Research in Chemistry Education

https://chemedu.cfu.ac.ir

Designing context-based educational content for Le Châtelier's principle and factors affecting chemical equilibria for chemistry teachers

Masoumeh Ghalkhani [1,*], ***Zahra Khalilnejad*** [2]

[1]*Department of Chemistry, Faculty of Science, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran*
[2] *Master of Science in Chemistry Education, Department of Chemistry, Faculty of Science, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran*

* Corresponding author: (ghalkhani@sru.ac.ir)

ABSTRACT

In this research, scientific content was designed to address Le Châtelier's principle and factors affecting chemical equilibrium based on the context-oriented approach. The audience of this content is chemistry teachers all over the country. The type of this research is applied-descriptive. In the first stage, articles, scientific books, and reliable scientific sites related to teaching Le Châtelier's principle and chemical equilibriums were studied. The result of the initial study was the collection of the required prerequisites and the classification of the collected materials. The lack of current content in textbooks, existing misunderstandings in education, and the cause of these misunderstandings and misconceptions were investigated. Then, suitable titles for content design containing multiple activities were determined. Afterthought, the goal-content table was designed and finalized after evaluation by experienced and expert professors and teachers. Finally, the content was designed, reviewed, and evaluated by expert chemistry professors, and necessary revisions were made according to their opinions. The evaluator experts approved the designed context-based content for the mentioned topic. Considering the impact of the context-based approach in deepening learning, the teaching and application of this method is recommended for teachers and student teachers. Considering the context-based approach in teaching textbooks, including science education, researchers should pay attention to the impact of this approach in teaching and learning these subjects.

Keywords: Chemistry Education, Content design, Le Châtelier's principle, Chemical equilibrium, Context-Based.

RESEARCH ARTICLE

Received: 21 October 2024
Revised: 06 December 2024
Accepted: 29 December 2024
Published online: 08 January 2024
Print ISSN: 3041-9271
ISSN (Online): 2717-2279

Citation: Ghalkhani, M., Khalilnejad, Z. (2025). Designing context-based educational content for Le Châtelier's principle and factors affecting chemical equilibria for chemistry teachers. *Research in Chemistry Education*, *7*(1), 27-49.
https://doi.org/10.48310/chemedu.2025.17459.1276

© The author(s)
Publisher: Farhangian University

Extended Abstract

Introduction

Teaching and learning chemistry concepts primarily aim to promote meaningful learning experiences. To achieve this, students should have ample opportunities to express and compare their ideas. Consequently, educators must recognize the limitations of traditional, lecture-based teaching methods that primarily involve information transmission and instead adopt diverse teaching techniques and approaches. In light of these inefficiencies, education researchers emphasize the importance of incorporating context-based and hands-on learning into science education.

Chemistry education not only contributes to national development but also plays a crucial role in enhancing the overall quality of education and scientific research. It is essential to ensure that students receive a solid education to develop the skills necessary for producing various goods and services that address fundamental human needs, such as food and healthcare products. By doing so, the ultimate goal of improving the quality of life can be attained. To achieve this, educators must focus on understanding how students learn and the factors that impact their learning process. Therefore, designing robust and suitable course content is vital in enabling students to apply their acquired knowledge accurately.

The present study aims to develop context-based educational content for Le Chatelier's principle and factors affecting chemical equilibria, primarily intended for esteemed chemistry educators. Teachers must have a thorough understanding of the material to ensure its accurate and comprehensive transfer to their students. To achieve this, the study focuses on presenting essential concepts using a context-based approach that promotes a deep and accurate understanding of the topic while generating motivation and interest by connecting these concepts to real-life situations and challenges. The prepared content provides a comprehensive understanding and prevents any misconceptions or misunderstandings.

Methodology

This research is an applied-descriptive study conducted based on a context-based approach.

Results and Discussion

Le Chatelier's Principle and Factors Affecting Chemical Equilibria with a Context-Based Approach for Chemistry Teachers

You might be surprised to learn that without the Haber process, agricultural production would only be sufficient for a global population of 4 billion. However, over time, the populace has expanded to exceed 8 billion. Consequently, in the absence of this pivotal process, more than 4 billion individuals would have faced food scarcity.

A system in dynamic equilibrium will resist changes to it and create a new equilibrium state. This description is an expression of Le Chatelier's principle (Figure 1).

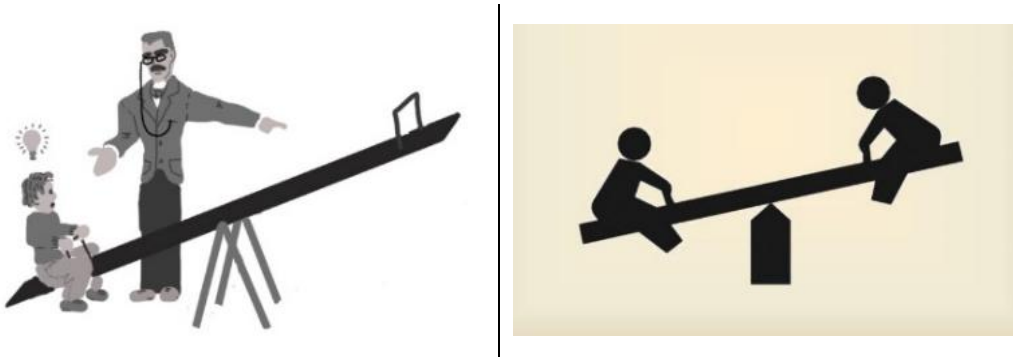


Fig. 1- View of Le Chatelier's principle

A concept map was designed for the topic of Le Chatelier's principle and the factors affecting chemical equilibria, as shown in Figure 2.

