشته‌های تجربی و ریاضی و همچنین شیوه تدریس معلمان با دقت کافی و توجه ویژه پیشنهاد می‌شود. **نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که ۲۸/۷٪ و ۲۵/۸٪ دانش‌آموزان پایه دهم به‌ترتیب در مفاهیم استوکیومتری و موازنه دچار کج‌فهمی هستند. در مفهوم استوکیومتری بیشترین تصور غلط در زمینه استفاده از روابط استوکیومتری به‌صورت متوالی و در مفهوم موازنه بیشترین باور اشتباه در زمینه انتخاب عنصر شروع‌کننده برای موازنهٔ معادله واکنش‌های شیمیایی شناسایی شد. بررسی تأثیر جنسیت بر میزان کج‌فهمی دانش‌آموزان درباره مفاهیم استوکیومتری و موازنه نشان داد تفاوت معناداری بین میانگین کج‌فهمی دانش‌آموزان دختر و پسر وجود ندارد.

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به‌صورت آنلاین استفاده کنید.

واژه‌های کلیدی:
ارزیابی مفهومی
استوکیومتری
دانش‌آموزان پایه دهم
کج‌فهمی
موازنه معادله‌های شیمیایی

۱. نویسنده مسئول
v.amani@cfu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۸
شماره صفحات: ۳۳۷- ۳۱۷

شاپا الکترونیکی: ۸۰۹۸-۲۶۴۵

DOI: 10.48310/pma.2025.14587.4198

COPYRIGHTS
©2025 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

مقدمه

یادگیری فرآیند ایجاد رابطه بین دانسته‌های جدید و دانش موجود است که همواره یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های انسان در طول تاریخ و سرچشمه تمامی پیشرفت‌ها و دستاوردهای بشر می‌باشد. به اعتقاد اسکینر[1]، یک نظام تربیتی مؤثر را نمی‌توان ایجاد کرد مگر این‌که فرآیند یادگیری به‌صورت کامل شناخته شود (Duda et al, 2021; Habiddin & Page, 2021). در سال‌های اخیر محتوای کتاب‌های درسی دچار تغییراتی شده است و در آن‌ها ساختن دانش به‌واسطه یادگیری معنادار مورد توجه برنامه‌ریزان و مؤلفان درسی قرار گرفته است. پژوهش‌های انجام شده در زمینهٔ آموزش حاکی از آن است که دانش‌آموزان، حتی پیش از ورود به مدرسه، ایده‌ها و تصوراتی در مورد طبیعت و محیط زندگی روزانه خود دارند (Abdullah Mirzaie et al, 2016). به عقیده لطفی و موسوی (Lotfi & Mousavi, 2021)، دانش‌آموزان در زمان وارد شدن به هر موضوع یا موقعیت جدید آموزشی با توجه به تجارب قبلی خود مجموعه‌ای از باورهای درست یا غلط دارند که چگونگی برخورد دانش‌آموزان با حقایق علمی و اظهار نظر در مورد آن‌ها به تفکر و باورهای قبلی آن‌ها بستگی دارد. دانش‌آموزان پیش از ورود به کلاس درس در محیط‌های دیگر و توسط اطرافیان فرصت‌های زیادی برای ساختن الگوهای ذهنی در مورد بسیاری از پدیده‌ها و مفاهیم را دارند (Azamat & Khodaei, 2020). بر این اساس ممکن است که در مورد موضوع جدید آموزشی تصورات نادرست در ذهن دانش‌آموزان شکل گیرد که عوامل بازدارنده‌ای در یادگیری معنادار و دائم دانش‌آموزان هستند (Duda et al, 2021).

در فرآیند یادگیری، دانش‌آموزان، دانش و علم جدید را از طریق چارچوب‌های شناخت، توانایی، ارزش و تجربه ایجاد می‌کنند. ازآنجایی‌که دانش‌آموزان خودشان معنای علم جدید را در ذهنشان به وجود می‌آورند، ممکن است دانش آن‌ها گاهی اوقات از لحاظ علمی با آنچه که مورد قبول است، متفاوت باشد (Soeharto et al, 2019). دانش‌آموزان نظرات خود را نه با آنچه که از نظر علمی مورد قبول است، بلکه بر اساس دانش و علم خود مطرح می‌کنند. نظرات غلط آن‌ها که وابسته به مفاهیم علمی نیست، با عبارت‌های گوناگون همچون برداشت غلط، تصور قبلی، چهار چوب‌های متفاوت، دانش ذاتی، مفاهیم از پیش‌برداشت‌شده و اشتباهات واقعی به‌کار گرفته می‌شود. به تصورات غلط شکل گرفته در ذهن دانش‌آموزان که با اصول علمی پذیرفته شده در تناقض باشد و فراگیران نتوانند یک پدیده را به درستی توضیح دهند، کج‌فهمی گفته می‌شود (Jusniar et al, 2019). هرچند کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان به آنچه که از نظر علمی مورد قبول است، ارتباطی ندارد، ولی هنگامی که برای فراگیران منطقی باشد، عمیقاً در ساختار شناخت آن‌ها قرار می‌گیرد (Üce & Ceyhan, 2019). تصورات غیرعلمی تأثیر منفی بر روی یادگیری بیشتر دانش‌آموزان می‌گذارد و آن‌ها را از طرح‌های جدیدی که وابسته به عقاید پذیرفته شده علمی می‌باشند، باز می‌دارد. بنابراین اولین قدم برای اجرای یک تدریس مفهومی مؤثر، شناخت تصور و برداشت قبلی دانش‌آموزان می‌باشد که برخی از آن‌ها ممکن است با نوع علمی آن متفاوت باشد.

کپریادی و همکاران (Copriady et al, 2021) شیمی را به عنوان پدیده‌های جالب توجه، فعالیت‌های تجربی جذاب، دانش پربار برای درک جهان طبیعی و مصنوعی و در عین حال یکی از موضوعات مفهومی سخت در برنامه درسی مدرسه توصیف کرده‌اند. پراستیکیا و سوکارمین (Prastika & Sukarmin, 2021) بیان می‌کنند که شیمی دشوار است، به‌طوری‌که نیازمند توجه زیادی برای انتقال مفاهیم آن می‌باشد با این‌حال توماری (Tomari, 2021) معتقد است معلمان شیمی باید از موضوعات سخت برای دانش‌آموزان آگاه باشند و تلاش خود را برای شناخت کج‌فهمی آنان انجام دهند. تحقیقات نشان می‌دهد که تشخیص کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در مورد مفاهیم مختلف شیمی بر توانایی آنان برای ساخت ایده‌ها، درک دانش و رشد شناختی تأثیرگذار است (Mousavi & Lotfi, 2021). شناخت و رفع کج‌فهمی در یادگیری علوم پایه دارای اهمیت بسیار زیادی است و همواره دغدغه اصلی برنامه‌ریزان درسی بوده است (Abdullah Mirzaie et al, 2016). در این میان درک کامل علم شیمی که دارای مفاهیم پایه‌ای گوناگون در مورد ساختارهای

1. Skinner

درونی ماده و تعداد بسیار زیادی مفاهیم انتزاعی می‌باشد، برای برخی از دانش‌آموزان مشکل است (Prastika & Sukarmin, 2021). دشوار بودن تجربهٔ دنیای میکروسکوپی و مرتبط ساختن آن‌ها با نمادهای شیمیایی، گاهی معلمان شیمی را مجبور می‌کند برای توضیح مطالب و مفاهیم شیمی از قیاس و استعاره استفاده کنند که خود می‌تواند به بسیاری از کج‌فهمی‌ها در شیمی منجر شود (Ahmadi, 2020; Brahui Moghadam, 2021). در آثار علمی و آموزشی، عدم ایجاد ارتباط درست بین مفاهیم، به‌عنوان مهم‌ترین دلیل تصورات غلط دانش‌آموزان در مورد بیشتر موضوعات شیمیایی، بیان شده است (Soeharto et al, 2019).

استوکیومتری و موازنه دو مبحث بسیار مهم در آموزش شیمی محسوب می‌شوند. استوکیومتری دانش مطالعهٔ روابط کمّی بر اساس قانون پایستگی جرم در واکنش‌های شیمیایی است که ارتباط بین مقادیر واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها را به‌صورت اعداد مثبت و صحیح نشان می‌دهد (Carlson, 2022). در تعریف عملیاتی، محاسبه مقدار واکنش‌دهنده یا فرآوردهٔ یک واکنش شیمیایی با کمک مقدار دیگری را استوکیومتری می‌نامند (Azamat & Khodaei, 2020). برابر بودن تعداد اتم‌های مربوط به هر عنصر در دو سوی معادلهٔ شیمیایی به معنای موازنه بودن آن است (Shadreck & Enunuwe, 2018). در تعریف عملیاتی، نسبت‌دادن ضریب ثابت به هر یک از واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ها در یک معادلهٔ شیمیایی تا تعداد اتم‌های هر عنصر در دو سوی معادله برابر شود را موازنه می‌نامند. برای استفاده از استوکیومتری در محاسبات واکنش‌های شیمیایی، باید ابتدا رابطه بین فرآورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها شناخته شود که پیش‌زمینه‌ای برای موازنه واکنش‌های شیمیایی است. بنابراین، به دلیل ارتباط بسیار نزدیک مفاهیم استوکیومتری و موازنه با یکدیگر، تشخیص همزمان کج‌فهمی دانش‌آموزان در مورد این دو مفهوم ضروری به‌نظر می‌رسد.

