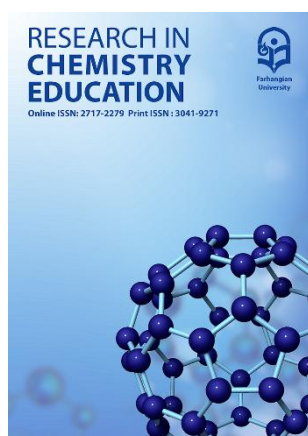


The Importance of education in addressing global warming in high school chemistry textbooks: a comparative content analysis of Iran's new and old educational systems

1. Fazel Ghahramanifard*¹: Department of Chemistry Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran
2. Ahmad Rouhollahi²: Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemistry, K. N. Toosi University of Technology, P.O. Box:16315-1618 Tehran, Iran
3. Fatemeh Rasouli³: Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemistry, K. N. Toosi University of Technology, P.O. Box:16315-1618 Tehran, Iran

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



Abstract:

Background and Objective: Education through formal schooling is one of the most effective strategies for reducing the CO₂ footprint and addressing global warming. By integrating theoretical knowledge with real-life applications, Chemistry textbooks can serve as a platform for conveying environmental concepts and climate change awareness. This study aimed to analyze the content of chemistry textbooks in the new educational system and compare them with those of the former system regarding their attention to global warming and climate change. **Materials and Methods:** A qualitative content analysis with a deductive approach was employed. The research population included all chemistry textbooks from both the new and old educational systems. A framework with four main codes was developed to categorize and code the relevant concepts. **Findings:** The content of the new system's textbooks demonstrates considerably greater attention to global warming-related issues, particularly in the categories of solutions and education/awareness. In contrast, the former system's textbooks show limited focus on the mentioned topics. **Conclusion:** The findings indicate that the new educational system has incorporated more substantial attention to environmental issues and global warming, embedding practical measures and educational content that can enhance students' awareness and attitudes. These content improvements represent a significant step toward strengthening environmental education and fostering well-rounded student development. Nevertheless, there remain opportunities to further enrich fundamental concepts, raise awareness, and promote sustainable attitudes.

Keywords: Global warming, CO₂, Education, Chemistry textbooks, Greenhouse gases.

How to Cite: Ghahramanifard, F., Rouhollahi, A., & Rasouli, F. (2026). The Importance of education in addressing global warming in high school chemistry textbooks: a comparative content analysis of Iran's new and old educational systems. *Research in Chemistry Education*, 8(1), 49-73.

DOI: 10.48310/chemedu.2025.18684.1314



Extended Abstract

Introduction

Global warming and climate change are among the most pressing challenges of the 21st century, demanding structural changes across economic, technological, and educational systems (IPCC, 2021). One critical area for intervention is fostering climate literacy through formal education. Chemistry, as a core science, offers a unique potential to connect theoretical knowledge with real-world environmental applications. Chemistry textbooks can serve as effective platforms for teaching key concepts such as environmental cycles, renewable energy, green chemistry, CO₂ capture, and sustainable technologies.

Research highlights that traditional chemistry education often neglects social, environmental, and ethical dimensions, limiting its ability to prepare climate-literate citizens (Karpudewan et al., 2015). To address this, a shift toward education for sustainable development and STEM-based approaches is essential. Textbook content should not merely convey abstract theories but actively engage students with real-world issues like climate change, fostering critical thinking and responsible behaviors.

In this context, Iranian chemistry textbooks have historically lacked systematic attention to environmental topics, particularly the role of CO₂ in global warming. While science education holds the potential to address such issues, the absence of structured integration has led to their marginalization.

This study aims to analyze and compare the content of chemistry textbooks of the new and old Iranian curricula, focusing on topics related to CO₂, global warming, and climate change. The findings offer insights into whether recent curricular reforms have enhanced environmental education within chemistry and can inform future improvements to better align with the sustainability needs of the 21st century.

Methodology

This study employed a qualitative content analysis with a deductive approach to examine high school chemistry textbooks from both the old and new educational systems. The goal was to identify and categorize concepts related to global warming, greenhouse gases, and carbon dioxide. The analysis included all high school chemistry textbooks: Grades 10–12 (2022–2024 editions) in the new system, and Chemistry 1–3 plus Pre-university Chemistry (2014–2017 editions) in the old system. All textbook chapters were systematically reviewed, and relevant content was extracted. A coding framework with four main categories including Causes, Consequences, Solutions, and Education and Awareness, guided the classification. To ensure validity, two independent chemistry teachers performed the coding. Discrepancies were resolved through discussion, and high inter-coder reliability was obtained (Cohen's Kappa > 0.85).

Results and Discussion

A comparative analysis of high school chemistry textbooks of the old and new educational systems shows that the new system demonstrates significantly greater emphasis on topics related to global warming and greenhouse gases. In the new system, 6 out of 10 chapters (60%) address climate-related topics, whereas in the old system, only 7 out of 16 chapters (43.7%) include such content. The total number of references to global warming and greenhouse gases also increased from 22 in the old system to 28 in the new system. Furthermore, when normalized, the average number of related instances per chapter rose from 1.375 in the old system to 2.8 in the new system. Similarly, the average number of related instances per page increased from 0.047 to 0.076. These results clearly indicate progress in integrating climate-related content into the new curriculum. However, further efforts are needed to enhance the depth, contextual relevance, and pedagogical impact of this material.