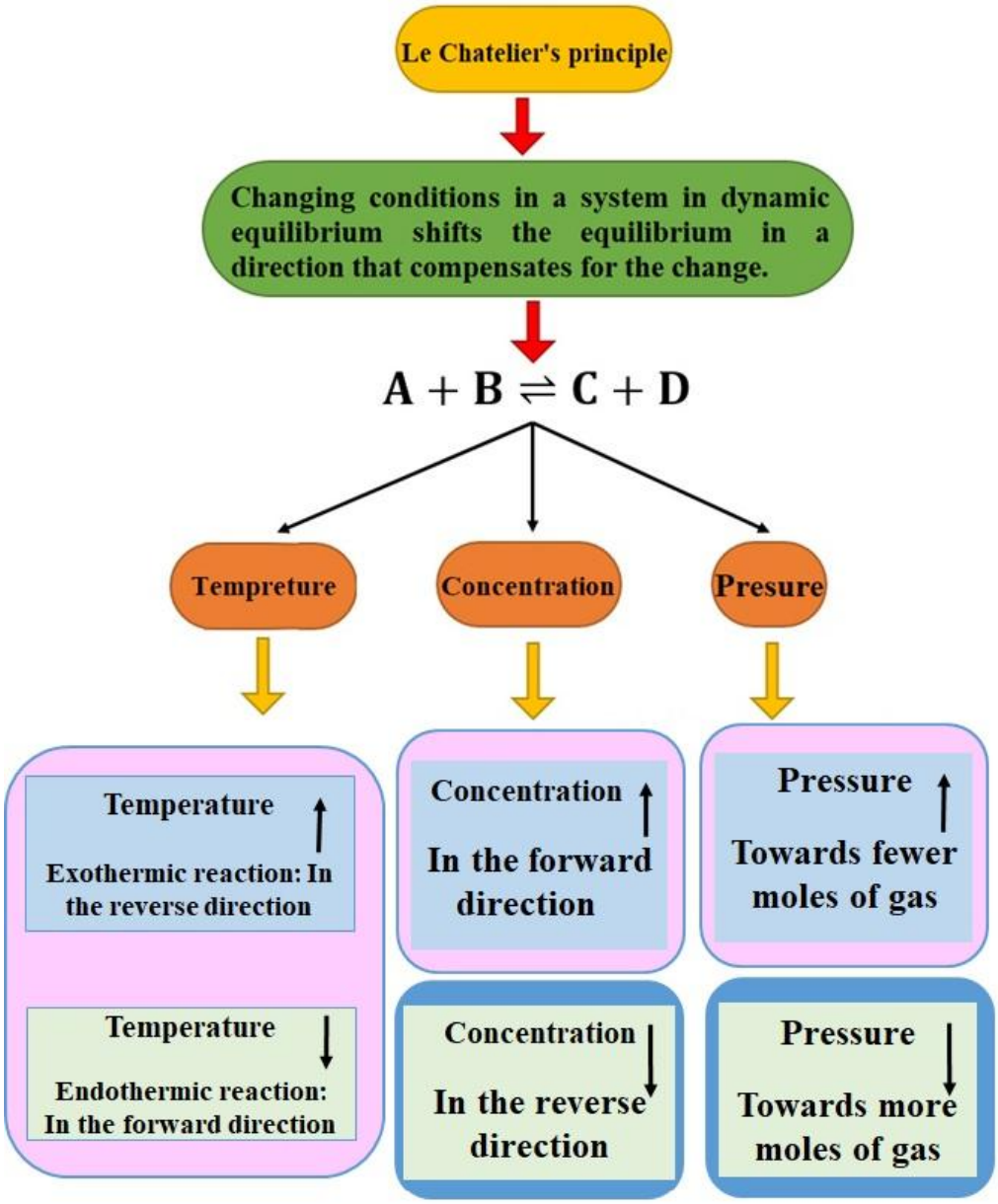


Fig. 2- Concept map of Le Chatelier's principle

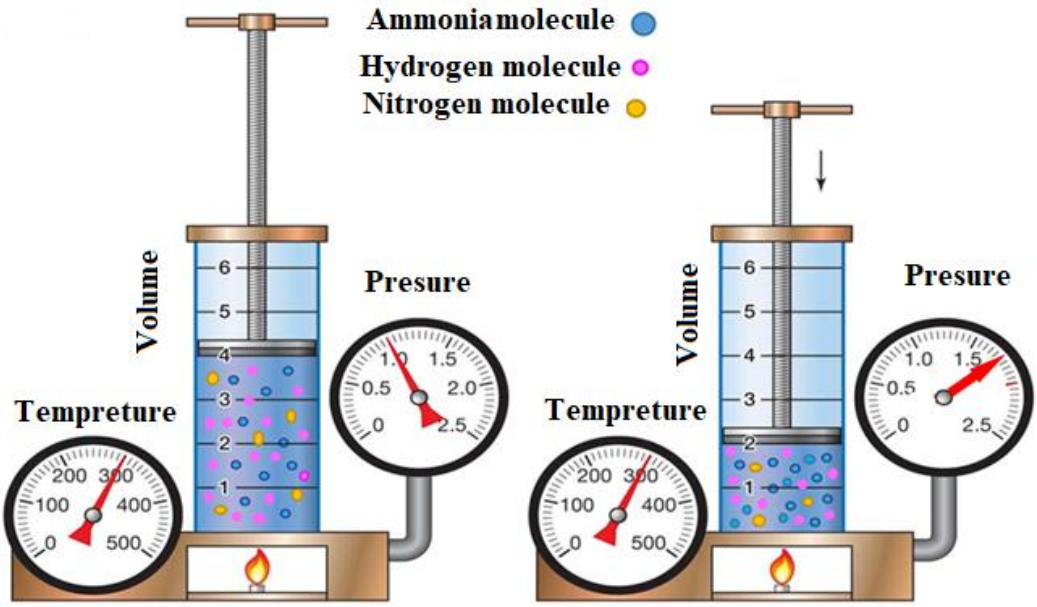


Fig. 3- The effect of increasing pressure and decreasing volume on a closed gas system in equilibrium

Conclusions

Many reactions surrounding us are of the equilibrium and reversible types, playing a significant role in our daily lives as well as in various industries for producing and supplying essential materials. Due to the importance of chemical equilibria and the factors affecting them, as well as the governing laws, such as Le Chatelier's principle, it is crucial to provide students with engaging and meaningful teaching to avoid potential misconceptions.

The designed content addresses the teaching of Le Chatelier's principle and the factors affecting chemical equilibria using a context-based approach, fostering students who are aware of daily life issues and capable of applying their knowledge to solve real-life problems. Context-based learning allows students to view their lessons in relation to everyday experiences and engage in tangible learning. Research shows that connecting new knowledge with daily life increases students' motivation and interest, promoting problem-solving, deeper learning, exploratory learning, and various higher-order thinking skills while reducing misconceptions.

Given the extensive applications of Le Chatelier's principle and equilibrium in life and industries, appropriate educational content in this area is essential. The context-based approach can deepen learning and be applied to teaching various subjects. Researchers should consider the impact of this approach in teaching and learning other topics, including science education.

A Likert scale-based researcher-made questionnaire was prepared to evaluate the content's quality. The questionnaire's validity was reviewed and approved by experts in chemistry and chemistry education. The questionnaire and designed content, along with an explanation of its importance and purpose, were then distributed to chemistry professors and student teachers pursuing a master's degree in chemistry education at Shahid Rajaee Teacher Training University. A review of the completed questionnaire by experts indicated that the produced content's quality and composition aligned with educational goals.

پژوهش در آموزش شیمی، سال هفتم، شماره اول، صفحات ۴۹-۲۷

پژوهش در آموزش شیمی
https://chemedu.cfu.ac.ir

طراحی محتوای آموزشی برای اصل لوشاتلیه و عوامل موثر بر تعادل‌های شیمیایی با رویکرد زمینه‌محور برای دبیران شیمی

معصومه قلخانی [۱،*]، **زهرا خلیل نژاد** [۲]

[۱] گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران
[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: (ghalkhani@sru.ac.ir)

چکیده

پیشینه و اهداف: محتوای علمی برای مبحث اصل لوشاتلیه و عوامل موثر بر تعادل‌های شیمیایی مبتنی بر رویکرد زمینه‌محور طراحی شد. مخاطب این محتوا، دبیران محترم شیمی می‌باشند. **روش‌ها:** پژوهش حاضر از نوع کاربردی-توصیفی است. ابتدا مقاله‌ها، کتاب‌های علمی و سایت‌های معتبر علمی مرتبط با آموزش اصل لوشاتلیه و تعادل‌های شیمیایی بررسی شدند. حاصل مطالعه اولیه جمع‌آوری پیش‌نیازها و دسته‌بندی آن‌ها بود. سپس، کمبودهای مطالب کنونی در کتب درسی، بدفهمی‌های موجود در آموزش و همچنین علت ایجاد این بدفهمی‌ها و کج‌فهمی‌ها، مورد بررسی قرار گرفتند. سپس، عناوین مناسب برای طراحی محتوا، حاوی فعالیت‌های متعدد، تعیین گردیدند. در ادامه، جدول هدف-محتوا طراحی و پس از ارزیابی توسط اساتید و دبیران باتجربه و خبره، نهایی شد. **یافته‌ها:** در نهایت، محتوا طراحی شد و توسط اساتید متخصص شیمی، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و متناسب با نظرات ایشان، بازبینی لازم صورت گرفت. متخصصان ارزیاب، محتوای طراحی شده با رویکرد زمینه‌محور را برای موضوع مذکور تایید نمودند. **نتیجه‌گیری:** با توجه به تاثیر رویکرد زمینه‌محور در تعمیق یادگیری، آموزش و کاربرد این روش برای معلمان و دانشجومعلمان توصیه می‌شود. با در نظر گرفتن رویکرد زمینه‌محوری در آموزش کتاب‌های درسی، از جمله آموزش علوم، شایسته است تاثیر این رویکرد در آموزش و یادگیری این دروس، مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آموزش شیمی، طراحی محتوا، اصل لوشاتلیه، تعادل شیمیایی، زمینه‌محور.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۳۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۹
تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۱۰/۱۹
شاپا چاپی: ۳۰۴۱-۹۲۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۱۷-۲۲۷۹

ارجاع: قلخانی، معصومه؛ خلیل نژاد، زهرا (۱۴۰۴). طراحی محتوای آموزشی برای اصل لوشاتلیه و عوامل موثر بر تعادل‌های شیمیایی با رویکرد زمینه‌محور برای دبیران شیمی. پژوهش در آموزش شیمی، ۷(۱)، ۴۹-۲۷.
https://doi.org/10.48310/chemedu.2025.17459.1276

© نویسندگان.
ناشر: دانشگاه فرهنگیان

مقدمه

یادگیری، تعامل بین آموزه‌های جدید دانش‌آموز و مفاهیم فعلی او می‌باشد. مفاهیم در دو دسته انتزاعی و عینی مورد بررسی قرار می‌گیرند. مفاهیم عینی با تجربیات دانش‌آموزان بهبود می‌یابند؛ اما درک مفاهیم انتزاعی برای آن‌ها چالش برانگیز بوده و بهبود آن نیز زمان‌بر و دشوارتر است (آیدین جران[1]، ۲۰۲۱). درک یک مفهوم شیمیایی به طور عمیق نیاز به شناسایی در هر دو سطح ماکروسکوپی و میکروسکوپی دارد و درک نادرست مفهوم توسط دانش‌آموزان، باعث ایجاد بدفهمی و کج‌فهمی می‌شود (تریگست و همکاران[2]، ۲۰۰۳، قلخانی و خدارحم، ۲۰۲۰)؛ زیرا توضیح مفهومی که قابل مشاهده نیست و شباهت کمی به واقعیت دارد یا هیچ شباهت دقیقی ندارد، اغلب دشوار است (امیلانی و البیوت[3]، ۲۰۲۰).