با عنایت به تفاوت‌های محتوایی در مفاهیم شیمی و همچنین روش‌های تشخیص کج‌فهمی تاکنون پژوهشی به منظور شناسایی کج‌فهمی دانش‌آموزان دربارهٔ مفاهیم استوکیومتری و موازنه معادله‌های شیمیایی با روش ارزیابی مفهومی در تحقیقات داخلی و خارجی اجرا نشده است. علاوه بر این، بررسی تأثیر جنسیت دانش‌آموزان بر میزان کج‌فهمی آنان در مفاهیم استوکیومتری و موازنه معادله‌های شیمیایی این تحقیق را نسبت به سایر مطالعات انجام‌شده در حوزهٔ بررسی کج-فهمی برجسته می‌کند. از این رو، هدف پژوهش حاضر بررسی کج‌فهمی دانش‌آموزان پایه دهم در مفاهیم استوکیومتری و موازنهٔ معادله‌های شیمیایی است. تحقیق انجام شده به دنبال پاسخ به پرسش‌های پژوهشی زیر است:

۱- آیا دانش‌آموزان پایه دهم در یادگیری مفهوم استوکیومتری دچار کج‌فهمی هستند؟

۲- آیا دانش‌آموزان پایه دهم در یادگیری مفهوم موازنه دچار کج‌فهمی هستند؟

۳- آیا تفاوت معناداری در کج‌فهمی مفاهیم استوکیومتری و موازنه بین دانش‌آموزان دختر و پسر پایه دهم وجود دارد؟

پیشینه پژوهش

کارلسون (Carlson, 2022) به بررسی کج‌فهمی دانش‌آموزان در مفهوم استوکیومتری پرداخت. او دریافت بیشترین کج‌فهمی دانش‌آموزان در مفهوم استوکیومتری مربوط به محاسبه جرم- جرم است و برای رفع آن از رویکرد جدیدی به نام روش عامل مقیاس استفاده کرد. پراستیکیا و سوکارمین (Prastika & Sukarmin, 2021) در پژوهشی به تشخیص و کاهش کج‌فهمی دانش‌آموزان با راهبرد تغییر مفهومی متن در استوکیومتری پرداختند. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های آنان نشان می‌دهد دانش‌آموزان در زیرمفهوم‌های قانون شیمیایی، معادله واکنش و مول بیشترین کج‌فهمی را دارند. هبیدین و پیج (Habiddin & Page, 2021) در پژوهشی به بررسی توانایی دانش‌آموزان در حل سؤالات سبک الگوریتمی و تصویری در سینتیک شیمیایی پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد توانایی دانش‌آموزان در پاسخ به این دو نوع سؤال به‌طور قابل توجهی متفاوت است به‌طوری‌که عملکرد دانش‌آموزان در سؤالات الگوریتمی بهتر از سؤالات تصویری است. خایرونیسا و پروجوسانتوسو (Khairunnisa & Progjosantoso, 2020) با استفاده از دو روش آزمون و مصاحبه نیمه‌ساختاریافته به بررسی کج‌فهمی دانش‌آموزان در مورد موازنه واکنش‌های شیمیایی پرداختند. پژوهش آن‌ها نشان داد حدود یک چهارم دانش‌آموزان تصورات نادرست در این مفهوم دارند. کارتال و کارتال (Kartal

& Kartal, 2019) در پژوهشی به بررسی راهبردهای مورد استفاده معلمان علوم پیش از خدمت در مسائل استوکیومتری از نظر استدلال متناسب پرداختند. آن‌ها بیان کردند که مسائل استوکیومتری یکی از بهترین نمونه‌های حل مسئله در آموزش شیمی است و بررسی چگونگی حل این مسائل و همچنین دقت راه حل‌ها به دلیل اهمیت و مزایای حل مفهومی ضروری است. آن‌ها در بررسی خود دریافتند که بیش از نیمی از معلمان با این‌که معادلات را به درستی می‌نویسند؛ اما بیشتر آن‌ها اعداد صحیح موجود در معادلات و تبدیل واحد را به درستی تفسیر نکرده‌اند. آن‌ها تصور می‌کنند که معلمان ترجیح می‌دهند به جای استفاده از روش‌های نوین آموزشی، از راهبردهایی استفاده کنند که در تجربیات یادگیری قبلی خود آموخته‌اند.

شادرک و انیونیو (Shadreck & Enunuwe, 2018) در پژوهشی به بررسی مشکلات مکرر دانش‌آموزان در استوکیومتری پرداختند. شش مشکل عمده شناسایی شده توسط آنان عبارت‌اند از عدم درک مفهوم مول، ناتوانی در نوشتن معادلات شیمیایی، استفاده از روابط استوکیومتری ناسازگار، شناسایی معرف محدودکننده، تعیین بازده نظری و شناسایی مواد مازاد. مطالعهٔ آنان همچنین نشان داد که استفاده از آموزش حل مسئله در اصلاح مشکلات شناسایی‌شده در مقایسه با روش سخنرانی مرسوم مؤثرتر است. آن‌ها توصیه می‌کنند مربیان شیمی تکنیک آموزشی حل‌مسئله را به عنوان روشی برای پرداختن به مشکلات دانش‌آموزان در استوکیومتری اجرا کنند. اکبرپور گنجه و امانی (Akbarpoorganjeh & Amani, 2022) در پژوهشی با بررسی کج‌فهمی دانش‌آموزان پایه دوازدهم در مفاهیم اسید-باز، از طریق آزمون تشخیصی سه ردیفی دریافتند دانش‌آموزان در مباحث الکترولیت، غلظت یون هیدرونیوم در محلول اسیدی رقیق، واکنش خنثی‌شدن و تمایز غلظت تجزیه‌ای و غلظت تعادلی اسید دارای کج‌فهمی هستند. همایی مقدم و همکاران (Homaei Moghadam et al, 2021) در پژوهشی به بررسی کج‌فهمی دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه دربارهٔ مفاهیم مول و جرم اتمی پرداختند. براساس نتایج بدست آمده از پژوهش آن‌ها این کج‌فهمی ممکن است منجر به اشتباهات متعدد در حل مسائل شیمی شود و باید معلمان در حین تدریس، راهکارهایی را برگزینند که این‌گونه کج‌فهمی‌ها را به حداقل برساند. اصغری لالمی و امانی (Asghari Lalami & Amani, 2021) در پژوهشی به بررسی تحلیلی-توصیفی عوامل مؤثر در کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان و دانشجویان در زمینه پیوند شیمیایی پرداختند. آن‌ها عوامل دخیل در این کج‌فهمی را از جنبه‌های گوناگونی از جمله نحوه نگارش کتاب‌ها و متون درسی و شیوهٔ تدریس معلمان و اساتید مورد بررسی قرار داده‌اند. تأکید بیش از حد بر قاعده هشت‌تایی، روش‌های نادرست ارزیابی در مدارس و دانشگاه‌ها، استفاده از مدل‌های گلوله و میله و کج‌فهمی‌های پیشین به عنوان عوامل اثرگذار در تشدید این کج‌فهمی شناسایی شدند. خاکی و همکاران (Khaki et al, 2021) در پژوهشی به بررسی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه در یادگیری مفهوم ترمودینامیک شامل مباحث گرماشیمی، سیستم و محیط، دما و گرما، آنتالپی و واکنش-های گرماگیر و گرمازا پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که مبحث گرماشیمی در کتاب درسی شیمی پایهٔ یازدهم نیاز به بازبینی، تکمیل و ساده‌سازی دارد و دبیران شیمی می‌توانند با اتخاذ شیوهٔ تدریس مناسب در کاهش و رفع کج‌فهمی‌های این مبحث گام مؤثری بردارند.

توماری (Tomari, 2021) در پژوهشی به بررسی کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان در مباحث شیمی علوم پایه نهم پرداخت. نتایج بررسی او نشان داد بیشتر دانش‌آموزان درک محدودی از مفاهیم شیمی علوم پایه نهم دارند و در سطح اطمینان ۹۵٪ بین دانش‌آموزان دختر و پسر در سه خرده مقیاس مفهوم پیوندهای شیمیایی، ویژگی‌های ترکیبات شیمیایی و ساختار و مدل اتمی بور تفاوت معناداری وجود ندارد. احمدآبادی (Ahmadabadi, 2020) در پژوهشی به بررسی توصیفی-تحلیلی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در پیوندهای شیمیایی براساس الگوی تفکر چندسطحی جانستون پرداخت. او نشان داد اگرچه اغلب دانش‌آموزان می‌توانند توضیح و شرح درستی از پیوندهای یونی و کووالانسی ارائه نمایند و حتی ساختار لوویس و نمایش نقطه‌ای را رسم و یا مدل‌هایی را بسازند؛ اما در تجزیه‌وتحلیل این مدل‌ها دارای تصورات اشتباه هستند. دلیل این یادگیری ضعیف و ناپایدار می‌تواند به حجم بالای مطالب درسی در هر پایه آموزشی، به کارگیری روش غیرفعال مانند سخنرانی، عدم ایجاد انگیزه و شوق یادگیری در فراگیران باشد که در ایجاد

کج‌فهمی‌ها مؤثر است. احمدی (Ahmadi, 2020) در پژوهشی به بررسی کج‌فهمی‌های معلمان مدارس ابتدایی شهرستان مرند در مورد حالت‌های فیزیکی ماده پرداخت. یافته‌های پژوهش وی حاکی از آن است که معلمان مدارس ابتدایی مرند، برداشت‌های غلطی دربارهٔ حالت‌های فیزیکی مواد دارند. برخی از کج‌فهمی‌های آن‌ها عبارتند از شکل جامد تغییر نمی‌کند، هیچ فضایی بین ذرات جامد وجود ندارد، مولکول‌های گاز تحت تأثیر جاذبه قرار نمی‌گیرند و مانند مواد جامد و مایع از بین نمی‌روند، و ذرات جامد از ذرات مایع و آن‌ها نیز از گاز بزرگ‌تر هستند. لطفی و موسوی (Lotfi & Mousavi, 2021)، در پژوهشی با بررسی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه در مفاهیم پیوند شیمیایی نشان دادند که شناسایی کج‌فهمی‌ها همان پیشگیری قبل از بیماری برای آموزش محسوب می‌شود که درمان را تسهیل کرده و آموزش را با جاده‌ای هموارتر در مسیر یادگیری قرار می‌دهد. آن‌ها توصیه می‌کنند که در جهت اصلاح آموزش شیمی در هنگام طراحی مطالب آموزشی و فعالیت‌های کلاسی، این خطاها را مدنظر قرار داده و برای اصلاح آن‌ها در زمان و با ایده مناسب برنامه‌ریزی شود. نوری و همکاران (Nouri et al, 2019) در پژوهشی با مقایسه میزان کج‌فهمی دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه با دانشجومعلمان رشته آموزش شیمی در مفاهیم سینتیک شیمیایی، جرم اتمی، مول و انحلال‌پذیری نتیجه گرفتند عدم درک روابط هم‌ارزی میان کمیت‌ها و استفاده از آن‌ها برای تبدیل این کمیت‌ها به یکدیگر با استفاده از کسرهای تبدیل مهم‌ترین عامل ایجاد کج‌فهمی در دانش‌آموزان و دانشجویان است.