For a more detailed analysis, the content of the chemistry textbooks was categorized into four main codes: causes, consequences, solutions, and education and awareness. Table 2 presents the frequency of these categories across both systems. Generally, the new system gives significantly greater attention to global warming topics (36 instances vs. 8 in the old system). The solutions category is most prominent (14 instances), reflecting a focus on mitigation actions, followed by education and awareness (10 instances), emphasizing the importance of building environmental understanding among students. In contrast, the old system provides very limited coverage of these categories.

Table 1- Distribution of primary codes in chemistry textbooks under the new and old Systems

Primary Code		Causes	Consequences	Solutions	Education & Awareness
New curricula	10 th grade	3	6	5	5
	11 th grade	3	-	4	2
	12 th grade	-	-	5	4
	Total	6	6	14	11
Old curricula	10 th grade	5	6	6	5
	11 th grade	-	-	-	-
	12 th grade	-	-	1	1
	Pre-university	1	-	3	1
	Total	6	6	10	7

Conclusions

Based on the content analysis of chemistry textbooks of the old and new educational systems, notable differences emerge regarding their treatment of environmental issues, particularly global warming. The analysis categorized the content into four main codes: causes, consequences, solutions, and education/awareness. As shown in Table 1, the new system demonstrates greater attention to global warming-related topics, with 37 instances compared to 29 in the old system—reflecting a shift toward more environmentally conscious education.

In the new curriculum, the ‘solutions’ category is most prominent (14 instances), indicating a practical approach to addressing climate change. The ‘education and awareness’ category (11 instances) also receives significant emphasis, fostering environmental values and attitudes among students. ‘Causes and consequences’ are more systematically presented than the old system, promoting a deeper understanding of global warming’s nature and impacts.

However, some gaps remain. The consequences of global warming receive less emphasis, which may limit students' emotional engagement and understanding of the crisis's real-world effects. Similarly, the limited focus on causes suggests a need for deeper exploration of the scientific mechanisms behind global warming.

Therefore, the new system marks clear progress in integrating environmental education and promoting responsible attitudes toward climate change. Yet, further enhancements are needed to strengthen fundamental concepts, enrich understanding, and foster sustainable mindsets among students.

Recommendations for Curriculum Planners, Educational Policymakers, and Textbook Authors

Given the urgency of addressing global warming and its potential threats to future generations, several recommendations for curriculum planners, educational policymakers, and authors of high school chemistry textbooks are proposed. These suggestions can be incorporated into various sections of textbooks, including the main text, margins, ‘Did You Know?’ sections, websites, teacher guides, and virtual platforms such as the Ministry’s official website, specialized channels, and groups:

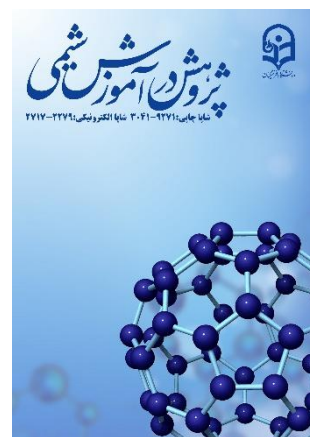
- **Comprehensive Coverage Across All Chapters and Grades:** Ensure that topics related to global warming, environmental issues, and climate change are addressed consistently across all chapters and grade levels, fostering a continuous learning experience.
- **Alignment with Global Standards:** Incorporate best practices from international curricula to ensure that Iranian students receive an education aligned with global environmental challenges and standards.
- **Clear Presentation of Potential Consequences:** Clearly articulate the potential consequences of global warming and rising temperatures, avoiding vague or overly general statements that may fail to engage students.
- **Highlight the Contribution of Each Gas to the Greenhouse Effect:** Specify the role of each greenhouse gas (e.g., CO₂, methane, nitrous oxide) in contributing to Earth's greenhouse effect, providing a nuanced understanding of their impacts.
- **Introduction of All Greenhouse Gases:** Introduce all major greenhouse gases and explain why they have the ability to absorb infrared radiation, enhancing students' scientific literacy.
- **Update Graphs on CO₂ Concentration Trends:** Update graphs showing recent trends in CO₂ concentrations and introduce www.CO2.earth as an official and online reference for reporting its concentration in the textbook.
- **Include Warning Thresholds:** Provide information on warning thresholds for global average temperature and atmospheric CO₂ concentrations, emphasizing their significance in mitigating climate change.
- **Chemistry of Carbon Dioxide:** Discuss the molecular structure of carbon dioxide, its stability, and its low reactivity, linking these properties to its role in the atmosphere.
- **Potential Conversion of CO₂:** Highlight the possibility of converting CO₂ into useful organic compounds such as methanol, formic acid, formaldehyde, etc., showcasing innovative solutions to reduce emissions.
- **Necessary Actions to Reduce CO₂ Emissions:** Address actions needed to reduce CO₂ emissions, such as transitioning to renewable energy sources and adopting sustainable practices.
- **Role of Students and Families:** Emphasize the role of students and their families in reducing CO₂ emissions and combating global warming, encouraging community-level engagement.
- **School-Based CO₂ Reduction Programs:** Develop programs for students to reduce their school's carbon footprint, fostering hands-on learning and environmental stewardship.
- **Teacher Empowerment Programs:** Conduct in-person or online training programs for chemistry teachers to enhance their knowledge and ability to teach climate-related topics effectively.
- **Virtual Channels for Environmental Awareness:** Create channels on platforms like SHAD to upload content and videos addressing environmental challenges and global warming for students and teachers nationwide, promoting widespread awareness.
- **Introduction of Specialized Websites:** Recommend virtual platforms that provide up-to-date and specialized information on global warming, its impacts, and related concerns, ensuring access to reliable resources.
- **Revision of Practical Chemistry Teaching Plans:** The planning and teaching of practical chemistry courses in secondary education should be revisited and updated.
- **Inclusion of Inquiry-Based Experiments:** Provide experiments related to CO₂ reduction in the form of "Explore and Discover" activities or include them in laboratory manuals so that students can practically experience reducing their carbon footprint in everyday activities. Emphasis should also be placed on adhering to safety protocols during these experiments.