تعادل شیمیایی یکی از مفاهیم مهم در یادگیری شیمی است که پایه‌ای برای درک مفاهیم شیمیایی دیگر، مانند اسید و باز، واکنش‌های اکسیداسیون و کاهش (در تعادل‌های الکتروشیمیایی) و حلالیت می‌باشد و تسلط بر مفهوم تعادل به تسلط بر مفاهیم شیمیایی دیگر کمک می‌کند (برگ‌کوئیست و هیکینن[4]، ۱۹۹۰). متاسفانه از نظر دانش‌آموزان تعادل شیمیایی مفهومی دشوار است و علت این دشواری را وجود مفاهیم انتزاعی، محاسبات ریاضی و نمودارها برای یادگیری آن بیان می‌کنند. به علاوه، دانش‌آموزان برای درک مفهوم تعادل شیمیایی باید چندیدن مفهوم مرتبط دیگر مانند مفاهیم غلظت، استوکیومتری، گاز و مول را بفهمند (کوساتانا و تساپارلیس[5]، ۲۰۰۲). اصل لوشاتلیه همیشه همراه با تعادل شیمیایی ذکر شده است و دانش‌آموزان با سوالات متعدد مرتبط با این اصل مواجه می‌شوند (بارک و همکاران[6]، ۲۰۰۸). از مهم‌ترین مشکلات دانش‌آموزان درباره تعادل‌های شیمیایی و اصل لوشاتلیه، هنگام تشخیص سرعت واکنش‌ها حین برقراری تعادل جدید و پس از اعمال تغییر در شرایط سیستم است. دانش‌آموزان در فهم افزایش سرعت واکنش‌های رفت و برگشت از زمان مخلوط کردن واکنش‌دهنده‌ها تا زمان برقراری تعادل جدید، دچار اشتباه هستند (هکلینگ و گارنت[7]، ۱۹۸۵). در نتیجه، امکان دارد که دانش‌آموزان مفهومی متفاوت از مفهوم علمی موردنظر را در ذهن خویش بسازند و بدفهمی و یا کج‌فهمی ایجاد می‌شود (سندور و تپراک[8]، ۲۰۱۳). معلمان نیز از این قاعده مستثنی نبوده و اطلاعات ناکافی ارائه شده در کتاب و مطالب درسی می‌تواند باعث ایجاد کج‌فهمی معلمان

[1] Aydin-Ceran
[2] Treagust
[3] Omilani & Elebute
[4] Bergquist & Heikkinen
[5] Kousathana & Tsaparlis
[6] Barke
[7] Hackling & Garnett
[8] Sendur & Toprak

نیز در مورد تعادل شیمیایی و اصل لوشاتلیه شود (کوئیلز پاردو[1]، ۱۹۹۵). این امر بسیار مهم است؛ زیرا معلمان نمی‌توانند آنچه را که خودشان درک نکرده‌اند به دانش‌آموزان خود یاد بدهند. پژوهشگران عرصه آموزش شیمی، دهه‌ها به ناکافی بودن اصل لوشاتلیه در کتب علمی اشاره کرده‌اند و نشان دادند که عدم فهم درست آن می‌تواند منجر به پیش‌بینی‌های نادرست در مورد اثر تغییر غلظت، حجم، فشار و یا دما بر سیستم‌های شیمیایی در حالت تعادل شود (چنگ[2]، ۲۰۰۹).

هدف اصلی آموزش و یادگیری مفاهیم شیمی، تحقق یادگیری معنادار است (آیدین جرن، ۲۰۲۱). در یادگیری معنادار، دانش‌آموزان باید فرصت کافی برای بیان و مقایسه ایده‌های خود داشته باشند. لذا معلمان باید به ناکافی بودن روش‌های تدریسی که تنها شامل انتقال اطلاعات است، آگاه شوند و از تکنیک‌ها و رویکردهای مختلف تدریس استفاده کنند (امیلانی و البیوت، ۲۰۲۰). باتوجه به ناکارآمدی روش‌های آموزش سنتی و مبتنی بر سخنرانی، پژوهشگران آموزش بیان کرده‌اند که آموزش علمی باید شامل یادگیری مبتنی بر زمینه و دست‌ورزی باشد (چن[3]، ۲۰۱۲).

برطبق نظریه یادگیری مبتنی بر زمینه، یادگیری زمانی اتفاق می‌افتد که دانش‌آموزان بتوانند دانش جدید را با اطلاعات و منابع خود (حافظه، تجربه و پاسخ‌ها) ارتباط دهند (آزوبل[4]، ۲۰۱۲). رویکرد زمینه‌محور یکی از رویکردهای نوآورانه و متداولی است که شامل هفت مولفه اصلی یادگیری، یعنی: ساختارگرایی، یادگیری اجتماعی، پرسشگری، تحقیق، مدل‌سازی، بازخورد و ارزیابی می‌باشد. آموزش زمینه‌محور مجموعه متنوعی از راهبردهای آموزشی است که بر آموزش و یادگیری مستقیم کاربردهای عینی یک موضوع در زمینه خاص مورد علاقه دانش‌آموزان تمرکز دارد و برای ارتباط یکپارچه یادگیری مهارت‌های بنیادین (مانند توسعه مهارت‌های تفکر بالاتر، مهارت‌های مدیریت زمان و ...) و محتوای دانشگاهی یا شغلی طراحی شده است (انصاری مقدم و همکاران، ۲۰۲۴، قلخانی و اسمعیلی، ۲۰۲۲، قنبری و همکاران، ۲۰۲۰، پرین[5]، ۲۰۱۱، هنسون[6]، ۲۰۱۶). یادگیری زمینه‌محور فضای فعالانه‌ای را برای فرایند یادگیری و شرکت دانش‌آموزان ایجاد می‌کند. هشت ویژگی مهم این رویکرد عبارتند از: ایجاد ارتباط معنادار، انجام فعالیت‌های قابل توجه، یادگیری خود تنظیم، همکاری، تفکر انتقادی و خلاق، پرورش فرد، رسیدن به استانداردهای بالا و استفاده از ارزیابی معتبر (هین[7]، ۱۹۹۱).

[1] Quilez-Pardo
[2] Cheung
[3] Chen
[4] Ausubel
[5] Perin
[6] Hanson
[7] Hein

آموزش شیمی ابزاری برای توسعه ملی بوده و نقش مهمی در کیفیت آموزش و پژوهش‌های علمی دارد (چن و همکاران[1]، ۲۰۲۴). همچنین باید از آموزش درست و صحیح دانش‌آموزان در راستای تولید کالاها و خدمات متعدد برای پاسخگویی به نیازهای اساسی انسانی (مانند مواد غذایی، محصولات مراقبت‌های بهداشتی و ...)، با هدف بهبود کیفیت زندگی، اطمینان حاصل کرد. دبیران محترم باید توجه خود را بر نحوه یادگیری دانش‌آموزان و عواملی که بر یادگیری آن‌ها تاثیر می‌گذارند، متمرکز کنند (آیدین جرن، ۲۰۲۱). لذا لازم است محتوای درسی قوی و مناسبی طراحی نمود تا دانش‌آموزان بتوانند ایده‌های به دست آمده خود را به‌درستی به کار گیرند. در این پژوهش سعی شده است تا محتوای مناسبی با رویکرد زمینه‌محور برای موضوع اصل لوشاتلیه و عوامل موثر بر تعادل‌های شیمیایی طراحی شود تا اهداف موردنظر به‌درستی و کامل تحقق یابند و از ایجاد بدفهمی و یا کج‌فهمی جلوگیری شود.

پیشینه پژوهش

کویئلز[2] (۲۰۲۱) به نحوه ارائه اصل لوشاتلیه در کتب درسی پرداخته است. ایشان بحث نموده است که چگونه رویکردهای آموزشی کتاب درسی مربوط به اصل لوشاتلیه ممکن است مانع درک دانش‌آموز و پیش‌بینی اختلالات تعادل شیمیایی شود. مطالعه انجام شده نشان داد که استفاده گمراه‌کننده اصل لوشاتلیه ممکن است بر درک صحیح دانش‌آموز از مفاهیم مرتبط با تغییرات تعادل‌های شیمیایی، تأثیر بگذارد. هکلینگ و همکاران (۱۹۸۵) در پژوهش خود اظهار داشتند که مهم‌ترین مشکل دانش‌آموزان درباره تعادل‌های شیمیایی و اصل لوشاتلیه، در تشخیص سرعت واکنش‌ها حین برقراری تعادل جدید پس از اعمال تغییر در شرایط سیستم است. آن‌ها بیان کردند که دانش‌آموزان در فهم افزایش سرعت واکنش‌های رفت و برگشت از زمان مخلوط کردن واکنش‌دهنده‌ها تا زمان برقراری تعادل جدید، دچار اشتباه هستند.