عظمت و خدایی (Azamat & Khodaei, 2020) در پژوهشی به بررسی کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان در مفاهیم مرتبط با پیوندهای شیمیایی پرداختند. آن‌ها به برخی از عوامل مؤثر در ایجاد این نوع کج‌فهمی‌ها و دسته‌بندی دلایل موجود اشاره کرده و پیشنهادهایی راجع به حل این معضل ارائه دادند. سعادتی (Saadati, 2019) در پژوهشی به مطالعه و شناسایی کج‌فهمی‌های دانشجومعلمان پسر رشته آموزش ابتدایی در مورد تفاوت ویژگی‌های ذرات سازنده مواد در حالت‌های فیزیکی مختلف پرداخت. براساس نتایج حاصل مشخص شد که بسیاری از دانشجومعلمان و به طور خاص دانشجومعلمان با مدرک دیپلم علوم انسانی در درک تفاوت ویژگی‌های ذرات سازنده ماده در حالت‌های فیزیکی مختلف دارای کج‌فهمی بوده و درک درستی از ماهیت ذره‌ای ماده ندارند. سعادتی و خدایی (Khodaei & Saadati, 2020) در پژوهشی به مطالعه و بررسی درک دانشجومعلمان رشته آموزش فیزیک از مفاهیم مرتبط با قانون پایستگی جرم و استوکیومتری و استخراج کج‌فهمی‌های آن‌ها پرداختند. آن‌ها از دانشجویان خواستند بر اساس دانش گذشته خود ارتباط و نسبت مفاهیم استوکیومتری، موازنه کردن معادله شیمیایی و قانون پایستگی جرم را به‌صورت یک نقشهٔ مفهومی بیان کنند. مطابق یافته‌های تحقیق آن‌ها مشخص شد بیشتر دانشجویان در بیان ارتباط این مفاهیم با یکدیگر ناتوان هستند و تعدادی از دانشجویان از عبارت‌های نادرست و دارای کج‌فهمی استفاده می‌کنند. بدریان (Badrian, 2016) در پژوهشی به بررسی تصورات غلط و کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان پایه سوم ابتدایی درباره پدیده‌های تبخیر و میعان پرداخت. نتایج بررسی او نشان داد که دانش‌آموزان پایه سوم ابتدایی کج‌فهمی‌های زیادی در زمینه پدیده‌های تبخیر، میعان و تأثیر گرما دارند و نمی‌توانند در بسیاری از موارد شبیه‌سازی‌شده، آموخته‌های خود درباره تبخیر و میعان را به‌خوبی به‌کار بندند. او نشان داد آموخته‌های پایه‌های پایین‌تر دانش‌آموزان نتوانسته است مانع بروز کج‌فهمی شود و علی‌رغم درک مفهومی تبخیر و میعان از طرف برخی از آن‌ها، همچنان نیاز است که در آموزش مفاهیم مرتبط با چرخه آب و تغییر حالت مواد از مایع به گاز و به عکس، توجه و دقت بسیار به عمل آید.

روش پژوهش

این تحقیق بر اساس هدف، از نوع بنیادی است که داده‌های آن با روش توصیفی پیمایشی گردآوری شده است. تحقیق بنیادی به کشف روابط بین متغیرها می‌پردازد و هدف اساسی آن افزودن به دانش موجود در یک زمینه خاص است. تحقیق توصیفی پیمایشی روشی برای به‌دست آوردن اطلاعاتی درباره دیدگاه‌ها، نظرات و رفتارهای گروهی از اعضای یک جامعه آماری است.

مبحث‌های استوکیومتری و موازنه در فصل دوم از کتاب درسی شیمی پایه دهم (رشته‌های تجربی و ریاضی) ارائه شده است. این مباحث از مطالب پایه‌ای در شیمی هستند؛ زیرا که دانش‌آموز برای یادگیری بعضی از مباحث شیمی مانند درصد خلوص، بازده درصدی، محلول‌ها، تعادل و غیره در سال‌های بالاتر لازم است ابتدا مفاهیم استوکیومتری و موازنه معادله‌های شیمیایی را به‌طور کامل فرا گرفته باشد.

جامعه آماری این تحقیق شامل همهٔ دانش‌آموزان پایه دهم رشته تجربی و ریاضی مدارس استان مرکزی در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ بود. جامعه آماری به نقل از اداره کل آموزش و پرورش استان مرکزی متشکل از ۳۹۳۶ نفر از دانش‌آموزان است که از این جامعه تعداد ۳۷۶ نفر با استفاده از جدول کرجسی و مورگان (۱۹۷۰) به‌صورت تصادفی به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. سه شاخص برجسته شامل جنسیت، معدل کل و نمره پایانی درس شیمی در ترم قبل از جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان مد نظر بوده است. این شاخص‌ها به مطالعه‌کنندگان کمک می‌کند تا درک بهتری نسبت به دانش‌آموزانی که در معرض پاسخگویی قرار داشته‌اند، به دست بیاورند و همچنین کیفیت پاسخ‌ها را به لحاظ تنوع و مناسب بودن دانش‌آموزان انتخاب شده نشان می‌دهد. مشخصات جمعیت شناختی نمونه آماری پژوهش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. توزیع جمعیت شناختی پاسخ دهندگان به پرسشنامه

ابعاد جمعیت شناختی	متغیر جمعیت شناختی	فراوانی	درصد فراوانی
جنسیت	دختر	۲۱۲	۵۶/۴
	پسر	۱۶۴	۴۳/۶
معدل کل	کمتر از ۱۵	۲۷	۷/۲
	بین ۱۵ تا ۱۷	۸۳	۲۲/۱
	بین ۱۷ تا ۱۹	۱۳۸	۳۶/۷
	بالاتر از ۱۹	۱۲۸	۳۴/۰
نمره پایانی درس شیمی در ترم قبل	کمتر از ۱۵	۹۲	۲۴/۵
	بین ۱۵ تا ۱۷	۷۸	۲۰/۷
	بین ۱۷ تا ۱۹	۱۱۷	۳۱/۱
	بالاتر از ۱۹	۸۹	۲۳/۷

همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده، اکثریت نمونه‌های پژوهش دختر (۲۱۲ نفر)، با معدل کل بین ۱۷ تا ۱۹ (۱۳۸ نفر) هستند که در درس شیمی ترم قبل نمره پایانی بین ۱۷ تا ۱۹ (۱۱۷ نفر) کسب کرده‌اند.

در این پژوهش از آزمون تشخیصی چهار گزینه‌ای استفاده شده است. آزمون تهیه شده شامل ۸ سؤال چهار گزینه‌ای در رابطه با استوکیومتری (شامل ۴ سؤال) و موازنه (شامل ۴ سؤال) است. سؤالات استوکیومتری چهار مفهوم را پوشش می‌دهند که عبارت‌اند از: استفاده از معادله شیمیایی موازنه شده در حل مسائل استوکیومتری، تعیین ضرایب استوکیومتری مواد موجود در واکنش در تبدیل مول به جرم، استفاده از روابط استوکیومتری به‌صورت متوالی و استفاده از روابط استوکیومتری در تبدیل جرم به جرم. اولین سؤال مبحث استوکیومتری در مورد استفاده از معادله شیمیایی موازنه شده در حل مسائل استوکیومتری است. صورت سؤال مطرح شده به همراه هدف و دسته‌بندی گزینه‌های آن در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. هدف، صورت سؤال و دسته‌بندی گزینه‌های اولین سؤال استوکیومتری

هدف سؤال	بررسی چگونگی درک فراگیران در الزام استفاده از معادله شیمیایی موازنه شده در محاسبات استوکیومتری	
صورت سؤال	بر اثر واکنش ۰/۶ مول فلز آلومینیوم با مس(II) سولفات، مطابق با معادله زیر چند مول آلومینیوم سولفات تولید می‌شود؟ $Al(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + Cu(s)$ (الف) ۰/۳ (ب) ۱/۲ (پ) ۰/۶ (ت) ۰/۲	
درک کامل	تفسیر	دانش‌آموز ابتدا معادله شیمیایی داده شده را موازنه می‌کند و سپس با استفاده از ضرایب استوکیومتری مواد موجود در واکنش، مقدار مول ماده خواسته شده را به‌دست می‌آورد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (الف)
درک جزئی	تفسیر	دانش‌آموز ابتدا معادله شیمیایی داده شده را موازنه می‌کند ولی رابطه استوکیومتری را به‌طور صحیح نمی‌نویسد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ب)
کج‌فهمی	تفسیر	دانش‌آموز بدون موازنه کردن معادله شیمیایی داده شده، رابطه استوکیومتری را می‌نویسد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (پ)
عدم درک	تفسیر	دانش‌آموز هیچ دانشی در مورد استوکیومتری ندارد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ت)

دومین سؤال مبحث استوکیومتری در مورد تعیین ضرایب استوکیومتری مواد موجود در واکنش در تبدیل مول به جرم است. صورت سؤال مطرح شده به همراه هدف و دسته‌بندی گزینه‌های آن در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳. هدف، صورت سؤال و دسته‌بندی گزینه‌های دومین سؤال استوکیومتری

هدف سؤال	بررسی چگونگی درک فراگیران در تعیین ضرایب استوکیومتری مواد موجود در واکنش	
صورت سؤال	از واکنش ۰/۶ مول $Ca(OH)_2$ با H_3PO_4 کافی مطابق واکنش زیر چند گرم کلسیم فسفات تولید می‌شود؟ $3Ca(OH)_2 + 2H_3PO_4(aq) \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2(s) + 6H_2O(l)$ 1mol Ca= 40g Ca, 1mol P=31g P, 1mol O=16g O (الف) ۶۲ (ب) ۵۵۸ (پ) ۱۸۶ (ت) ۳۱۰	
درک کامل	تفسیر	دانش‌آموز ضرایب استوکیومتری مواد مورد نیاز را به درستی تعیین و در محاسبات استوکیومتری به‌کار می‌برد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (الف)
درک جزئی	تفسیر	دانش‌آموز ضرایب استوکیومتری مواد مورد نیاز را به درستی تعیین می‌کند ولی از آن‌ها به‌طور صحیح در رابطه استوکیومتری استفاده نمی‌کند.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ب)
کج‌فهمی	تفسیر	دانش‌آموز قادر به تعیین ضرایب استوکیومتری مواد موجود در معادله شیمیایی نیست.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (پ)
عدم درک	تفسیر	دانش‌آموز هیچ دانشی در مورد استوکیومتری ندارد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ت)

سومین سؤال مبحث استوکیومتری در مورد استفاده از روابط استوکیومتری به‌صورت متوالی است. صورت سؤال مطرح شده به همراه هدف و دسته‌بندی گزینه‌های آن در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴. هدف، صورت سؤال و دسته‌بندی گزینه‌های سومین سؤال استوکیومتری