اهمیت آموزش در مقابله با گرمایش جهانی در کتاب‌های شیمی متوسطه: مقایسه محتوای کتاب‌های شیمی نظام آموزشی جدید با قدیم در ایران

۱. فاضل قهرمانی فرد*^۱؛ گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۱۸۱۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران
 ۲. احمد روح الهی^۲؛ گروه شیمی تجزیه، دانشکده شیمی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، صندوق پستی: ۱۶۱۸-۱۶۳۱۵، تهران، ایران
 ۳. فاطمه رسولی^۳؛ گروه شیمی تجزیه، دانشکده شیمی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، صندوق پستی: ۱۶۱۸-۱۶۳۱۵، تهران، ایران
- *پست الکترونیک نویسنده مسئول: f.ghahramanifard@cfu.ac.ir

چکیده

پیشینه و اهداف: آموزش از طریق نظام آموزشی یکی از موثرترین روش‌ها برای کاهش ردپای CO₂ و مقابله با گرمایش جهانی است. کتاب‌های درسی شیمی، با برخورداری از ظرفیت تلفیق دانش نظری با مصادیق ملموس زندگی روزمره، می‌توانند به عنوان بستری برای انتقال مفاهیم زیست محیطی و تغییرات اقلیم عمل کنند. پژوهش حاضر با هدف تحلیل محتوای کتاب‌های شیمی نظام آموزشی جدید و مقایسه آن‌ها با کتاب‌های نظام قدیم، از منظر توجه به مقوله‌های مرتبط با گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی انجام شده است. **روش‌ها:** در این پژوهش از روش تحلیل محتوای کیفی با رویکرد قیاسی استفاده شد. جامعه پژوهش شامل کلیه کتاب‌های درسی شیمی نظام جدید و قدیم بوده و برای طبقه‌بندی مفاهیم، چارچوبی با چهار کد اصلی طراحی و کدگذاری شدند. **یافته‌ها:** محتوای کتاب‌های نظام جدید به مراتب توجه بیشتری به مقوله‌های مرتبط با گرمایش جهانی دارد که بیشترین مورد آن در مقوله راهکارها و آموزش و آگاهی است. در مقابل، در نظام قدیم تمرکز بر این مقوله‌ها محدود بوده است. **نتیجه‌گیری:** بررسی‌ها نشان می‌دهد، نظام آموزشی جدید به طور جدی‌تر به مسائل زیست محیطی و گرمایش جهانی توجه کرده و در محتوای آموزشی، اقدامات عملی و آموزش‌های لازم را برای مقابله با این مسئله معرفی کرده که می‌تواند به بهبود آگاهی و نگرش دانش‌آموزان کمک کند. این تغییرات محتوایی در نظام جدید به عنوان یک امر مهم در جهت تقویت آموزش‌های زیست محیطی و تربیت جامع‌اندیش‌آموزان است. با وجود پیشرفت‌ها، هنوز فرصت‌هایی برای تقویت مفاهیم بنیادی، افزایش آگاهی و پرورش نگرش‌های پایدار وجود دارد.



نوعه استناددهی: قهرمانی فرد، فاضل، روح‌الهی، احمد، و رسولی، فاطمه. (۱۴۰۵). اهمیت آموزش در مقابله با گرمایش جهانی در کتاب‌های شیمی متوسطه: مقایسه محتوای کتاب‌های شیمی نظام آموزشی جدید با قدیم در ایران. پژوهش در آموزش شیمی، ۸(۱)، ۷۳-۴۹.

DOI:

10.48310/chemedu.2025.18684.1314

کلیدواژه‌گان: گرمایش جهانی، دی‌اکسید کربن، آموزش، کتاب‌های درسی شیمی، گاز گلخانه‌ای.