برن و اریکسون[3] (۲۰۰۱) در پژوهش خود نتیجه گرفتند که آموزش و یادگیری زمینه‌محور به عنوان یک فرایند آموزشی نوآورانه به دانش‌آموزان کمک می‌کند بین محتوایی که یاد می‌گیرند و زندگی واقعی‌شان ارتباط برقرار کنند. این رویکرد دانش‌آموزان را تشویق می‌کند بین مطالبی که یاد می‌گیرند و زندگی واقعی که براساس تجربیات آن‌ها شکل گرفته، همبستگی پیدا کنند. چن (۲۰۱۲) در مقاله خود بیان کرد که آموزش موضوع‌محور یکی از راهبردهای موثر برای یادگیری زمینه‌محور است که با تجربه‌های روزانه دانش‌آموزان ارتباط دارد و یادگیری موضوع‌محور روش

[1] Chan
[2] Quilez
[3] Bern & Erickson

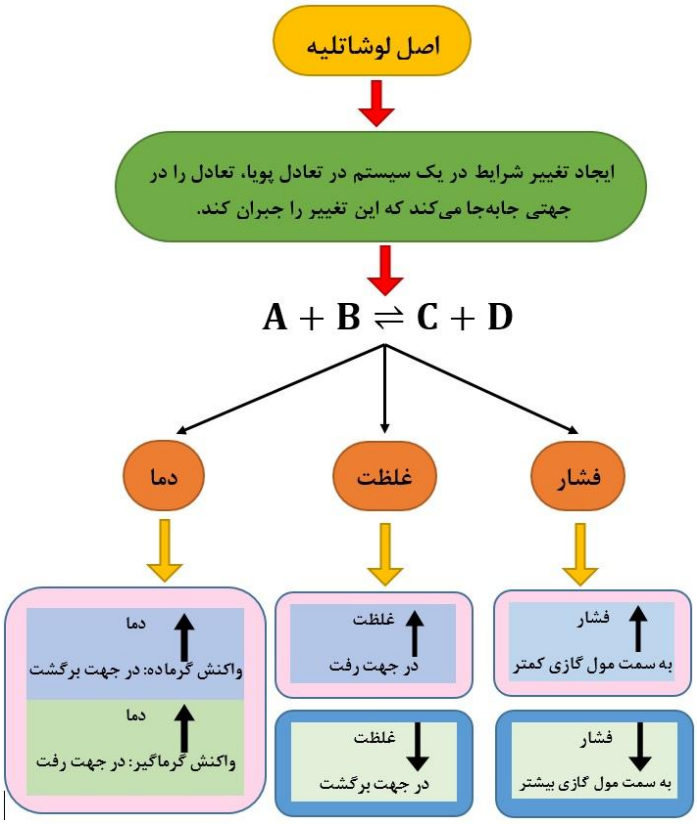
موثری برای زمینه‌محور کردن روش‌های یادگیری است. موضوع‌های برگرفته از پدیده‌های طبیعی و اجتماعی که در پیرامون دانش‌آموزان رخ می‌دهد، یادگیری را جذاب‌تر و معنی‌دارتر خواهند ساخت.

یافته ها

هدف از پژوهش حاضر، طراحی محتوای آموزشی برای اصل لوشاتلیه و عوامل موثر بر تعادل‌های شیمیایی با رویکرد زمینه‌محور برای دبیران محترم شیمی است. درک و فهم درست مطلب توسط دبیران برای انتقال درست و کامل آن به دانش‌آموزان امری مهم است. در این پژوهش سعی شده است که نکات مهم با رویکرد زمینه‌محور در اختیار دبیر محترم قرار بگیرد تا علاوه بر ایجاد انگیزه و رغبت در پیوند با مسائل و چالش‌های روزمره زندگی، فهم درست و عمیقی را ایجاد کند. در ادامه محتوای طراحی شده برای مبحث اصل لوشاتلیه و عوامل موثر بر تعادل شیمیایی، ارائه می‌گردد.

اصل لوشاتلیه و عوامل موثر بر تعادل‌های شیمیایی با رویکرد زمینه‌محور برای دبیران شیمی

نقشه مفهومی‌ای برای مبحث اصل لوشاتلیه و عوامل موثر بر تعادل‌های شیمیایی مطابق شکل ۱ طراحی شد.



شکل ۱- نقشه مفهومی مبحث اصل لوشاتلیه

﴿وَالسَّمَاءَ رَفَعَهَا وَوَضَعَ الْمِيزَانَ﴾ **(سوره الرحمن، آیه ۷)**

و آسمان را سقفی برای زمین بر فراز آن بالا برد و عدالت را در زمین استوار کرد.

در گذشته دسترسی به منابع غذایی و تامین آن برای جوامع امری ساده و قابل حل بود. با گذشت زمان، کمبود منابع و رشد جمعیت سبب شد تا تامین غذا به یکی از چالش‌های بزرگ جوامع تبدیل شود. بهترین راه‌حل، کمک به صنعت کشاورزی برای تولید محصول بیشتر و باکیفیت است. در نتیجه، شناسایی، تولید و اضافه کردن کودهای شیمیایی مناسب باعث افزایش محصول و کنترل این چالش می‌شود.

شکل ۲- تأثیر وجود و عدم وجود نیتروژن کافی در رشد گیاهان

نیتروژن در فرم نیترات (NO_3^-) یک ماده مغذی لازم و مهم برای زنده ماندن گیاهان است (شکل ۲). محصولات کشاورزی برای رشد به نیتروژن نیاز دارند و با دریافت آن از خاک رشد می‌کنند. نیتروژن مورد نیاز گیاه را می‌توانیم از طریق فرایند کوددهی دوباره در خاک پر کنیم؛ مانند استفاده کردن از پوسیده گیاهان یا بازمانده‌های حیوانات.

بحث کنید
درباره انواع کود در کلاس بحث کنید. به نظر شما چه عواملی برای تولید یک کود شیمیایی مناسب نقش دارند؟
پاسخ کودهای طبیعی مانند پوسیده گیاهان، خاک برگ، بازمانده حیوانات، بازمانده انسان‌ها و ... کودهای شیمیایی صنعتی مانند کودهای آپارتمانی یا کود آلی عواملی مانند pH خاک (مناسب برای گیاه موردنظر)، کنترل آفت‌ها، میزان نیترات و مواد معدنی موردنیاز گیاه و ... از جمله عوامل مهم در تهیه یک کود مناسب هستند.

۷۸ درصد هوا گاز نیتروژن می‌باشد، اما گیاهان با جوی سرشار از این گاز نیز نمی‌توانند عنصر ضروری برای رشد خود را به طور مستقیم از آن جذب کنند. از این‌رو، باید به گونه‌ای بر پیوند سه‌گانه و محکم این گاز غلبه کرد و راهی برای تزریق آن از هوا به خاک پیدا کرد. یکی از این راه‌ها، تبدیل گاز نیتروژن به شکل ترکیب‌های نیتروژن‌دار از جمله آمونیاک و اوره است (شکل ۳).

شکل ۳- آمونیاک مایع را می‌توان به‌طور مستقیم به خاک تزریق کرد که به سرعت به نیترات، یعنی ماده مغذی مورد نیاز گیاهان تبدیل می‌شود.

فکر کنید ۱
به نظر شما مهم‌ترین کشف انجام شده در طی قرن‌های گذشته در صنعت کشاورزی چیست؟
پاسخ: برای پاسخ به این سوال و هدایت ذهن دانش‌آموزان حین بحث و گفت‌وگو به سمت فرایند هابر و مبحث تعادل و همچنین برای ارزیابی پیش‌دانسته‌های آن‌ها، دبیر محترم می‌تواند یادآوری کوچکی از مبحث تولید آمونیاک در سال دهم داشته باشد.