هدف سؤال	بررسی چگونگی درک فراگیران در استفاده از روابط استوکیومتری به‌صورت متوالی	
صورت سؤال	برای سوختن کامل ۰/۳ مول متان، تقریباً چند لیتر هوا در شرایط STP نیاز است؟ تقریباً ۲۱ درصد هوا از اکسیژن تشکیل شده است. $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$ (الف) ۶۴ (ب) ۳۲ (پ) ۱۳/۴۴ (ت) ۳۳/۶	
درک کامل	تفسیر	دانش‌آموز به‌طور صحیح روابط استوکیومتری را به‌صورت متوالی به‌کار می‌گیرد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (الف)
درک جزئی	تفسیر	دانش‌آموز روابط استوکیومتری را به‌صورت متوالی می‌نویسد ولی ضرایب آن را به‌صورت صحیح نمی‌نویسد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ب)
کج‌فهمی	تفسیر	دانش‌آموز نمی‌تواند تمام روابط استوکیومتری را به‌صورت متوالی بنویسد و فقط تعدادی از روابط استوکیومتری را می‌نویسد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (پ)
عدم درک	تفسیر	دانش‌آموز هیچ دانشی در مورد استوکیومتری ندارد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ت)

چهارمین سؤال مبحث استوکیومتری در مورد استفاده از روابط استوکیومتری در تبدیل جرم به جرم است. صورت سؤال مطرح شده به همراه هدف و دسته‌بندی گزینه‌های آن در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵. هدف، صورت سؤال و دسته‌بندی گزینه‌های چهارمین سؤال استوکیومتری

هدف سؤال	بررسی چگونگی درک فراگیران در استفاده از روابط استوکیومتری در تبدیل جرم به جرم	
صورت سؤال	مطابق معادله زیر از تجزیه ۴/۲ گرم سدیم هیدروژن کربنات، در انتهای واکنش چند گرم سدیم‌کربنات تولید می‌شود؟ $2NaHCO_3(s) \longrightarrow Na_2CO_3(s) + H_2O(g) + CO_2(g)$ 1mo1 Na= 23g Na, 1mol C=12g C, 1mol O=16g O, 1mol H=1g H (الف) ۲/۶۵ (ب) ۱۰/۶ (پ) ۵/۳ (ت) ۱۳/۲۵	
درک کامل	تفسیر	دانش‌آموز با استفاده از استفاده از روابط استوکیومتری از جرم ماده معلوم به جرم ماده مجهول می‌رسد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (الف)
درک جزئی	تفسیر	دانش‌آموز چگونگی تبدیل جرم ماده معلوم به ماده مجهول را می‌داند ولی از ضرایب تبدیل نامناسب در محاسبات استوکیومتری استفاده می‌کند.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ب)
کج‌فهمی	تفسیر	دانش‌آموز قادر به تبدیل جرم ماده معلوم به جرم ماده مجهول در محاسبات استوکیومتری نیست.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (پ)
عدم درک	تفسیر	دانش‌آموز هیچ دانشی در مورد استوکیومتری ندارد.
	راه حل دانش‌آموز	گزینه (ت)

سؤالات موازنه نیز چهار مفهوم را پوشش می‌دهند که عبارت‌اند از مفهوم «ضریب» در یک معادله شیمیایی، شناسایی عنصر شروع‌کننده برای موازنه‌ی معادله واکنش، موازنهٔ عناصر دارای زیروند (اندیس) و گزارش اعداد صحیح به‌عنوان ضریب‌های نهایی یک معادله موازنه شده. اولین سؤال مبحث موازنه در مورد مفهوم «ضریب» در یک معادله شیمیایی است. صورت سؤال مطرح شده به همراه هدف و دسته‌بندی گزینه‌های آن در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶. هدف، صورت سؤال و دسته‌بندی گزینه‌های اولین سؤال موازنه

هدف سؤال	بررسی چگونگی درک فراگیران از مفهوم ضریب‌های فرآورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها	
صورت سؤال	در واکنش موازنه شده زیر، مجموع ضریب‌های فرآورده‌ها کدام است؟ $MnO_2(s) + 4HCl(aq) \longrightarrow MnCl_2(aq) + Cl_2(g) + 2H_2O(l)$ (الف) ۲ (ب) ۳ (پ) ۴ (ت) ۵	
درک کامل	تفسیر	دانش‌آموز مجموع ضریب‌های را به‌طور صحیح می‌نویسد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (پ)
درک جزئی	تفسیر	دانش‌آموز مجموع ضریب‌های را به‌طور صحیح به‌دست می‌آورد ولی نمی‌تواند فرآورده و واکنش‌دهنده را از هم تشخیص دهد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ت)
کج‌فهمی	تفسیر	دانش‌آموز به‌جای ضریب یک برای فرآورده‌ای که عددی در کنارش نیست، ضریب صفر منظور می‌کند.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (الف)
عدم درک	تفسیر	دانش‌آموز هیچ دانشی در مورد مفهوم «ضریب» در یک معادله شیمیایی ندارد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ب)

دومین سؤال مبحث موازنه در مورد شناسایی عنصر شروع‌کننده برای موازنهٔ معادله واکنش است. صورت سؤال مطرح شده به همراه هدف و دسته‌بندی گزینه‌های آن در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷. هدف، صورت سؤال و دسته‌بندی گزینه‌های دومین سؤال موازنه

هدف سؤال	بررسی چگونگی درک فراگیران از شناسایی عنصر شروع‌کننده برای موازنه‌ی معادله واکنش	
صورت سؤال	در معادله‌ی موازنه نشده زیر، ضریب HCl بعد از موازنه کدام است؟ $2KI + KNO_2 + HCl \longrightarrow KCl + NO + I_2 + H_2O$ (الف) ۱ (ب) ۲ (پ) ۳ (ت) ۴	
درک کامل	تفسیر	دانش‌آموز عنصر مناسب برای شروع‌کننده موازنهٔ معادله را به‌درستی تشخیص داده و معادله واکنش را به‌طور صحیح موازنه می‌کند.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ت)
درک جزئی	تفسیر	دانش‌آموز عنصر مناسب برای شروع‌کننده موازنهٔ معادله را به‌درستی تشخیص داده ولی قادر به موازنه کردن سایر عناصر موجود در واکنش نیست.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (پ)
کج‌فهمی	تفسیر	دانش‌آموز قادر به شناسایی عنصر مناسب برای شروع کننده موازنهٔ معادله نیست و نمی‌تواند معادله واکنش را به‌طور صحیح موازنه می‌کند.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ب)
عدم درک	تفسیر	دانش‌آموز هیچ دانشی در مورد عنصر شروع‌کننده موازنهٔ معادله واکنش ندارد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (الف)

سومین سؤال مبحث موازنه در مورد موازنهٔ عناصر دارای زیروند (اندیس) است. صورت سؤال مطرح شده به همراه هدف و دسته‌بندی گزینه‌های آن در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۸. هدف، صورت سؤال و دسته‌بندی گزینه‌های سومین سؤال موازنه

هدف سؤال	بررسی چگونگی درک فراگیران از موازنه کردن عناصر دارای زیروند در معادلات واکنش	
صورت سؤال	در واکنش زیر، ضریب HNO_3 بعد از موازنه کدام است؟ $Cu(s) + HNO_3(aq) \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2(aq) + NO(g) + H_2O(l)$ (الف) ۴ (ب) ۵ (پ) ۷ (ت) ۸	
درک کامل	تفسیر	دانش‌آموز تعداد عناصر دارای زیروند را به‌درستی تشخیص می‌دهد و معادله واکنش را به‌طور صحیح موازنه می‌کند.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ت)
درک جزئی	تفسیر	دانش‌آموز تعداد عناصر دارای زیروند را به‌درستی تشخیص می‌دهد ولی قادر به موازنهٔ معادله واکنش نیست.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (پ)
کج‌فهمی	تفسیر	دانش‌آموز تعداد عناصر دارای زیروند را به‌درستی تشخیص نمی‌دهد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (الف)
عدم درک	تفسیر	دانش‌آموز هیچ دانشی در مورد زیروند عناصر در معادله واکنش ندارد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ب)

چهارمین سؤال مبحث موازنه در مورد گزارش اعداد صحیح به‌عنوان ضریب‌های نهایی یک معادله موازنه شده است. صورت سؤال مطرح شده به همراه هدف و دسته‌بندی گزینه‌های آن در جدول ۹ آورده شده است.

جدول ۹. هدف، صورت سؤال و دسته‌بندی گزینه‌های چهارمین سؤال موازنه

هدف سؤال	بررسی چگونگی درک فراگیران در استفاده از کوچکترین عدد طبیعی (غیر کسری $N \geq 1$) به‌عنوان ضریب‌های نهایی یک معادله موازنه شده	
صورت سؤال	در واکنش زیر پس از موازنه، مقدار a کدام است؟ $a\ C_3H_5N_3O_9(l) \longrightarrow CO_2(g) + H_2O(g) + O_2(g) + N_2(g)$ (الف) ۴ (ب) ۲ (پ) ۱ (ت) ۳	
درک کامل	تفسیر	دانش‌آموز می‌داند ضریب‌های نهایی موجود در یک معادله موازنه شده بایستی کوچکترین عدد طبیعی ممکن باشد و معادله را به‌طور صحیح موازنه می‌کند.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (الف)
درک جزئی	تفسیر	دانش‌آموز می‌داند ضریب‌های نهایی موجود در یک معادله موازنه شده بایستی کوچکترین عدد طبیعی ممکن باشد، ولی قادر به موازنهٔ معادله واکنش به‌طور صحیح نیست.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ب)
کج‌فهمی	تفسیر	دانش‌آموز نمی‌داند ضریب‌های نهایی موجود در یک معادله موازنه شده بایستی کوچکترین عدد طبیعی ممکن باشد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (پ)
عدم درک	تفسیر	دانش‌آموز هیچ دانشی در مورد استفاده از اعداد طبیعی و کسری برای موازنه معادلات واکنش ندارد.
	پاسخ دانش‌آموز	گزینه (ت)

برای تعیین روایی محتوایی آزمون، نظر ۳ نفر از اعضای هیأت علمی شیمی دانشگاه فرهنگیان با مدرک دکتری و ۶ نفر از دبیران شیمی با مدرک کارشناسی و کارشناسی‌ارشد پیرامون سؤالات مطرح شده در آزمون گردآوری شد و سؤالات با توجه به نظر آن‌ها مورد بازنگری قرار گرفت. برای سنجش پایایی سؤالات آزمون، ابتدا آزمون در بین ۳۰ نفر از دانش‌آموزان خارج از نمونه آماری، به‌صورت آزمایشی اجرا گردید. پایایی آزمون با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ (α) محاسبه شد. مقادیر α محاسبه شده برای سؤالات آزمون در جدول ۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱۰. شماره، فراوانی، درصد فراوانی و ضریب آلفای سؤالات آزمون

مبحث	شماره سؤالات	فراوانی سؤالات	درصد فراوانی سؤالات	مقدار α
استوکیومتری	Q_1-Q_4	۴	۵۰/۰	۰/۸۶۷
موازنه	Q_5-Q_8	۴	۵۰/۰	۰/۷۴۳
کل	Q_1-Q_8	۸	۱۰۰	۰/۸۰۵

با توجه به جدول ۱۰، ضریب آلفای کرونباخ کل آزمون برابر ۰/۸۰۵ به‌دست آمد که گویای پایایی بالای سؤالات آزمون می‌باشد (Cronbach & Shavelson, 2004).