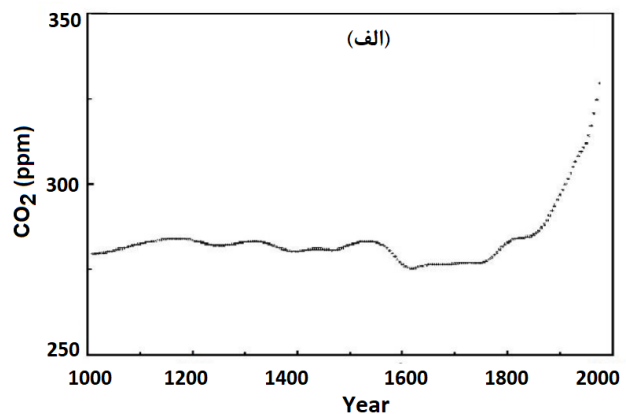
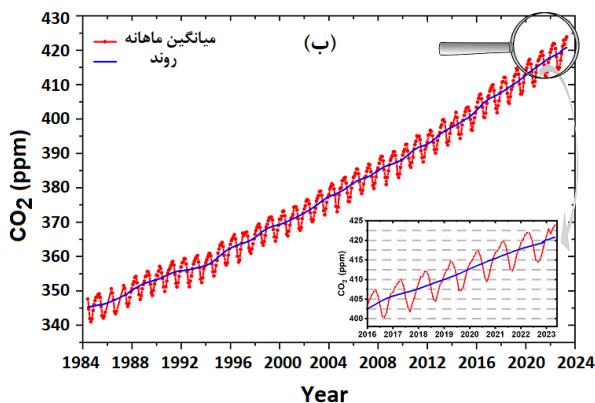
اثر گلخانه‌ای و عوامل موثر در گرمایش زمین

یکی از بزرگترین چالش‌ها و نگرانی‌های قرن حاضر، گرمایش جهانی^۱ کره زمین از طریق اثر گلخانه‌ای^۲ است. در دهه‌های اخیر، اثر گلخانه‌ای تشدید یافته و تهدیدی جدی برای حیات روی کره محسوب می‌شود. در میان گازهای گلخانه‌ای منتشرشده به هواکره در سال ۲۰۲۳، کربن دی‌اکسید (CO₂) حاصل از سوخت‌های فسیلی با ۷۳٪ درصد بیشترین سهم، متان با ۱۸/۹ درصد، نیتروژن‌اکسید با ۴/۷ درصد و فلئوئورکربن‌ها با ۲/۷ درصد در رده‌های بعدی هستند (کریپا^۳ و همکاران، ۲۰۲۴) (جدول ۱).

جدول ۱- منبع و درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۲۳ (کریپا و همکاران، ۲۰۲۴)

گاز گلخانه‌ای	منبع انتشار	درصد انتشار در ۲۰۲۳
CO ₂	سوختن سوخت‌های فسیلی، جنگل‌زدایی	۷۳/۷
CH ₄	زیست توده ^۴ ، ضایعات کشاورزی	۱۸/۹
N ₂ O	استفاده از کودها	۴/۷
HFC و CFC	سردسازی در یخچال و کولر ...	۲/۷

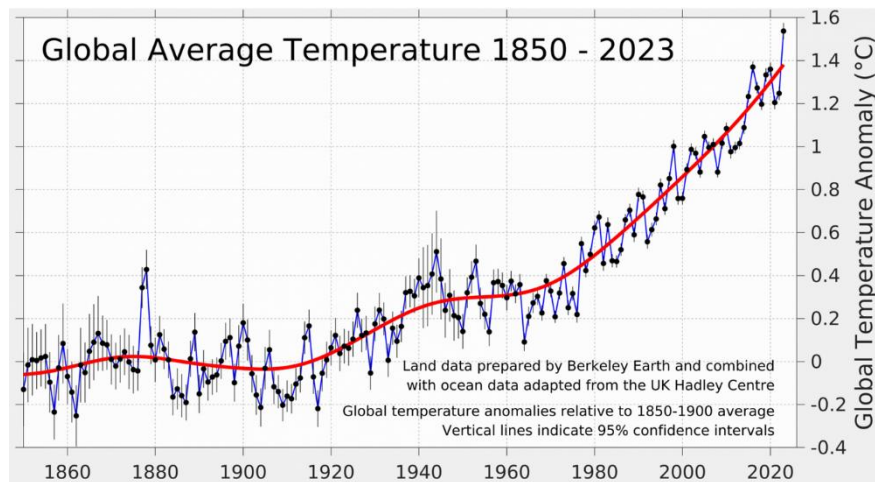
با توجه به مقدار زیاد CO₂ در هواکره، این گاز نقش عمده‌ای در گرمایش کره زمین دارد. در سال ۲۰۲۳، ۵۳ میلیارد تن CO₂ وارد هواکره شده‌است. با افزایش جمعیت جهان و صنعتی شدن کشورها، اکتشاف و سوزاندن سوخت‌های فسیلی اعم از نفت، گاز طبیعی و زغال سنگ باعث افزایش غلظت CO₂ از ۲۷۰ ppm در قبل از انقلاب صنعتی به ۴۲۶ ppm در حال حاضر (دی ماه ۱۴۰۳) شده و سالانه ۲ ppm بر مقدار آن افزوده می‌شود. روند تغییرات غلظت CO₂ در هواکره در ۱۰۰۰ و ۶۰ سال اخیر در نمودار (۱) نشان داده شده‌است. همانطورکه دیده می‌شود، غلظت CO₂ در طی هزاران سال ثابت بوده و روند افزایشی آن از قرن بیستم و انقلاب صنعتی، افزایشی شده‌است (وگا^۵ و همکاران، ۲۰۲۰).