در دما و فشار اتاق، در مخلوطی از گازهای نیتروژن و هیدورژن هیچ واکنشی حتی در حضور کاتالیزگر یا جرقه، رخ نمی‌دهد. در سال ۱۹۱۸، شیمی‌دان آلمانی، *فریتس هابر*[1]، موفق به تهیه آمونیاک از گازهای H_2 و N_2 شد و بزرگ‌ترین چالش آن، یعنی یافتن شرایط بهینه انجام واکنش را حل کرد. این واکنش که به *فرایند هابر* معروف است، یک واکنش برگشت‌پذیر بوده و می‌تواند در شرایط مناسب به تعادل برسد.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightleftharpoons{200\ atm\ و\ 450\ ^\circ C\ و\ Fe(s)} 2NH_3(g) \qquad K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

این واکنش در دمای ۴۵۰ ^oC و فشار ۲۰۰ atm با حضور کاتالیزگر آهن (Fe) انجام می‌شود.

آیا می‌دانید! بدون *فرایند هابر*، کشاورزان تنها قادر بودند برای جمعیت ۴ میلیارد نفر غذای کافی تولید کنند؛ اما در طی زمان، جمعیت به بیش از ۸ میلیارد نفر رسید. بنابراین، بدون این فرایند، بیش از ۴ میلیارد نفر بدون غذا می‌ماندند.

فکر کنید ۲
آیا آمونیاک فقط برای مصارف کشاورزی مورد نیاز است؟ چرا؟
پاسخ خیر؛ زیرا آمونیاک علاوه بر مصارف کشاورزی در صنایع دیگر مانند صنایع بهداشتی، نظامی و ... کاربرد دارد.

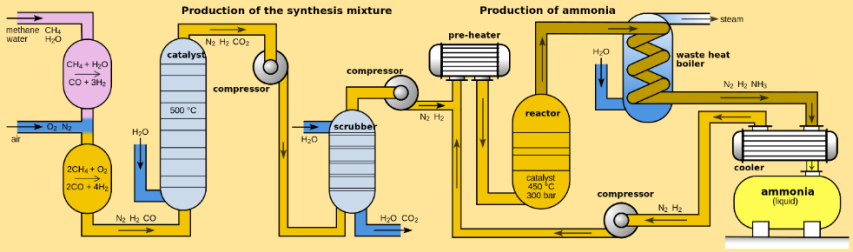
برای تامین آمونیاک مورد نیاز صنایع مختلف از فرایند *هابر*، نیازمند تولید فراورده بیشتر در شرایط معین هستیم که این عمل به میزان پیشرفت واکنش در آن شرایط بستگی دارد. به بیان دیگر، هر چه میزان پیشرفت واکنش بیشتر باشد، درصد بیشتری از واکنش‌دهنده‌ها به فراورده‌ها تبدیل می‌شوند. اما چگونه؟!

[1] Fritz Haber

هنری لوشاتلیه[1]، شیمی‌دان فرانسوی، دریافت که اگر یک سیستم تعادلی مانند فرایند تولید آمونیاک را داشته باشیم و تغییری در شرایط آن (مانند تغییر غلظت یا فشار) ایجاد کنیم، سیستم دوباره کار می‌کند تا به حالت تعادل برگردد. در نتیجه، *هابر* برای تولید مقدار زیادتری از آمونیاک، ماشینی را طراحی کرد که در آن، این واکنش را بارها و بارها در شرایط گوناگون انجام داد و سرانجام موفق شد شرایط بهینه واکنش را بیابد.

با هم بیندیشیم

فرض کنید به عنوان دستیار *هابر*، مشغول انجام آزمایش برای یافتن شرایط بهینه واکنش تولید آمونیاک هستید. پس از هربار انجام آزمایش، *هابر* از شما می‌خواهد اعداد روی نمایشگر دستگاه را بخوانید و نتایج تغییرات غلظت‌ها را به او گزارش دهید. با توجه به غلظت‌های تعادلی داده شده در جدول زیر، به پرسش‌ها پاسخ دهید. (غلظت‌های تعادلی داده شده برحسب مولار هستند).



$N_2\,(g) + 3\,H_2\,(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3\,(l) \quad \Delta H = -92/4\ kJ/mol$			
	$[N_2]$	$[H_2]$	$[NH_3]$
تعادل اولیه	۰/۰۷	۰/۵	۰/۱۴
الف	۰/۱۱	۰/۴۷	۰/۱۶
ب	۰/۱	۰/۶	۰/۱۲
پ	۰/۰۶	۰/۳	۰/۱۵

۱- هابر در آزمایش اول خود، غلظت گاز نیتروژن را افزایش داد. با توجه به غلظت‌های تعادلی نشان داده شده روی نمایشگر (الف)، با افزایش غلظت گاز نیتروژن، واکنش در چه جهتی پیش رفته است و چه تغییری در میزان غلظت مواد ایجاد شده است؟

۲- در آزمایش دوم، هابر دمای محفظه واکنش را تا ۶۰۰ ^{o}C بالا برد. با توجه به غلظت‌های تعادلی نمایشگر (ب)، آیا افزایش دما کمکی به تولید بیشتر آمونیاک کرده است؟ توضیح دهید.

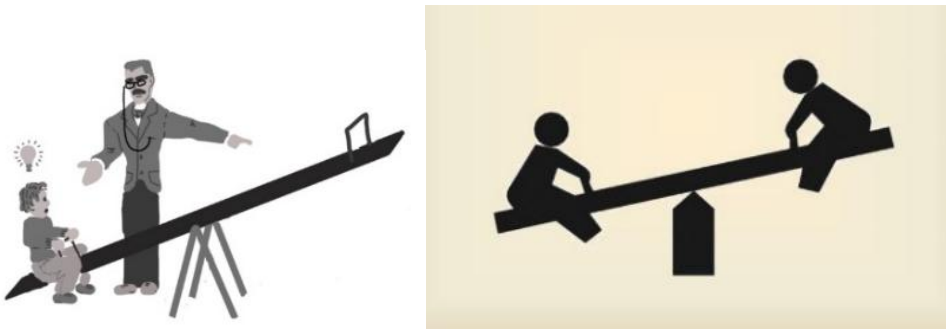
۳- یکی دیگر از راه‌حل‌های پیشنهادی *هابر* در تغییر شرایط، افزایش فشار بود. با توجه به غلظت‌های تعادلی نمایشگر (پ)، با افزایش فشار، چه تغییری در میزان آمونیاک تولیدی به وجود آمده است؟

٤- *هابر* با افزودن کاتالیزگر به فرایند واکنش، هیچگونه تغییری در مقدار آمونیاک تولید شده مشاهده نکرد. فکر

[1] Henry Le Chatelier

می‌کنید علت چیست؟
پاسخ
۱- با افزایش گاز نیتروژن، درواقع مقدار غلظت یکی از واکنش‌دهنده‌ها را افزایش داده‌ایم. در نتیجه، برای مقابله با این تغییر، واکنش در جهت رفت پیش رفته و غلظت گاز هیدروژن کاهش و غلظت آمونیاک تولیدی افزایش یافته است.
۲- با افزایش دما، واکنش در جهت برگشت پیش می‌رود. از آنجایی که واکنش تولید آمونیاک، یک واکنش گرماده است؛ درنتیجه با افزایش دما، واکنش در جهت برگشت پیش رفته و غلظت آمونیاک کم می‌شود.
۳- با افزایش فشار، مقدار آمونیاک تولید شده افزایش یافته است. نتیجه می‌گیریم که با افزایش فشار، تعادل در جهت مول گازی کمتر جابه‌جا می‌شود.
٤- افزودن کاتالیزگر تنها سرعت رسیدن به تعادل را افزایش می‌دهد و بر جهت پیشرفت واکنش و مقدار غظت‌های تعادلی تأثیری ندارد.

پی بردیم که یک سیستم در حال تعادل پویا، در مقابل تغییرات وارد شده بر آن، مقابله می‌کند و حالت تعادلی جدیدی را به‌وجود می‌آورد. این توصیف، بیانی از **اصل *لوشاتلیه***[1] است (شکل ۴).



شکل ۴- نمایی از اصل *لوشاتلیه*

عوامل مؤثر بر تعادل‌های شیمیایی و ثابت تعادل

۱- غلظت

در یک واکنش تعادلی، با تغییر غلظت(افزایش، کاهش و یا حذف) یکی از مواد شرکت‌کننده در دمای ثابت، سیستم در جهتی پیش می‌رود که تا حدامکان با تغییر به‌وجود آمده مقابله کند و به تعادل جدید برسد، اما در این جابه‌جایی، K ثابت می‌ماند.