آزمون در شرایط عادی کلاس و بدون اطلاع قبلی دانش‌آموزان در مدت زمان ۴۰ دقیقه اجرا شد. قبل از آزمون به دانش‌آموزان اطمینان داده شد که آزمون برای انجام پژوهش بوده و نتیجه آن تأثیری در نمره درسی آن‌ها ندارد. بعد از اجرای آزمون فراوانی پاسخ دانش‌آموزان به گزینه‌های هر سؤال تعیین شد. داده‌های آزمون برای آمار توصیفی و استنباطی در نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 26 تجزیه و تحلیل شدند. در بخش آمار توصیفی فراوانی و درصد فراوانی هر پاسخ محاسبه شد. در بخش آمار استنباطی از آزمون ناپارامتریک من- ویتنی[1] و از آزمون‌های کلموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو- ویلک در سطح معناداری $P < ۰/۰۵$ جهت مشخص کردن نرمال بودن توزیع متغیر تحقیق استفاده شد. دلیل استفاده از آزمون‌های مختلف برای بررسی نرمال بودن توزیع متغیرها این است که بر اساس کتاب‌های آمار کاربردی نوشته کلر (Keller, 2015) و لوین (Levin, 2011)، در بعضی مواقع استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف برای داده‌های کوچک ($N<۲۰۰۰$) مورد تردید است و توصیه شده است در کنار این آزمون، از آزمون‌های دیگر نیز استفاده شود. جدول ۱۱ آماره‌های به‌دست آمده از آزمون‌های کلموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو- ویلک برای سؤالات استوکیومتری و موازنه را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱. آماره‌های آزمون‌های کلموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلک میزان کج‌فهمی مفاهیم استوکیومتری و موازنه

مفهوم	کلموگروف-اسمیرنوف			شاپیرو-ویلک		توزیع
	آماره	P-value		آماره	P-value	
استوکیومتری	۰/۲۵۷	۰/۰۰۰		۰/۸۵۷	۰/۰۰۰	غیر نرمال
موازنه	۰/۲۱۵	۰/۰۰۰		۰/۸۵۱	۰/۰۰۰	غیر نرمال

با توجه به جدول ۱۱، در هر دو آزمون مقادیر سطح معناداری میانگین میزان کج‌فهمی مفاهیم استوکیومتری و موازنه کمتر از ۰/۰۵ است که نشان می‌دهد متغیر تحقیق دارای توزیع غیر نرمال می‌باشد. بنابراین، نمی‌توان از آزمون پارامتریک t مستقل برای بررسی میزان کج‌فهمی مفاهیم استوکیومتری و موازنه استفاده کرد و باید به سراغ آزمون‌های ناپارامتریک رفت. در این پژوهش از آزمون ناپارامتریک من- ویتنی به‌عنوان پرکاربردترین جایگزین آزمون پارامتریک t مستقل استفاده شد. هرگاه دو نمونه مستقل از جامعه‌ای مفروض باشد و داده‌های مربوط به این دو نمونه غیر نرمال باشند از آزمون من- ویتنی استفاده می‌گردد. این آزمون یکی از قوی‌ترین آزمون‌های ناپارمتری است. برای ارزیابی میزان درک دانش‌آموزان و تشخیص کج‌فهمی آنان در مباحث استوکیومتری و موازنه از روش ارزیابی مفهومی آبراهام و همکاران (Abraham et al, 1992) استفاده شد. در این روش، گزینه‌های انتخاب هر سؤال در چهار دسته شامل: درک کامل، درک جزئی، کج‌فهمی و عدم درک قرار می‌گیرند. درک کامل پاسخ‌هایی هستند که تمام اجزای قابل قبول پاسخ را در برمی‌گیرند. درک جزئی پاسخ‌هایی هستند که شامل حداقل یکی از اجزای قابل قبول پاسخ هستند. کج‌فهمی پاسخ‌های نادرست، غیر منطقی و غیر علمی هستند که هیچ‌کدام از اجزای پاسخ درست را ندارند. عدم درک پاسخ‌هایی

1. Mann-Whitney

هستند که نشان می‌دهند دانش‌آموز مفهوم سؤال را درک نکرده است یا پاسخ آن را نمی‌داند. در پژوهش حاضر عدم پاسخگویی دانش‌آموز به سؤال به منزله عدم درک او از سؤال قلمداد شده است.

یافته‌ها

سؤال اول: آیا دانش‌آموزان پایه دهم در یادگیری مفهوم استوکیومتری دچار کج‌فهمی هستند؟

میزان پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤالات استوکیومتری در چهار دسته درک کامل، درک جزئی، کج‌فهمی و عدم درک تنظیم شد. جدول ۱۲ فراوانی و درصد پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤالات استوکیومتری را نشان می‌دهد.

جدول ۱۲. فراوانی و درصد پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤالات استوکیومتری

سؤالات		سطح درک			
		درک کامل	درک جزئی	کج‌فهمی	عدم درک
سؤال ۱	تعداد	۱۶۹	۸۶	۸۹	۳۲
	درصد	۴۴/۹	۲۲/۹	۲۳/۷	۸/۵
سؤال ۲	تعداد	۱۵۳	۶۶	۱۱۱	۴۶
	درصد	۴۰/۷	۱۷/۵	۲۹/۶	۱۲/۲
سؤال ۳	تعداد	۷۴	۷۳	۱۷۴	۵۵
	درصد	۱۹/۷	۱۹/۴	۴۶/۳	۱۴/۶
سؤال ۴	تعداد	۱۹۳	۷۲	۵۸	۵۳
	درصد	۵۱/۴	۱۹/۱	۱۵/۴	۱۴/۱
مجموع	تعداد	۵۸۹	۲۹۷	۴۳۲	۱۸۶
	درصد	۳۹/۲	۱۹/۷	۲۸/۷	۱۲/۴

با توجه به جدول ۱۲، از میان پاسخ‌های داده شده در مجموع ۳۹/۲ درصد دانش‌آموزان درک کامل، ۱۹/۷ درصد دانش‌آموزان درک جزئی، ۲۸/۷ درصد دانش‌آموزان کج‌فهمی و ۱۲/۴ درصد دانش‌آموزان عدم درک را نشان می‌دهند. از بین سؤالات، بیشترین کج‌فهمی مربوط به سؤال سوم است که با هدف بررسی چگونگی درک فراگیران در استفاده از روابط استوکیومتری به‌صورت متوالی مطرح شده است. همچنین با توجه به داده‌های جدول ۱۲، از بین سؤالات کمترین کج‌فهمی مربوط به سؤال چهارم است که با هدف بررسی چگونگی درک فراگیران در استفاده از روابط استوکیومتری در تبدیل جرم به جرم مطرح شده است.

سؤال دوم: آیا دانش‌آموزان پایه دهم در یادگیری مفهوم موازنه دچار کج‌فهمی هستند؟

میزان پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤالات موازنه در چهار دسته درک کامل، درک جزئی، کج‌فهمی و عدم درک تنظیم شد. جدول ۱۳ فراوانی و درصد پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤالات موازنه را نشان می‌دهد.

جدول ۱۳. فراوانی و درصد پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤالات موازنه

سؤالات		سطح درک			
		درک کامل	درک جزئی	کج‌فهمی	عدم درک
سؤال ۱	تعداد	۲۱۴	۶۱	۴۳	۵۸
	درصد	۵۶/۹	۱۶/۳	۱۱/۴	۱۵/۴
سؤال ۲	تعداد	۹۴	۸۵	۱۴۹	۴۸
	درصد	۲۵/۰	۲۲/۶	۳۹/۶	۱۲/۸

سؤالات		سطح درک			
		درک کامل	درک جزئی	کج‌فهمی	عدم درک
سؤال ۳	تعداد	۹۴	۹۹	۱۰۱	۸۲
	درصد	۲۵/۰	۲۶/۳	۲۶/۹	۲۱/۸
سؤال ۴	تعداد	۱۱۱	۱۱۶	۹۴	۵۵
	درصد	۲۹/۶	۳۰/۸	۲۵/۰	۱۴/۶
مجموع	تعداد	۵۱۳	۳۶۱	۳۸۷	۲۴۳
	درصد	۳۴/۱	۲۴/۰	۲۵/۸	۱۶/۱

با توجه به جدول ۱۳، از میان پاسخ‌های داده شده در مجموع ۳۴/۱ درصد دانش‌آموزان درک کامل، ۲۴/۰ درصد دانش‌آموزان درک جزئی، ۲۵/۸ درصد دانش‌آموزان کج‌فهمی و ۱۶/۱ درصد دانش‌آموزان عدم درک را نشان می‌دهند. از بین سؤالات، بیشترین کج‌فهمی مربوط به سؤال دوم است که با هدف بررسی چگونگی درک فراگیران از شناسایی عنصر شروع‌کننده برای موازنهٔ معادله واکنش مطرح شده است. همچنین با توجه به داده‌های جدول ۱۳، از بین سؤالات کمترین کج‌فهمی مربوط به سؤال اول است که با هدف بررسی چگونگی درک فراگیران از مفهوم ضریب‌های فرآورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها مطرح شده است.

سؤال سوم: آیا تفاوت معناداری در کج‌فهمی مفاهیم استوکیومتری و موازنه بین دانش‌آموزان دختر و پسر پایه دهم وجود دارد؟

فرضیه: میزان کج‌فهمی دانش‌آموزان دختر و پسر پایه دهم در مفاهیم استوکیومتری و موازنه یکسان نیست.

H_0= تفاوت معناداری بین میانگین کج‌فهمی دانش‌آموزان دختر و پسر پایه دهم در مفاهیم استوکیومتری و موازنه وجود ندارد.

H_1= تفاوت معناداری بین میانگین کج‌فهمی دانش‌آموزان دختر و پسر پایه دهم در مفاهیم استوکیومتری و موازنه وجود دارد.

میزان پاسخ‌های دانش‌آموزان به تفکیک جنسیت به سؤالات استوکیومتری و موازنه در چهار دسته درک کامل، درک جزئی، کج‌فهمی و عدم درک تنظیم شد. جدول ۱۴ میزان پاسخ‌های دانش‌آموزان دختر و پسر به سؤالات استوکیومتری و موازنه را نشان می‌دهد.