نمودار ۱- غلظت CO₂ در هواکره طی الف) هزار و ب) ۴۰ سال اخیر (وگا و همکاران، ۲۰۲۰)

¹ global warming
² greenhouse effect
³ Crippa, M
⁴ biomass
⁵ Elwyn de la Vega

گرم شدن کره زمین، نتیجه افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در هواکره است. در نمودار (۲) تغییرات میانگین دمای کره زمین از سال ۱۸۶۰ تا ۲۰۲۰ نشان داده شده است. در این نمودار، تغییرات دمای کره زمین نسبت به میانگین دما بین سال‌های ۱۸۵۰ تا ۱۹۰۰ نشان داده شده است. این نمودار به وضوح نشان می‌دهد، دمای کره زمین در سال ۲۰۲۳ نسبت به میانگین دمای سال‌های ۱۸۵۰ تا ۱۹۰۰، حدود ۱/۵ درجه بالاتر است (رود^۱، ۲۰۲۴). اگر این روند ادامه پیدا کند؛ در اواسط همین قرن، این افزایش به ۴/۵ درجه سلسیوس خواهد رسید. برای محدود کردن این مقدار به ۲/۴ - ۲ درجه سلسیوس (که مرز بحران محسوب می‌شود)، انتشار CO₂ در سال ۲۰۵۰ باید به مقدار ۸۰ - ۵۰ درصد مقدار آن در سال ۲۰۰۰ کاهش یابد.



نمودار ۲- تغییرات دمای کره زمین نسبت به میانگین دما بین سال‌های ۱۸۵۰ تا ۱۹۰۰ (رود، ۲۰۲۴)

گرم شدن کره زمین پیامدهای ناگواری به همراه دارد که حیات را در آن به خطر خواهد انداخت. از جمله این پیامدها می‌توان به ذوب شدن برف و یخ‌های قطبی، بالا آمدن سطح دریاها و اقیانوس‌ها و زیر آب رفتن شهرها و کشورهای ساحلی، گرمای طاقت فرسا، تبخیر آب و از بین رفتن رطوبت خاک، ریزش باران‌های سهمگین و ایجاد سیل‌های ویرانگر، ایجاد طوفان‌ها و رعد و برق‌های شدید، آتش سوزی‌های گسترده، از بین رفتن بعضی گونه‌های جانوری و هجوم بعضی حشرات و پخش بیماری زیاد اشاره کرد.

روش‌های مقابله با گرمایش جهانی

با بررسی تاثیر افزایش غلظت CO₂ بر افزایش دما و گرم شدن کره زمین، همچنین سمی بودن این گاز و تاثیر بر سلامتی انسان (گویاس^۲ و همکاران، ۲۰۱۱) راهکارهای زیر می‌تواند، این نگرانی‌ها را بهبود بخشد (تیمر^۳، ۲۰۲۰):

• کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی

اولین راهکار مهم، کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی است. ۷۰ الی ۷۵ درصد انتشار CO₂ (وابسته به فعالیت‌های انسانی) در سراسر جهان، به علت استفاده از سوخت‌های فسیلی است. جایگزین کردن سوخت‌های فسیلی با سوخت‌هایی که کربن پایینی دارند، سریع‌ترین راه برای بهبود وضعیت آب و هوا است.

¹ Robert Rohde

² Guais

³ Koen Timmers

- انرژی‌های تجدیدپذیر

برای گذر از سوخت‌های فسیلی، نیاز به منابع انرژی تجدیدپذیر با کربن پایین است که تاثیر منفی کمتری روی کره زمین داشته‌باشد. بهترین جایگزین برای سوخت‌های فسیلی، انرژی الکتریسته است که به وسیله خورشید و باد ایجاد می‌شود. این منابع هم چالش‌های خاص خودشان را دارند چون منابعی جدید هستند، باید بازدهی تهیه الکتریسته از این روش‌ها افزایش یابد. بعضی از کشورها از انرژی زمین گرمایی^۱ نیز استفاده می‌کنند (رضایی و اندرسون، ۲۰۱۹).

- حمل و نقل الکتریکی

خودروهای الکتریکی بازدهی بالایی نسبت به خودروهای با موتور معمولی دارند. علاوه بر این، آن‌ها گازهای گلخانه‌ای تولید نمی‌کنند و برای سلامتی ما مفید هستند. از دیدگاه توسعه پایدار، خودروهای الکتریکی یک فرصت عظیم برای کشورها باید تلقی شود. در حال حاضر، قیمت بالای تولید و زیرساخت‌های شارژ آنها چالش اساسی محسوب می‌شود که انتظار می‌رود این مشکلات با گذر زمان هموار شود، چون این تکنولوژی در مسیر درستی قرار گرفته‌است (هاوکنز^۳ و همکاران، ۲۰۱۲).