به عنوان یک مثال، سیستم در حال تعادل زیر را در نظر بگیرید:

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2\,HI$$

[1] Le Chatelier's Principle

با افزودن H_2 بیشتر به سیستم، غلظت آن را افزایش داده‌ایم. در نتیجه، تعادل به هم خورده و سیستم در جهت مقابله با تغییر به وجود آمده، یعنی کاهش غلظت H_2 پیش می‌رود. این کار با مصرف مقداری از H_2 و همچنین مقداری از I_2 و تشکیل مقدار H_2 انجام می‌شود. پس از برقراری تعادل جدید، غلظت HI بیشتر از مقدار اولیه آن است و در این حالت گفته می‌شود که موقعیت تعادل به سمت راست جابه‌جا شده است. به طور مشابه، اگر غلظت یکی از مواد شرکت کننده در تعادل شیمیایی کاهش پیدا کند واکنش در جهت تولید آن ماده پیش خواهد رفت.

خود را بیازمایید ۱

غلظت‌های تعادلی در واکنش به حال تعادل ذیل که در یک ظرف دربسته یک لیتری انجام می‌گیرد، به ترتیب برابر با $NaHCO_3$ = ۰/۱ g، Na_2CO_3 = ۰/۱۷ g، H_2O = ۰/۱۸ mol و CO_2 = ۰/۲۷ mol است.

$$2\,NaHCO_3(s) \rightleftharpoons Na_2CO_3(s) + H_2O(g) + CO_2(g)$$

به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

الف) مقدار ثابت تعادل را محاسبه کنید.

ب) با کاهش فشار سامانه، چه تغییری در مقدار $NaHCO_3$ ایجاد می‌شود؟

پاسخ

الف) واکنش تعادلی داده شده، از نوع تعادل ناهمگن است؛ زیرا هم دارای فاز گازی و هم فاز جامد است. برای محاسبه ثابت تعادل، چون غلظت مواد جامد ثابت است، پس تغییر در مقدار آن‌ها، تأثیری در جابه‌جا شدن تعادل ندارند. درنتیجه، اجزای جامد در رابطه ثابت تعادل وارد نمی‌شوند. به علاوه، از آنجایی که حجم ظرف یک لیتر است، در نتیجه غلظت مواد برحسب مولار با مقدار مول داده شده برابر هستند. بنابراین:

$$K = [H_2O][CO_2]$$

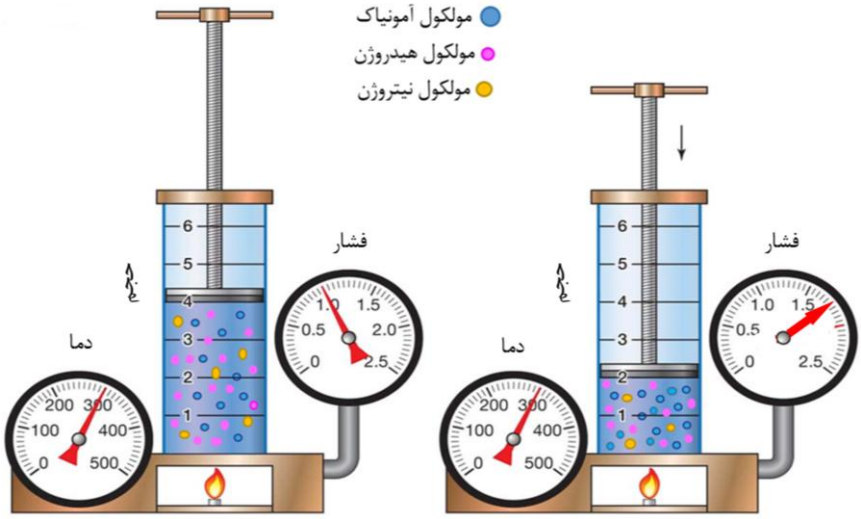
$$K = 0.18 \times 0.27 = 4.86 \times 10^{-2}$$

ب) کاهش فشار در سامانه، تعادل را به سمت مول گازی بیشتر، یعنی در جهت رفت جابه‌جا می‌کند. در نتیجه مقدار $NaHCO_3$ کاهش می‌یابد.

۲- فشار

در یک سامانه گازی بسته، در دمای ثابت، کاهش حجم با افزایش فشار جبران می‌شود (شکل ۵). در شرایطی که مولکول‌های گاز درون سامانه بتوانند با هم واکنش بدهند، طبق اصل *لوشاتلیه*، سیستم با کاهش حجم، علاوه بر افزایش فشار، منجر به پیشرفت واکنش به سمت مول گازی کمتر حرکت می‌کند؛ زیرا هرچه تعداد مول‌های گاز موجود در یک سامانه کمتر باشد، شمار برخورد مولکول‌ها به دیواره‌ها کمتر و در نتیجه فشار گاز کمتر خواهد شد. همچنین، با

افزایش حجم و کاهش فشار، سیستم به سمت مول گازی بیشتر حرکت می‌کند، ولی تغییر حجم و فشار برای واکنش‌هایی که در آن‌ها تعداد مول‌های گازی مواد اولیه و محصولات برابر است $(\Delta n(g) = 0)$، اثری روی تعادل ندارد.



شکل ۵- تأثیر افزایش فشار و کاهش حجم بر یک سامانه گازی بسته در حال تعادل

۳- دما

هنگامی که دمای یک سامانه محتوی تعادل گازی تغییر می‌کند، پس از رسیدن به تعادل جدید، علاوه بر تغییر غلظت مواد شرکت‌کننده، ثابت تعادل (K) نیز تغییر خواهد کرد. برای پیش‌بینی اثر تغییر دما بر یک سیستم در حال تعادل، ماهیت اثر گرمایی مربوط به واکنش (گرماده یا گرماگیر بودن واکنش) باید مشخص شود. هنگامی که دمای یک سامانه تعادلی افزایش می‌یابد، واکنش در جهت مصرف گرما پیش می‌رود. اگر این واکنش گرماگیر باشد، سامانه در جهت رفت پیش رفته و مقدار فروارده‌ها افزایش می‌یابد. هم‌چنین اگر این واکنش گرماده باشد، سامانه در جهت برگشت پیش رفته و مقدار فراورده‌ها کاهش می‌یابد.

خود را بیازمایید ۲

باتوجه به داده‌های جدول زیر که به واکنش تعادلی نمادین $aA_{(g)} \rightleftharpoons bB_{(g)}$ مربوط است، به پرسش‌های داده شده پاسخ دهید.

دما (°C)	[A] تعادلی	[B] تعادلی
۲۰	۰/۰۱	۰/۸۴
۳۰	۰/۱۷	۰/۷۶
۴۰	۰/۲۵	۰/۷۲

۱- واکنش تعادلی داده شده گرماگیر است یا گرماده؟

۲- با افزایش دما، ثابت تعادل چه تغییری می‌کند؟

۳- ثابت تعادل این واکنش را در دمای ۲۰ °C محاسبه کنید.

پاسخ

۱- باتوجه به داده‌های جدول، با افزایش دما، از غلظت فراورده B کاسته شده و به غلظت واکنش‌دهنده A افزوده شده است. پس این واکنش تعادلی گرماده است.

$$aA_{(g)} \rightleftharpoons bB_{(g)} + q \uparrow$$

۲- در واکنش گرماده، با افزایش دما از پیشرفت واکنش کاسته شده و ثابت تعادل کوچک‌تر می‌شود.

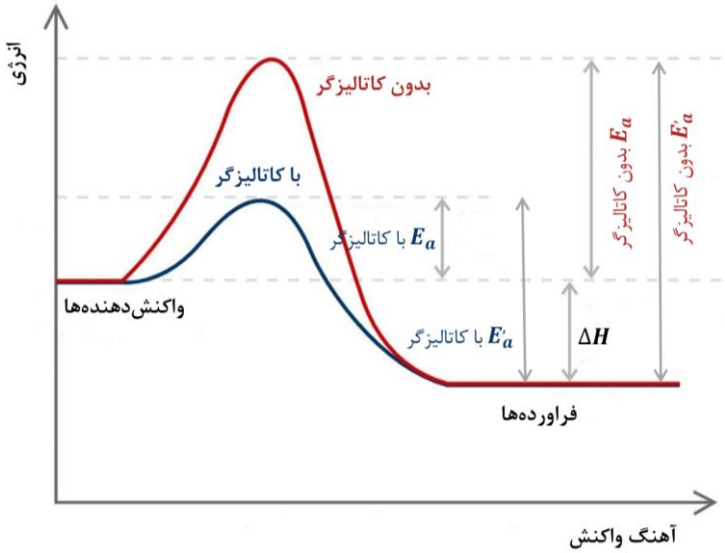
۳- تغییر غلظت A و B را در تغییر دما از ۲۰°C به ۳۰°C محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta[A] = 0.17 - 0.01 = 0.16\ \text{mol.L}^{-1}$$

$$\Delta[B] = 0.76 - 0.84 = 0.08\ \text{mol.L}^{-1}$$

تغییر غلظت گونه‌ها متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌هاست. چون تغییر غلظت A دو برابر B می‌باشد؛ پس ضریب A دو برابر ضریب B است و معادله تعادل به صورت $2\,A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)}$ نوشته می‌شود. درنتیجه:

$$K = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{0.84}{(0.01)^2} = 8.4 \times 10^{-3}\ \text{mol.L}^{-1}$$



شکل ۶- نمودار تأثیر کاتالیزگر بر روی سرعت واکنش

۴- کاتالیزگر

حضور کاتالیزگر، اثری بر موقعیت یک تعادل شیمیایی ندارد؛ زیرا کاتالیزگر به طور یکسان بر سرعت واکنش رفت و واکنش برگشت اثر می‌گذارد. ولی یک کاتالیزگر می‌تواند سیستمی را زودتر به حالت تعادل برساند(شکل ۶). جدول

شماره یک، چهار عامل مؤثر بر تعادل‌های شیمیایی را نشان می‌دهد. تأثیر هریک از عوامل را بر جهت پیشرفت واکنش و ثابت تعادل تحلیل کنید.