جدول ۱۴. فراوانی پاسخ‌های دانش‌آموزان دختر و پسر به سؤالات استوکیومتری و موازنه

مفهوم	سؤال	جنسیت	فراوانی	سطح درک			
				درک کامل	درک جزئی	کج‌فهمی	عدم درک
استوکیومتری	اول	دختر	تعداد	۱۰۱	۴۱	۵۴	۱۶
			درصد	۴۷/۶	۱۹/۴	۲۵/۵	۷/۵
		پسر	تعداد	۶۸	۴۵	۳۵	۱۶
			درصد	۴۱/۵	۲۷/۴	۲۱/۳	۹/۸
	دوم	دختر	تعداد	۷۷	۴۱	۶۳	۳۱
			درصد	۳۶/۳	۱۹/۴	۲۹/۷	۱۴/۶
		پسر	تعداد	۷۶	۲۵	۴۸	۱۵
			درصد	۴۶/۳	۱۵/۲	۲۹/۳	۹/۲
	سوم	دختر	تعداد	۴۵	۴۷	۹۱	۲۹
			درصد	۲۱/۲	۲۲/۲	۴۲/۹	۱۳/۷

مفهوم	سؤال	جنسیت	فراوانی	سطح درک			
				درک کامل	درک جزئی	کج‌فهمی	عدم درک
		پسر	تعداد	۲۹	۲۶	۸۳	۲۶
			درصد	۱۷/۷	۱۵/۸	۵۰/۷	۱۵/۸
	چهارم	دختر	تعداد	۱۱۱	۴۱	۳۱	۲۹
			درصد	۵۲/۳	۱۹/۴	۱۴/۶	۱۳/۷
		پسر	تعداد	۸۲	۳۱	۲۷	۲۴
			درصد	۵۰/۰	۱۸/۹	۱۶/۴	۱۴/۷
موازنه	اول	دختر	تعداد	۱۳۰	۳۱	۲۲	۲۹
			درصد	۶۱/۳	۱۴/۶	۱۰/۴	۱۳/۷
		پسر	تعداد	۸۴	۳۰	۲۱	۲۹
			درصد	۵۱/۲	۱۸/۳	۱۲/۸	۱۷/۷
	دوم	دختر	تعداد	۴۳	۴۵	۹۰	۳۴
			درصد	۲۰/۳	۲۱/۲	۴۲/۵	۱۶/۰
		پسر	تعداد	۵۱	۴۰	۵۹	۱۴
			درصد	۳۱/۱	۲۴/۴	۳۶/۰	۸/۵
	سوم	دختر	تعداد	۵۲	۵۴	۶۰	۴۶
			درصد	۲۴/۵	۲۵/۵	۲۸/۳	۲۱/۷
		پسر	تعداد	۴۲	۴۵	۴۱	۳۶
			درصد	۲۵/۶	۲۷/۵	۲۵/۰	۲۱/۹
	چهارم	دختر	تعداد	۶۰	۶۶	۵۵	۳۱
			درصد	۲۸/۴	۳۱/۱	۲۵/۹	۱۴/۶
		پسر	تعداد	۵۱	۵۰	۳۹	۲۴
			درصد	۳۱/۱	۳۰/۵	۲۳/۸	۱۴/۶

با توجه به جدول ۱۴، در سومین و چهارمین سؤال استوکیومتری و همچنین اولین سؤال موازنه درصد کج‌فهمی در پسران بیشتر از دختران است. در بقیه سؤالات درصد کج‌فهمی در دختران بیشتر از پسران است.

به منظور بررسی معنادار بودن تفاوت در کج‌فهمی مفاهیم استوکیومتری و موازنه بین دانش‌آموزان دختر و پسر ابتدا میانگین نمره کج‌فهمی هر دانش‌آموز در سؤالات استوکیومتری و موازنه محاسبه شد. در هر سؤال برای گزینه کج‌فهمی نمره یک و برای گزینه‌های سایر سطوح درک نمره صفر در نظر گرفته شد. میانگین نمره کج‌فهمی مفاهیم استوکیومتری و موازنه در دو گروه دختر و پسر با استفاده از آزمون من-ویتنی مقایسه شد (جدول ۱۵).

جدول ۱۵. مقایسه میانگین نمره کج‌فهمی دانش‌آموزان دختر و پسر در سؤالات استوکیومتری و موازنه با استفاده از آزمون من- ویتنی

مفهوم	تعداد سؤالات	محدوده میانگین نمره	میانگین نمره کج‌فهمی دختران	میانگین نمره کج‌فهمی پسران	آماره	P-value
استوکیومتری	۴	۰-۱	۰/۲۰ ± ۰/۲۸	۰/۲۳ ± ۰/۲۹	۱۷۱۹۸/۰۰	۰/۸۴۹
موازنه	۴	۰-۱	۰/۲۲ ± ۰/۲۷	۰/۲۱ ± ۰/۲۵	۱۶۴۶۹/۰۰	۰/۳۵۴

با توجه به جدول ۱۵، مقدار P-value به‌دست آمده در هر دو مفهوم استوکیومتری و موازنه بزرگ‌تر از ۰/۰۵ است. در نتیجه در سطح اطمینان ۹۵٪ میانگین نمره کج‌فهمی مفاهیم استوکیومتری و موازنه دختران و پسران با هم برابر است. پس فرضیه صفر پذیرفته می‌شود و تفاوت معناداری بین میانگین کج‌فهمی دانش‌آموزان دختر و پسر پایه دهم در مفاهیم استوکیومتری و موازنه وجود ندارد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر بررسی میزان کج‌فهمی دانش‌آموزان پایه دهم در مفاهیم استوکیومتری و موازنه بود. برای دستیابی به این هدف از یک آزمون تشخیصی حاوی ۸ سؤال استفاده شد. میزان درک دانش‌آموزان با روش ارزیابی مفهومی مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد علی‌رغم درک کامل ۳۹/۲٪ دانش‌آموزان از مفهوم استوکیومتری و ۳۴/۱٪ دانش‌آموزان از مفهوم موازنه، همچنان درصد قابل توجهی از دانش‌آموزان پایه دهم در مفاهیم استوکیومتری و موازنه دچار کج‌فهمی هستند.

نتایج پاسخ سؤال اول پژوهش که میزان کج‌فهمی دانش‌آموزان پایه دهم در مفهوم استوکیومتری را مورد بررسی قرار داده بود، نشان داد ۲۳/۷٪ دانش‌آموزان در استفاده از معادله شیمیایی موازنه شده در حل مسائل استوکیومتری، ۲۹/۶٪ در تعیین ضرایب استوکیومتری مواد موجود در واکنش در تبدیل مول به جرم، ۴۶/۳٪ در استفاده از روابط استوکیومتری به‌صورت متوالی و ۱۵/۴٪ دانش‌آموزان در استفاده از روابط استوکیومتری در تبدیل جرم به جرم دچار کج‌فهمی هستند. در مجموع ۲۸/۷٪ دانش‌آموزان پایه دهم در مفهوم استوکیومتری دچار کج‌فهمی هستند. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های ترک و توزون (Turk & Tuzun, 2021) و هودل و پیلای (Huddle & Pillay, 1996) همسو می‌باشد. عوامل مختلفی را می‌توان به عنوان منشأ چنین کج‌فهمی معرفی کرد. ترک و توزون (Turk & Tuzun, 2021) در تحقیق خود بیان می‌کند علاوه بر دانش‌آموزان حتی گاهی معلمان نیز به درک کاملی از مفهوم استوکیومتری نرسیده‌اند و در آن دچار کج‌فهمی هستند. معلمان بدون تجربه کافی و ناآشنا با روش تدریس مناسب، سبب ایجاد تصورات غلط فراگیران در مفهوم استوکیومتری می‌شوند. به عقیده هودل و پیلای (Huddle & Pillay, 1996) مشکل اصلی وجود کج‌فهمی در مفهوم استوکیومتری به دلیل انتزاعی بودن آن است و این‌که این مفهوم قبل از رسیدن به مرحله تفکر عملیاتی رسمی به دانش‌آموزان آموزش داده می‌شود. از آن‌جایی که یادگیری این مبحث مستلزم داشتن توانایی حل مسائل، استفاده مناسب از روابط ریاضی، کسر و تبدیل واحد می‌باشد، به‌نظر می‌رسد پیش‌آموخته‌های فراگیران در دروس ریاضی پایه‌های قبل بتواند تا حدود زیادی از بروز کج‌فهمی در مفهوم استوکیومتری جلوگیری کند.

با بررسی پاسخ سؤال دوم پژوهش یعنی میزان کج‌فهمی دانش‌آموزان پایه دهم در مفهوم موازنه مشخص شد ۱۱/۴٪ دانش‌آموزان در مفهوم «ضریب» برای یک معادله شیمیایی، ۳۹/۶٪ در شناسایی عنصر شروع‌کننده برای موازنهٔ معادله واکنش، ۲۶/۹٪ در موازنهٔ عناصر دارای زیروند (اندیس) و ۲۵/۰٪ در گزارش اعداد صحیح به‌عنوان ضریب‌های نهایی یک معادله موازنه شده دچار کج‌فهمی هستند. در مجموع ۲۵/۸٪ دانش‌آموزان پایه دهم در مفهوم موازنه دچار کج‌فهمی هستند. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های محمد و همکاران (Mohammed et al, 2023)، خایرونیسا و پروجوسانتوسو (Khairunnisa & Progjosantoso, 2022)، هارزا و همکاران (Harza et al, 2021)، کورنیاوان و همکاران (Kurniawan et al, 2022)، جاسنیار (Jusniar, 2020)، گاناسن و همکاران (Ganasen et al, 2017) و لوپرا و همکاران (Lopera et al, 2014) همسو می‌باشد. هارزا و همکاران (Harza et al, 2021) نشان دادند تصور نادرست دانش‌آموزان در مورد ماهیت مولکولی و فرمول شیمیایی سبب می‌شود آن‌ها نتوانند بین ضرایب و زیرنویس‌های فرمول شیمیایی تمایز قائل شوند و در نتیجه قادر به موازنه صحیح معادلات شیمیایی نمی‌باشند. به عقیده کورنیاوان و همکاران (Kurniawan et al, 2020) باور غلط در مورد استفاده صحیح از زیروندها و ضرایب، مهم‌ترین علت موفق نبودن دانش‌آموزان در موازنه واکنش‌های شیمیایی است. جاسنیار (Jusniar, 2020) پیشنهاد می‌کند زمانی‌که مفهوم موازنه برای اولین بار به دانش‌آموزان معرفی می‌شود باید از مثال‌های عینی استفاده شود و با یادگیری مشارکتی در گروه‌های کوچک، به دانش‌آموزان فرصت داده شود تا تصورات نادرست خود را شناسایی و اصلاح کنند. خایرونیسا و پروجوسانتوسو (Khairunnisa & Progjosantoso, 2022)، در تحقیق خود نشان دادند کج‌فهمی در موازنه سبب بروز کج‌فهمی در تعیین ثابت تعادل‌های فشاری و غلظتی می‌شود. عوامل مختلفی می‌توانند در ایجاد

کج‌فهمی دانش‌آموزان پایه دهم درباره موازنه نقش داشته باشند. یکی از این عوامل، عدم تجسم فضایی صحیح ساختار اتم در ذهن دانش‌آموز است، چرا که او با همان ذهنیتی که به مسائل ماکروسکوپی می‌نگرد، به استقبال یادگیری مسائل میکروسکوپی از قبیل ساختار مواد و پیوند ذرات زیر اتمی می‌رود (Saadati, 2019). همچنین این احتمال وجود دارد که برای دانش‌آموز مفاهیم پایه همچون اتم، عنصر و مولکول به‌خوبی آموزش داده نشده باشد. توماری (Tomari, 2021) معتقد است در کلاس شیمی نخست باید دیدگاه‌های معمولی دانش‌آموزان مطرح شود و در ادامه، معلم آنان را به بررسی و دقت در دیدگاه شیمی‌دانان درباره پدیده‌های مشابه تشویق کند. در این میان معلم، خود ممکن است منبع کج‌فهمی باشد و مفاهیم را به درستی منتقل نکند.