- بهبود ساختمان‌سازی و زیرساخت‌های مربوط به آن

سیستم گرما و خنک‌کنندگی ساختمان‌ها انرژی زیادی مصرف می‌کند. باید بازدهی آنها بهبود پیدا کند و از هدر رفت انرژی جلوگیری شود. با قراردادن عایق‌های حرارتی در سقف و کف، همچنین شیشه‌ها و در و پنجره‌ها می‌توان از تبادل گرما، سرما و اتلاف انرژی جلوگیری کرد.

- ایجاد تغییرات در صنعت و کارخانه‌ها

انقلاب صنعتی، شروع تغییرات منفی در آب و هوای کره زمین بود. باید درباره فرآیندهای صنعتی، تغییر و تعمیر آن‌ها فکر اساسی کرد تا آسیب کمتری به محیط زیست وارد کنند. بسته به بخش‌های مختلف یک واحد صنعتی، می‌توان با اعمال روش‌هایی از جمله بالابردن بازدهی تولید، تغییر منبع انرژی به الکتریسته، به دام انداختن CO₂ تولید شده قبل از ورود به هواکره و استفاده بهینه از مواد و ترکیبات، از انتشار مقدار زیادی CO₂ جلوگیری کرد (آیبیگامی^۴ و همکاران، ۲۰۲۴).

- بازنگری در مصرف محصولات کشاورزی و غذایی

تولید غذا یکی از عوامل عمده تغییر آب و هوا و از بین رفتن تنوع زیستی در کره زمین است. در این بخش، مصرف‌کننده‌ها نقش اساسی دارند. با تغییر عادت‌های غذایی، می‌توان در این بخش از انتشار مقدار زیادی CO₂ جلوگیری کرد.

- جمع‌آوری CO₂ از هواکره و تبدیل آن به مواد مفید

¹ geothermal energy

² Anderson & Rezaie

³ Hawkins

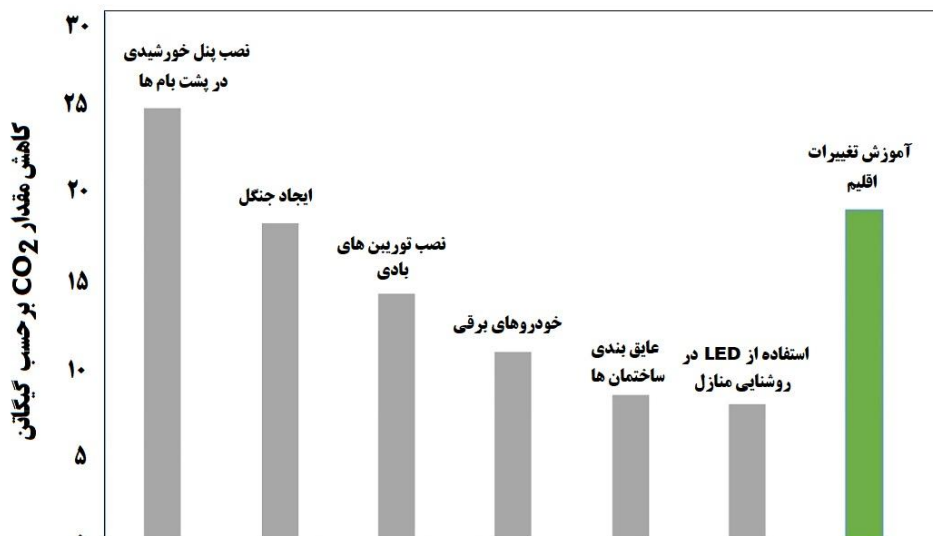
⁴ Ibigami

آسان‌ترین، ارزان‌ترین و موثرترین روش حذف CO₂ از هواکره، درختکاری و ایجاد جنگل و کمربندهای سبز است. درختان CO₂ را از هواکره جذب کرده و به صورت امن آن را ذخیره می‌کنند. تخمین زده شده اگر یک تریلیون درخت در کره زمین کاشته شود، مشکل گرم شدن کره زمین حل خواهد شد و با توجه به بزرگی کره زمین، کاشت این تعداد درخت عملی است.

روش‌های زیادی برای جذب CO₂ از هواکره و ذخیره آن در زیرزمین و یا تبدیل آن به مواد معدنی و آلی وجود دارد. هر چند این روش‌ها هزینه بر هستند، در سال‌های اخیر، گروه‌های تحقیقاتی زیادی از کشورهای مختلف، روی تبدیل CO₂ به مواد مفید کار کرده‌اند (رضایی و رونقی، ۲۰۲۵). هر چند CO₂ واکنش پذیری پایینی داشته و فعال کردن آن کار سختی است ولی موفقیت‌های زیادی در این زمینه منتشر شده‌است. از جمله با روش‌های شیمیایی، الکتروشیمیایی و فوتوالکتروشیمیایی (قهرمانی فرد و همکاران، ۲۰۱۸) توانستند این مولکول را به مواد مفیدی مثل متان، فرمالدهید، استیک اسید، فرمیک اسید، متانول و ... تبدیل کنند (آمینو^۱ و همکاران، ۲۰۱۷؛ ساکاکورا^۲ و همکاران، ۲۰۰۷، یینگ لی^۳ و همکاران، ۲۰۲۵). همچنین می‌توان CO₂ را به صورت مستقیم یا غیرمستقیم به پروتئین‌های مصنوعی، لیپید، کربوهیدرات، کودها و موادی دیگر که مرتبط با غذای انسان هستند، تبدیل کرد (فانس و بروس^۴، ۲۰۱۷).