جدول ۱- عوامل مؤثر بر تعادل‌های شیمیایی و تأثیرات آن‌ها

عوامل مؤثر بر تعادل شیمیایی	غلظت	فشار	دما	کاتالیزگر
تأثیر بر روی تغییر جهت پیشرفت واکنش	دارد	دارد	دارد	ندارد
تأثیر بر روی ثابت تعادل	ندارد	ندارد	دارد	ندارد

آزمایش کنید

وسایل و مواد مورد نیاز:

۴ عدد لوله آزمایش، قطره چکان، حمام آب یخ، حمام آب گرم، آهن (III) کلرید ۰/۰۵ مولار، پتاسیم تیوسیانات ۰/۵ مولار، هیدروکلریک اسید، سدیم سولفات، آهن (III) نیترات و نقره نیترات.

شرح آزمایش:

آزمایش زیر را انجام دهید و به سوالات پاسخ دهید.

$$Fe^{3+} + SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)^{2+} + 3Cl^-$$

قرمز رنگ بی‌رنگ زرد رنگ

✓ بخش اول: تأثیر تغییر در غلظت

قدم اول: ۵ میلی‌لیتر از محلول آهن (III) کلرید را به همراه یک قطره از محلول پتاسیم تیوسیانات را درون یک لوله آزمایش بریزید. به‌آرامی لوله آزمایش را تکان دهید تا واکنش به‌طور کامل انجام شود و رنگ قرمز محلول را به‌خوبی مشاهده کنید.

قدم دوم: به محلول ساخته شده خود در لوله آزمایش، ۵ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید (HCl) اضافه کنید و به‌آرامی هم بزنید. چه تغییری در رنگ محلول مشاهده کردید؟

قدم سوم: مجدد به محلول خود در لوله آزمایش دو قطره از محلول پتاسیم تیوسیانات اضافه کنید و به‌آرامی تکان دهید. تغییر رنگ محلول را توجیه کنید.

سوال: باتوجه به یافته‌های خود، رنگ محلول را پس از افزودن هریک از محلول‌های سدیم سولفات، آهن (III) نیترات و نقره نیترات پیش‌بینی کنید.

✓ بخش دوم: تأثیر تغییر دما

سه لوله آزمایش بردارید و هرکدام را با ۵ میلی‌لیتر محلول آهن (III) کلرید و ۵ میلی‌لیتر محلول پتاسیم

تیوسیانات ۰/۰۱ مولار پر کنید. به‌آرامی هم بزنید تا رنگ قرمز محلول را به‌خوبی مشاهده کنید. یکی از لوله‌های آزمایش را به عنوان نمونه شاهد کنار بگذارید. لوله آزمایش دیگری را در حمام آب گرم و لوله آزمایش سوم را در حمام آب یخ قرار دهید. پس از گذشت دو دقیقه مشاهدات خود را گزارش دهید.

پاسخ

پاسخ سوال قدم دوم: با افزودن هیدروکلریک اسید، مقدار یون کلرید در واکنش افزایش می‌یابد. بنابراین، باتوجه به اصل *لوشاتلیه*، سامانه برای مقابله با این تغییر، تعادل را در جهت برگشت جابه‌جا کرده و به سمت تولید واکنش‌دهنده‌ها پیش می‌رود. درنتیجه، رنگ محلول به رنگ زرد درمی‌آید.

❖ پاسخ سوال قدم سوم:

با افزودن محلول پتاسیم تیوسیانات، درواقع مقدار یون سیانات را افزایش داده‌ایم. درنتیجه، واکنش در جهت رفت پیش می‌رود و فراورده $Fe(SCN)^{2+}$ را تولید کرده که رنگ محلول را به رنگ قرمز درمی‌آورد.

❖ پاسخ سوال:

افزودن سدیم سولفات به محلول موجب می‌شود که آهن (III) به آهن (II) تبدیل شود. در نتیجه با کاهش یون Fe^{3+} درون محلول، واکنش در جهت برگشت پیش رفته و رنگ محلول به رنگ زرد درمی‌آید.

با افزایش آهن (III) نیترات به محلول، باعث افزایش یون آهن (III) درون محلول می‌شویم. در نتیجه، طبق اصل لوشاتلیه، سامانه برای مقابله با این تغییر در جهت مصرف غلظت اضافه شده پیش رفته و رنگ محلول به رنگ قرمز پررنگ‌تر درمی‌آید.

افزایش نقره نیترات سبب مصرف یون تیوسیانات موجود در محلول می‌شود. لذا برای جبران، واکنش در جهت تولید آن، یعنی در جهت برگشت پیش رفته و محلول کاملا بی‌رنگ می‌شود.

❖ پاسخ سوال بخش تأثیر تغییر دما:

محلول درون لوله آزمایش داخل حمام آب گرم به رنگ قرمز کمرنگ درآمده است. این رنگ نشان می‌دهد که واکنش در جهت برگشت و مصرف گرما پیش رفته است. اما محلول درون لوله آزمایش داخل حمام آب یخ، به رنگ قرمز پررنگ درآمده و این امر نشان می‌دهد که واکنش در جهت رفت و تولید گرما پیش رفته است.

پیوند با صنعت:

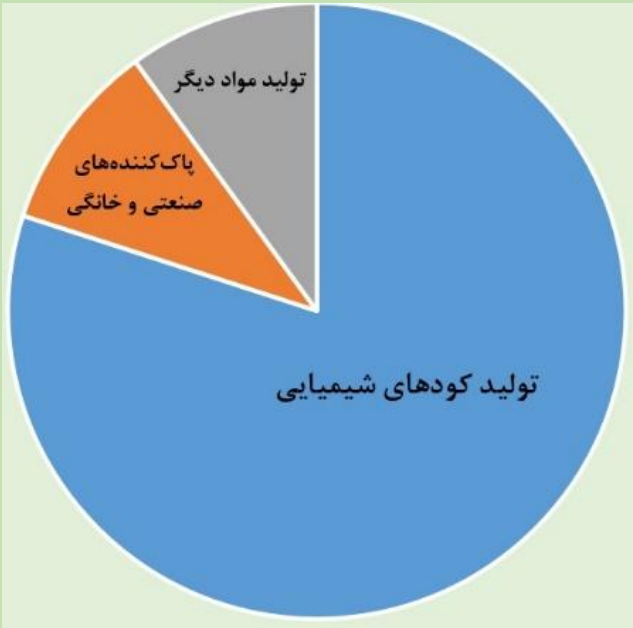
امروزه یکی از کاربردهای مهم اصل لوشاتلیه، در صنعت باتری است. این اصل، باتری‌های یون سدیم ـ منیزیم آبی پایدار را امکان‌پذیر می‌کند! در رابطه با این نوع باتری‌ها تحقیق کرده و در کلاس ارائه دهید.

✓ **پاسخ**

باتری‌های آبی، باتری‌های نوظهور با فناوری جدید و کاربردهای فراوان هستند. این باتری‌ها، به لحاظ زیست محیطی کم‌خطر بوده و از نظر سمیت در دسته ایمن قرار می‌گیرند. عملکرد این باتری‌ها بسیار رضایت‌بخش بوده و ظرفیت و راندمان بالایی نیز دارند. این بهبود عملکرد و کارایی، به علت استفاده از اصل لوشاتلیه در روند واکنش ردوکس این نوع باتری‌ها می‌باشد که آن را به یک باتری فعال تبدیل می‌کند (کارلزمو و همکاران[1]، ۲۰۲۴).