مقایسه میزان کج‌فهمی دانش‌آموزان در مفاهیم استوکیومتری و موازنه نشان می‌دهد کج‌فهمی دانش‌آموزان در استوکیومتری ۲/۹٪ بیشتر از موازنه است. نتیجه به‌دست آمده با یافته خدایی و سعادتی (Khodaei & Saadati, 2020) هم‌راستا می‌باشد. به عقیده ایشان، موازنه کردن برخلاف استوکیومتری یک کار عملی آشنا برای فراگیران است نه یک اظهارنظر تئوری. احتمالاً وجود روابط و عملیات ریاضی و همچنین تبدیل یکاها به یکدیگر به‌عنوان دانسته‌های قبلی دانش‌آموزان در یادگیری مفهوم استوکیومتری سبب شده است بعضی از آن‌ها در یادگیری این مفهوم دچار مشکل شوند و در نتیجه کج‌فهمی دانش‌آموزان درباره استوکیومتری بیشتر از موازنه باشد. در سؤال سوم پژوهش که اختلاف بین میزان کج‌فهمی مفاهیم استوکیومتری و موازنه در دانش‌آموزان دختر و پسر را مورد بررسی قرار داده بود، هیچ اختلاف معناداری بین نتایج به‌دست آمده در دانش‌آموزان دختر و پسر مشاهده نشد. بر خلاف پژوهش‌های روی و موهاپاترا (Roy & Mohapatra, 2022) و نصیر و همکاران (Nassir et al, 2017) که جنسیت را بروی کج‌فهمی مؤثر می‌دانند، نتیجه این بخش از پژوهش با یافته تاسلیدر و ایلدیریم (Taslidere & Yildirim, 2023) در بررسی کج‌فهمی دانش‌آموزان در فیزیک و توماری (Tomari, 2021) در بررسی کج‌فهمی دانش‌آموزان در مباحث شیمی علوم پایه نهم همسو می‌باشد. روی و موهاپاترا (Roy & Mohapatra, 2022) در تحقیق خود نشان دادند میزان کج‌فهمی دانش‌آموزان پسر در مورد تولید مثل گیاهان بیشتر از دانش‌آموزان دختر است. نصیر و همکاران (Nassir et al, 2017) با بررسی کج‌فهمی دانش‌آموزان در مباحث دیفرانسیل و انتگرال به این نتیجه رسیدند که تصورات غلط دانش‌آموزان دختر نسبت به پسر در مفاهیم پایه ریاضی بیشتر است.

توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌تواند در برنامه‌ریزی و اجرای آموزش شیمی مفید باشد و امید می‌رود در آینده با انجام بررسی‌های بیشتر بتوان به راهکارهای مناسب برای رفع کج‌فهمی در مفاهیم استوکیومتری و موازنه دست یافت. انجام تحقیق حاضر با محدودیت‌های متعددی روبرو بوده است. هر چند در این پژوهش سعی شد که با اطمینان بخشی به دانش‌آموزان مبنی بر این‌که پاسخ آنان تأثیری در نمره آن‌ها نخواهد گذاشت و صرفاً یک تحقیق پژوهشی است؛ اما مهمترین محدودیت این پژوهش را می‌توان اضطراب دانش‌آموزان از آزمون نام برد که پژوهشگران تلاش کردند با توضیحات کافی توسط معلمان این محدودیت را تا جایی که ممکن است، کنترل کنند. محدودیت دیگر این پژوهش منحصرشدن جامعه آماری آن به یک استان کشور است. بنابراین پیشنهاد می‌شود این پژوهش در بین دانش‌آموزان سایر استان‌های کشور نیز صورت گیرد تا بتوان در تعمیم نتایج آن با دقت و اطمینان بیشتری بحث کرد. انتخاب دانش‌آموزان یک پایه تحصیلی محدودیت دیگر این پژوهش می‌باشد که با توجه به ارتباط عمودی بین کتاب‌های شیمی پیشنهاد می‌گردد این تحقیق بر روی دانش‌آموزان پایه‌های یازدهم و دوازدهم نیز انجام شود. پیشنهاد دیگر این‌که روش‌های آموزشی نوین برای برطرف شدن کج‌فهمی‌های شناخته شده به‌کار گرفته شود و تأثیر آن‌ها در رفع کج‌فهمی مفاهیم استوکیومتری و موازنه مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این با توجه به یافته‌های پژوهش پیشنهاد می‌شود طراحان و مؤلفان کتب درسی، به نحوی بخش‌های مربوط به استوکیومتری و موازنه کتاب شیمی دهم را طراحی کنند که باورهای غلط دانش‌آموزان در یادگیری این دو مفهوم برطرف شود و معلمان نیز از روش‌های نوین آموزشی برای رفع کج‌فهمی دانش‌آموزان در مفاهیم استوکیومتری و موازنه استفاده کنند.

مشارکت نویسندگان

این مقاله، برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در رشته آموزش شیمی در دانشگاه فرهنگیان با عنوان « بررسی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان پایه دهم درباره مفاهیم استوکیومتری و موازنه معادله‌های شیمیایی با روش ارزیابی مفهومی» بود. نقشه و طرح اساسی، بیان مسئله، بحث و نتیجه‌گیری و رعایت ساختار مقاله بر عهده وحید امانی، بخش پیشینه، روش‌شناسی و تجزیه و تحلیل آماری بر عهده زکیه اکرمی و بخش برگزاری آزمون، جمع‌آوری اطلاعات از دبیران و یافته‌ها توسط مرتضی امیدوار انجام شد.

تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشگاه فرهنگیان و تمامی معلمان، مدیران و دانش‌آموزانی که در این پژوهش همکاری داشتند قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

منابع

احمدآبادی، زهرا (۱۳۹۹). بررسی کج‌فهمی‌ها در پیوندهای شیمیایی براساس الگوی تفکر چندسطحی جانستون. *پژوهش در آموزش شیمی*، ۲(۱)، ۴۰-۲۵.

احمدی، یاور (۱۳۹۹). کج‌فهمی‌های معلمان مدارس ابتدایی شهرستان مرند در مورد حالت‌های فیزیکی ماده. *پژوهش در آموزش شیمی*، ۲(۱)، ۶۷-۵۷.

اصغری‌لالمی، نسیم.، و امانی، وحید (۱۴۰۰). عوامل مؤثر در کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان و دانشجویان در زمینه پیوند شیمیایی. *پژوهش در آموزش شیمی*، ۳(۲)، ۳۶-۱۹.

اکبرپورگنجه، احمد.، و امانی، وحید (۱۴۰۰). بررسی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان پایه دوازدهم در مفاهیم اسید– باز، از طریق آزمون تشخیصی سه ردیفی. پویش در آموزش علوم پایه. ۷(۲۵)، ۷۴-۵۹.
https://dorl.net/dor/20.1001.1.26453649.1400.7.25.4.3

بدریان، عابد (۱۳۹۵). بررسی تصورات و کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان پایه سوم ابتدایی درباره پدیده‌های تبخیر و میعان. فصلنامه تعلیم و تربیت. ۱۲۶(۱)، ۱۱۲-۸۷. https://dorl.net/dor/20.1001.1.10174133.1395.32.2.5.3

براهوئی مقدم، نورمحمد (۱۳۹۹). مروری برکج‌فهمی‌های رایج در مفاهیم مرتبط با گیاهان در دورهٔ آموزش عمومی. *پژوهش در آموزش زیست‌شناسی*، ۷(۱)، ۲۴-۱۵. https://dorl.net/dor/20.1001.1.27172252.1399.2.3.2.3

توماری، آرزو (۱۴۰۰). *کج‌فهمی‌های رایج در مباحث شیمی علوم نهم*. [پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد]، دانشگاه فرهنگیان، پردیس نسیبه تهران، گروه آموزش علوم پایه.

خاکی، مطهره.، زمانی، الهام.، و امینی، زهرا (۱۴۰۰). بررسی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان دوره متوسطه در یادگیری موضوع ترمودینامیک. *پژوهش در آموزش شیمی*، ۳(۱)، ۴۰-۱۹.

خدایی، علیرضا.، و سعادتی، مسعود (۱۳۹۸). مطالعه و بررسی درک دانشجومعلمان رشته آموزش فیزیک از مفاهیم مرتبط با قانون پایستگی جرم و استوکیومتری و استخراج کج‌فهمی‌های آن‌ها. *پژوهش در آموزش شیمی*، ۱(۴)، ۷۲-۵۱.

سعادتی، مسعود. (۱۳۹۸). مطالعه و شناسایی کج‌فهمی‌های دانشجومعلمان پسر رشته آموزش ابتدایی در مورد تفاوت ویژگی‌های ذرات سازنده مواد در حالت‌های فیزیکی مختلف. *پژوهش در آموزش شیمی*، ۳(۱)، ۱۲۹-۹۷.

عبداله‌میرزایی، رسول.، کوهی‌فائق، امراله.، و ارشدی، نعمت‌الله (۱۳۹۴). کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در یادگیری مفاهیم الکتروشیمی در دبیرستان. *نوآوری‌های آموزشی*، ۱۴(۴)، ۱۴۹-۱۲۴.

عظمت، جعفر.، و خدایی، علیرضا (۱۳۹۸). بررسی کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان در مفاهیم مرتبط با پیوندهای شیمیایی. *پژوهش در آموزش شیمی، ۱* (۴)، ۸۹-۷۳.