• آموزش، نهادینه‌سازی و توانمندسازی افراد از طریق نظام‌های آموزشی

یکی از روش‌های کارآمد مقابله با گرمایش جهانی، آموزش موضوعات مرتبط با تغییرات اقلیم و تربیت و توانمندسازی افراد جامعه از سنین کودکی در مدارس است. مقایسه روش‌های مختلف گفته شده در بالا، نشان می‌دهد، اگر آموزش به صورت درست و اصولی انجام بگیرد؛ در یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۲۰ - ۲۰۵۰) می‌تواند تا سال ۲۰۵۰ از انتشار حدود ۱۹ میلیارد تن CO₂ جلوگیری کند (کوردرو و همکاران، ۲۰۲۰). (نمودار ۳).



نمودار ۳- مقایسه کاهش مقدار CO₂ با به کارگیری روش‌های مختلف در یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۲۰ - ۲۰۵۰) (کوردرو و همکاران، ۲۰۲۰).

¹ Aminu
² Sakakura
³ Ying Li
⁴ Faunce & Bruce

آموزش، بهترین شیوه نهادینه کردن عادت‌های مثبت و تغییر نگرش‌ها است. مدرسه تاثیرگذارترین محیط برای آموزش است که از دوران کودکی و نوجوانی می‌تواند، عادت‌ها و نگرش‌های مثبت را نهادینه کند. نظام آموزشی با آموزش‌های درست و هشدار به موقع می‌تواند، سبک زندگی آیندگان را تغییر دهد. نظام آموزشی می‌تواند، افرادی مسئولیت‌پذیر، مدیران، مهندسان، صنعتگران، دولت‌مردان و آینده‌سازانی تربیت کند که کره زمین را از این بحران خارج کنند. به عنوان مثال، مطالعه تحقیقاتی در سال ۲۰۲۰ نشان داده اگر ۱۶ درصد دانش‌آموزان دبیرستان (اعم از دوره اول و دوم) درباره تغییرات اقلیمی کره زمین مطالعه داشته باشند، نتیجه آن کاهش انتشار ۱۹ میلیارد تن CO₂ در سال ۲۰۵۰ خواهد بود (کوردرو^۱، ۲۰۲۰). سازمان علمی، آموزشی و فرهنگی سازمان ملل متحد (یونسکو^۲) در جدیدترین گزارش خود به نقش آموزش در بهبود شرایط زیست محیطی کره زمین پرداخته و اعلام کرده سطح آموزش بالاتر، احتمال بروز رفتارهای سازگار با تغییرات اقلیمی را در افراد افزایش می‌دهد (یونسکو، ۲۰۲۴).

نقش مدارس و نظام آموزشی در کاهش انتشار CO₂ و مقابله با گرمایش جهانی

آموزش و پرورش، چه رسمی و چه غیررسمی، کلید حل مشکل گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی است. آموزش در این زمینه شامل بهبود دانش، افزایش آگاهی و تغییر نگرش‌ها، باورها و رفتارها است. از اواخر دهه ۱۹۶۰ و با ظهور نگرانی‌های زیست محیطی مدرن، سازمان‌های دولتی و غیردولتی، آموزش را وسیله‌ای کلیدی برای ترویج آگاهی و مسئولیت‌پذیری جهانی، دیده‌اند. در سال ۱۹۹۲، نمایندگان ۱۷۸ کشور در کنفرانس محیط زیست و توسعه سازمان ملل (UNCED^۳) در شهر ریو برزیل، بر روی برنامه‌ای برای حل مشکلات زیست محیطی و توسعه به توافق رسیدند. چندین بخش از این توافق بر اهمیت آموزش و پرورش تاکید کرده‌است. آموزش و پرورش برای ترویج توسعه پایدار و بهبود عملکرد مردم در قبال مسائل زیست محیطی و توسعه، ضروری است. آموزش رسمی و غیررسمی، برای تغییر نگرش و سبک زندگی مردم در جهت توسعه پایدار، حیاتی است (شراینر^۴ و همکاران، ۲۰۰۵).