شیمی سبز

امروزه، آمونیاک یکی از فراوان‌ترین ترکیبات شیمیایی تولید شده در جهان است. ۸۰ درصد از این آمونیاک در تولید کودهای شیمیایی استفاده می‌شود؛ درحالی که باقی‌مانده آن در تولید پاک‌کننده‌های صنعتی و خانگی و همچنین برای ساخت ترکیبات دیگر مانند نیتریک اسید، نقش دارد(نمودار ۱). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که نیمی از نیتروژن حاصل از کودها توسط گیاهان جذب نمی‌شود. در نتیجه، نیتروژن به عنوان یک ترکیب شیمیایی فرّار در منابع آب‌های زیرزمینی و جو یافت می‌شود که به شدت به محیط‌زیست ما آسیب وارد می‌کند. امروزه دانشمندان در تلاش برای یافتن فرایند هابر جدیدی هستند که آسیب کمتری برای محیط‌زیست داشته باشد.



نمودار ۱- نمودار مصرف آمونیاک در تولید مواد مختلف

بحث و نتیجه‌گیری

[1] Karlsmo

بسیاری از واکنش‌های اطراف ما از نوع تعادلی و برگشت‌پذیر هستند. استفاده و کاربرد این نوع واکنش‌ها در زندگی روزمره ما و همچنین صنایع مختلف برای تولید و تامین مواد موردنیاز اصلی در زندگی، نقش گسترده‌ای دارد. به این منظور، علم تعادل‌های شیمیایی و عوامل مؤثر بر آن و همچنین قوانین حاکم بر این نوع واکنش‌ها مانند اصل لوشاتلیه، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، برای تحقق هر چه بهتر اهمیت این موضوع برای دانش‌آموزان، نیازمند تدریس جذاب و معنادار هستیم تا کاستی‌ها و کج‌فهمی‌های احتمالی را رفع کنیم. در محتوای طراحی شده به آموزش اصل لوشاتلیه و عوامل مؤثر بر تعادل‌های شیمیایی با استفاده از رویکرد زمینه‌محور پرداخته شده است. آموزش دانش‌آموزان با رویکرد زمینه‌محور علاوه بر آموزش دانش و مهارت‌های مورد هدف، افرادی آگاه به مسائل روزمره پیرامون خود و توانمند در ایجاد ارتباط دانش خود برای حل مسائل در زندگی، پرورش می‌دهد. در حقیقت این نوع از آموزش به دانش‌آموزان این دیدگاه را می‌دهد تا آنچه را که می‌آموزند را در پیوند با زندگی روزمره خود ببینند و به‌طور ملموس با آن درگیر شوند که این یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های این رویکرد است. براساس یافته‌ها، ایجاد ارتباط بین دانش جدید و زندگی روزمره، علاقه و انگیزه دانش‌آموز را نسبت به یادگیری افزایش می‌دهد. این نوع یادگیری باعث ایجاد توانایی حل مسائل، یادگیری عمیق‌تر و اکتشافی، پرورش مهارت استدلال اطلاعات، توسعه خلاقیت، رفع کج‌فهمی‌ها و سایر مهارت‌های تفکر بالا می‌شود. باتوجه به موضوع تعادل و اصل لوشاتلیه و کاربردهای گسترده آن‌ها در زندگی و صنایع مختلف در تولید و تامین مواد، وجود یک محتوای آموزشی مناسب در این حیطه از موارد مهم و ضروری برشمرده می‌شود. رویکرد زمینه‌محور در تدریس دروس مختلف قابل استفاده است و باعث تعمیق یادگیری می‌شود. به علاوه، این رویکرد می‌تواند شکاف بین یاددهی و یادگیری را کم کند. باتوجه به تأثیر این رویکرد در تعمیق یادگیری، آموزش این روش برای معلمان و دانشجومعلمان نیز توصیه می‌شود. باتوجه به رویکرد زمینه‌محوری در آموزش کتاب‌های درسی از جمله آموزش علوم، شایسته است تأثیر این رویکرد در آموزش و یادگیری این دروس، مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد. پرسشنامه‌ای محقق ساخته مبتنی بر طیف لیکرت برای ارزیابی کیفیت محتوا طراحی شده آماده شد. روایی پرسشنامه توسط تعدادی از متخصصین رشته شیمی همچنین حوزه آموزش شیمی بررسی و تأیید گردید. سپس پرسشنامه و محتوی طراحی شده همراه با توضیح لازم در خصوص اهمیت و هدف از طراحی آن برای اساتید شیمی فعال در حوزه آموزش و همچنین دانشجو معلمان با سابقه دوره کارشناسی ارشد آموزش شیمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی ارسال گردید. بررسی پرسشنامه تکمیل شده توسط متخصصان بیانگر تأیید کیفیت و تدوین محتوای تولید شده در راستای اهداف آموزشی بود.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی طبق ابلاغ گرنت شماره ۵۹۷۳/۱۳۹ مورخ ۱۴۰۳/۰۴/۱۴ انجام گردیده است.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

منابع

Ansarimoghadam, F., Hatami, J., Farrokhnia, M.R., Ghalkhani, M., Talae, E. (2024). Examining the impact of using stop motion technique on enhancing the quality of scientific reasoning skills of secondary school students. *Journal of Educational Technologies in Learning*, 6 (22), 10-38.

Ausubel, D.P. (2012). The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view. Springer Science & Business Media.

Aydin-Ceran, S. (2021). Contextual learning and teaching approach in 21st century science education, current studies in social sciences, Published by *ISRES Publishing*, *International Society for Research in Education and Science (ISRES)*, ISBN 978-605-73797-1-9, 160-173.

Barke, H.D., Hazari, A.S., Yitbarek, S. (2008). Misconceptions in chemistry: Addressing perceptions in chemical education Springer Science & Business Media.

Bergquist, W., Heikkinen, H. (1990). Student ideas regarding chemical equilibrium: What written test answers do not reveal. *Journal of Chemical Education*, 67 (12), 1000.

Berns, R.G., Erickson, P.M. (2001). Contextual teaching and learning: Preparing students for the new economy. The Highlight Zone: Research@ Work No. 5.

Chan, M. (2024). Depiction of scientific principles, laws and theories in Chemistry textbooks used by students in Singapore, *Chemistry Education Research Practice*, 25, 687-702.

Chen, Y. (2012). The effect of thematic video-based instruction on learning and motivation in E-learning. *International Journal of Physical Sciences*, 7(6), 957-965.

Cheung, D. (2009). The adverse effects of Le Châtelier's principle on teacher understanding of chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 86, 514.

Ghalkhani, M., Esmaeili, K. (2022). Designing an Educational Content for Corrosion Based on STEM Approach for Undergraduate Chemistry Level, *Research in Chemistry Education*, 3(4), 45-70.

Ghalkhani, M., Khodarahm, M. R. (2020). Designing a New Educational Content based on the Phenomenography Method. *Research in Chemistry Education*, 2(3), 5-18.

Ghanbari, M., Sabbaghan, M., Ghalkhani, M., Khalvandi, F. (2020). Content Design of Green Chemistry Metrics Education for Undergraduate Chemistry Students: Mass Metrics & Environmental Metrics, *Nashrieh Shimi va Mohandesi Shimi Iran (NSMSI)*, 39 (3), 1-13.

Hackling, M. W., Garnett, P. J. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7, 205-214.

Hanson, R. (2016). Using an embedded conceptual strategy to enhance students' understanding of le chatelier's summation of some stress factors on equilibrium position, *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education (IJCDSE)*, 7(3), 2889-2899.

Hein, G. (1991). ECA (International Committee of Museum Educators) Conference. Massachusetts USA.

Kousathana, M., Tsaparlis, G. (2002). Students'errors in Solving Numerical Chemical-Equilibrium Problems. *Chemistry Education Research and Practice*, 3 (1), 5-17.

Omilani, N. A., Elebute, F. D. (2020). Analysis of misconceptions in chemical equilibrium among senior secondary school students in Ilesa Metropolis in Osun State, Niger. *African journal of educational studies in mathematics and sciences*, 16 (2), 1-13.

Perin, D. (2011). Facilitating Student Learning Through Contextualization. *CCRC Working Paper*, 29, 1-62.

Quílez, J. (2021). Le Châtelier's principle a language, methodological and ontological obstacle: an analysis of general chemistry textbooks. *Science & Education*, 30, 1253–1288.

Quilez-Pardo, J. (1995). Student's and teacher's misapplication of Le Châtelier's principle: implications for the teaching of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(9), 939-957.

Sendur, G., Toprak, M. (2013). The role of conceptual change texts to improve students' understanding of alkenes. *Chemistry Education Research and Practice*, 14 4, 431-449.

Treagust, D.F., Chittleborough, G., Mamiala, T.L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25 (11), 1353-1368.