لطفی، آذر.، و موسوی، سیدمحسن (۱۳۹۹). *بررسی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه در مفاهیم پیوند شیمیایی*، یازدهمین کنفرانس ملی آموزش شیمی ایران، اصفهان.

نوری، رضا.، حسینی، امیرمسعود.، و امانی، وحید (۱۳۹۸). بررسی کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه و دانشجومعلمان رشته آموزش شیمی در مفاهیم سینتیک شیمیایی، جرم اتمی، مول و انحلال‌پذیری و مقایسه آن‌ها با یکدیگر. *پویش در آموزش علوم پایه، ۵*(۱۵)، ۱۳-۱.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.26453649.1398.5.15.1.6

همایی‌مقدم، عاطفه.، شاهوند، منا.، و صادقی‌حاجی‌بابا، سیده شقایق (۱۴۰۰). بررسی کج‌فهمی دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه درباره مفاهیم مول و جرم اتمی. *پژوهش در آموزش شیمی*، ۳ (۱)، ۷۴-۵۷.

References

Abdullah Mirzaie, R., Kouhi Fayegh, A., & Arshadi, N. (2016). A Study on students' misconceptions in learning high school electrochemistry concepts. *Journal of Educational Innovations*, 14(4), 124-149. [In Persian].

Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105–120. https://doi.org/10.1002/tea.3660290203

Ahmadabadi, Z. (2020). Study of Misunderstandings of Chemical Bonds Based on Johnston's Triangle Multilevel Thought Model. *Research in Chemistry Education, 2*(1), 25-40. [In Persian].

Ahmadi, Y. (2020). Misconceptions of Primary School Teachers in Marand about the States of Matter. *Research in Chemistry Education*, *2*(1), 57-67. [In Persian].

Akbarpoorganjeh, A., & Amani, V. (2022). Investigating the misunderstandings of 12th grade students in acid-base concepts through a three-tier diagnostic test. *Journal of Education in Basic Sciences*, *7*(25), 59-74. https://dorl.net/dor/20.1001.1.26453649.1400.7.25.4.3 [In Persian]

Asghari Lalmi, N., & Amani, V. (2021). Factors Influencing High School and University Students' Misconceptions about Chemical Bonding. *Research in Chemistry Education, 3*(2), 19-36. [In Persian]

Azamat, J. & Khodaei, A. R. (2020). Investigating Students' Common Misconceptions on Concepts Related to Chemical Bonds. *Research in Chemistry Education, 1*(4), 73-89. [In Persian].

Badrian, A. (2016). Investigating the perceptions and misconceptions of third grade elementary school students about the phenomena of evaporation and condensation. *Quarterly Journal of Education, 126*(1), 87-112. https://dorl.net/dor/20.1001.1.10174133.1395.32.2.5.3 [In Persian]

Brahui Moghadam, N. M. (2021). A review of common misconceptions in plant-related concepts in general education. *Research in Biology Education, 7*(1), 15-24. https://dorl.net/dor/20.1001.1.27172252.1399.2.3.2.3 [In Persian]

Carlson, E. (2022). Improving student success in stoichiometry via the scale factor method. *Journal of Chemical Education*, *99*(5), 1863-1867. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01155

Copriady, J., Zulnaidi, H., Alimin, M. & Albeta, S. W. (2021). In-service training and teaching resource proficiency amongst chemistry teachers: the mediating role of teacher collaboration, *Heliyon*, 7(5), e06995. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06995

Cronbach, L. J. & Shavelson, R. J. (2004). My current thoughts on coefficient alpha and successor procedures. *Educational and Psychological Measurement, 64(3),* 391–418. https://doi.org/10.1177/0013164404266386

Duda, H. J., Wibowo, D. C., Wahyuni, F. R. E., Setyawan, A. E., & Subekti, M. R. (2021). Examines the misconceptions of student's biology education: health biotechnology. *Pedagogika*, *142*(2), 182-199. https://doi.org/10.15823/p.2021.142.10

Ganasen, S., & Shamuganathan, S. (2017). The effectiveness of physics education technology (PhET) interactive simulations in enhancing matriculation students' understanding of chemical equilibrium and remediating their misconceptions. Overcoming Students' Misconceptions in Science: Strategies and Perspectives from Malaysia, 157-178.

Habiddin, H., & Page, E. M. (2021). Examining students' ability to solve algorithmic and pictorial style questions in chemical kinetics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *19*(1), 65-85. http://dx.doi.org/10.1007/s10763-019-10037-w

Harza, A. E. K. P., Wiji, W., & Mulyani, S. (2021, March). Potency to overcome misconceptions by using multiple representations on the concept of chemical equilibrium. *In Journal of Physics: Conference Series*, *1806*(1), 012197-012208. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012197

Homaei Moghadam, A., Shahvand Seyedeh, H., & Sadeghi Hajibaba, S.S. (2021). Investigating the Misconceptions of Second -round High School Students in the Concepts of Mole and Atomic Mass. *Research in Chemistry Education*, *3*(1), 57-74. [In Persian].

https://doi.org/10.1007/978-981-10-3437-4_9

Huddle, P.A., Pillay, A.E. (1996). An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African university, *Journal of Research in Science Teaching*, *23*(1), 65-77. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199601)33:1

Jusniar, J. (2020). Misconceptions in Rate of Reaction and their Impact on Misconceptions in Chemical Equilibrium, *European Journal of Educational Research*, *9*(4), 1405-1423. https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.4.1405

Jusniar, M., Budiasih, E., Effendi, M., & Sutrisno, M. (2019). The misconception of stoichiometry and its impact on the chemical equilibrium. In *1st International Conference on Advanced Multidisciplinary Research (ICAMR 2018)*, *2*(3), 138-141. https://doi.org/10.2991/icamr-18.2019.35

Kartal, T., & Kartal, B. (2019). Examining strategies used by pre-service science teachers in stoichiometry problems in terms of proportional reasoning. *Cukurova University Faculty of Education Journal*, 48(1), 910-944. https://dx.doi.org/10.14812/cufej.491826

Keller, G. (2015). Statistics for management and economics, abbreviated. Cengage learning.

Kerjcie, R. V. & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, *30*(3), 607-610. https://doi.org/10.1177/001316447003000308

Khairunnisa, K., & Prodjosantoso, A. K. (2020). Analysis of students' misconception in chemical equilibrium material using three tier test. *Journal Tadris Kimiya*, *5*(1), 71-79. https://doi.org/10.15575/jtk.v5i1.7661

Khaki, M., Zamani, E. & Amini, Z. (2021). Students' Misconceptions about Learning Thermodynamics in Second-round High School. *Research in Chemistry Education*, *3*(1), 19-40. [In Persian].

Khodaei, A. R., & Saadati, M. (2020). Study of Understanding of Physics Education Students from the Concepts related to the Law of Conservation of Mass and Stoichiometry and extracting their Misconceptions. *Research in Chemistry Education*, *1*(4), 51-72. [In Persian].

Kurniawan, M. A., Rahayu, S., Fajaroh, F., & Almuntasheri, S. (2020). Effectiveness of dual situated learning model in improving high school students' conceptions of chemistry equilibrium and preventing their misconceptions. *Journal of Science Learning*, *3*(2), 99-105. https://doi.org/10.17509/jsl.v3i2.22277

Levin, R. I. (2011). *Statistics for management*. Pearson education India.

Lopera, R. G., Calatayud, M.L. & Hernandez, J. (2014). A brief review on the contributions to the knowledge of the difficulties and misconceptions in understanding the chemical equilibrium. *Asian Journal of Education and e-Learning*, 2(6), 448-463.

Lotfi, A., & Mousavi, S.M. (2021). *Study of misconceptions of high school students in the concepts of chemical bonding*, 11th National Conference on Iranian Chemistry Education, Isfahan. [In Persian].

Mohammed, R. E., Odeniyi, O. O., Ameen, K. S., & Yusuf, A. A. (2023). Science teachers' use of analogies in secondary school classrooms in Ilorin, Nigeria. *Science Education International*, *34*(2), 151-158. https://doi.org/10.33828/sei.v34.i2.9

Nassir, A.A., Abdullah, N., Salimah, A., Tarmuji, N.H. & Idris, A.S. (2017). Mathematical misconception in calculus 1: Identification and gender difference, AIP Conference Proceedings, *18*(1), id.070001. https://doi.org/0.1063/1.4995944

Nouri, R., Hosseini, A.M, & Amani, V. (2019). Investigating common misconceptions among second-year high school students and chemistry teacher students regarding the concepts of chemical kinetics, atomic-molar mass, and solubility, and comparing them with each other. *Journal of Education in Basic Sciences*, *5*(15), 1-13. https://dorl.net/dor/20.1001.1.26453649.1398.5.15.1.6 [In Persian]

Prastika, R. A., & Sukarmin, S. (2021). Development of MISTION software to detect and reduce students' misconception with conceptual change text strategy on stoichiometry materials. *Journal of Educational Sciences*, *5*(3), 423-438. http://dx.doi.org/10.31258/jes.5.3.p.423-438

Roy, A. & Mohapatra A.K. (2022). A gender-based investigation of Indian senior secondary students' misconceptions about plant reproduction through concept inventory. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 18(4), e2287. http://dx.doi.org/10.21601/ijese/12089

Saadati, M., (2019). Prospective Primary Education Teachers' Misconceptions about Properties of Constituent Particles in Different States of Matter. *Research in Chemistry Education*, *3*(1), 97-129. [In Persian]

Shadreck, M., & Enunuwe, O. C. (2018). Recurrent difficulties: Stoichiometry problem-solving. *African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences*, *14*, 25-31.

Soeharto, S., Csapó, B., Sarimanah, E., Dewi, F. I., & Sabri, T. (2019). A review of students' common misconceptions in science and their diagnostic assessment tools. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 247-266. http://dx.doi.org/10.15294/jpii.v8i2.18649

Taslidere, E. & Yildirim, B. (2023). Effect of conceptual change–oriented instruction on students' conceptual understanding and attitudes towards simple electricity, *International Journal of Science and Mathematics Education*, *21*, 1567-1589. https://doi.org/10.1007/s10763-022-10319-w

Tomari, A. (2021). *Common misconceptions in chemistry topics, 9th grade*. [Master's thesis], Nasibeh Campus, Tehran. Department of Basic Sciences. [In Persian].

Turk, G. E. & Tuzun, U.N. (2021). Pre-service science teachers' images and misconceptions about chemical equilibrium. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, *16*(4) 218-233. https://doi.org/10.29329/epasr.2021.383.12

Üce, M., & Ceyhan, İ. (2019). Misconception in chemistry education and practices to eliminate them: Literature analysis. *Journal of Education and Training Studies*, 7(3), 202-208. http://dx.doi.org/10.11114/jets.v7i3.3990