توانمندسازی^۵، کلید تبدیل دانش به عمل است. توانمند کسی است که درک عمیقی از مسئله (و پیامدهای انسانی و زیست محیطی آن) داشته و احساس درونی آن این است که این مسئله را حل کند. توانمندسازی افراد در مسائل زیست محیطی، یکی از دغدغه‌های پژوهشگران است. افراد توانمند در موضوعات زیست محیطی، افرادی هستند که احساس می‌کنند، می‌توانند با انتخاب‌های روزانه در زندگی شخصی و انتخاب‌های درست در تصمیم‌گیری‌ها، در جهان تفاوت ایجاد کنند (شراینر، ۲۰۰۵). برای توانمندسازی افراد در مسائل تغییرات اقلیمی، یک شخص باید احساس کند که می‌تواند آینده جهان را تحت تاثیر قرار دهد، به درگیر شدن در مسائل آب و هوایی و زیست محیطی علاقه داشته‌باشد و این موضوع را برای آینده جامعه مهم پندارد. همچنین دانش کافی درباره موضوعات علم تغییرات اقلیمی، راه‌حل‌ها در زندگی شخصی، راه‌حل‌های فنی و سیاسی و مجاری تاثیرگذاری از طریق سیاست و سازمان‌ها را داشته باشد.

مدرسه فقط جایی برای دریافت دانش، مهارت و تجربه برای دانش‌آموزان نیست. مدارس، بزرگترین مشاغل، کارفرماها، مدیران محیط زیست، فضایی برای رویدادهای مهم و مراکز اجتماعی هستند. آنها به مشاغل محلی، حکومت‌ها، رسانه‌ها و نشانه‌های اجتماعی مرتبط هستند. از این منظر، مدارس می‌توانند، در سه حوزه نقش ایفا کنند (تیمر و همکاران، ۲۰۲۰):

¹ Eugene C. Cordero

² The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

³ United Nations Conference on Environment and Development

⁴ Camilla Schreiner

⁵ Empowerment

۱) دستیابی به تاثیر مستقیم

مدارس می‌توانند، با نهادینه کردن اصول توسعه پایدار در دانش‌آموزان، نقش مثبتی در ایجاد آینده توسعه‌یافته، داشته باشند. مدارس می‌توانند، تغییرات مثبتی در سیاست پیرامون تولید لوازم التحریر، پذیرایی، تامین انرژی، زیرساخت‌های سبز، مدیریت فضاها و ... داشته باشند. در این مسیر، می‌توان با ایجاد مدارس دوست‌دار طبیعت و حمایت از اقتصاد سبز، ردپای انرژی و آب را کاهش داده و تنوع زیستی را بهبود بخشید.

۲) ایجاد زندگی پایدار^۱ برای دانش‌آموزان

درگیر کردن دانش‌آموزان در اجرای تمرینات پایدار در مدرسه می‌تواند، به فهم و به کار بستن این اصول در محیط‌های دیگر و فراتر از مدرسه نیز کمک کند. آن‌ها مشاهده و تجربه اولیه را در مدرسه انجام داده و با امیدواری به داشتن عادت‌های مثبت، سعی خواهند کرد؛ در بیرون از مدرسه و در محیط بیرون نیز این عادت‌ها را رعایت کنند.

۳) نمایشی تاثیرگذار از تمرین توسعه پایدار

چون تاثیرگذاری و نفوذ مدرسه، فراتر از دانش‌آموزان و کارکنان خودش است، به کاربردن سیاست‌های توسعه پایدار در آن، به ترویج، تشویق و عادی‌سازی سیاست‌های پایدار کمک می‌کند. با انتقال تصمیم‌های پیرامون سیاست‌ها و شیوه‌ها به دانش‌آموزان و خانواده‌های آنها، کارکنان، تامین کنندگان، رسانه‌های محلی و تصمیم‌گیرندگان، مدارس می‌توانند، فعالیت‌های مثبت قابل انجام برای کره زمین را به نمایش بگذارند.

نقش کتاب‌های درسی شیمی، در ارتقای سواد اقلیمی و کاهش انتشار CO₂

گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی، به عنوان چالش‌های وجودی قرن بیست‌ویکم، به دغدغه‌ای جهانی برای نهادهای علمی، سیاست‌گذاران و جوامع مدنی بدل شده‌اند. مطابق با گزارش ششم هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم (IPCC^۲, ۲۰۲۱)، برای جلوگیری از عبور دمای متوسط جهانی از آستانه هشدار، نیازمند تغییرات ساختاری در نظام‌های اقتصادی، فناوریانه و آموزشی هستیم. یکی از مهم‌ترین این تغییرات، نهادینه‌سازی سواد اقلیمی در سطوح پایه نظام آموزشی است. فرآیندی که بدون بازنگری جدی در محتوای کتاب‌های درسی، به‌ویژه علوم پایه نظیر شیمی، به نتیجه نخواهد رسید.

علم شیمی، به دلیل پیوند عمیق با پدیده‌های طبیعی، صنعتی و زیست‌محیطی، جایگاه منحصر به فردی در آموزش توسعه پایدار دارد. کتاب‌های درسی شیمی، با برخورداری از ظرفیت تلفیق دانش نظری با مصادیق ملموس زندگی روزمره، می‌توانند، به عنوان بستری برای انتقال مفاهیمی چون چرخه‌های زیست‌محیطی، انرژی‌های تجدیدپذیر، فرآیندهای شیمی سبز، بازیافت منابع، و فناوری‌های جذب و تبدیل CO₂ عمل کنند (مهافی^۳ و همکاران، ۲۰۱۹ و بورمیستر^۴ و همکاران، ۲۰۱۲). آموزش این مفاهیم در قالب مسئله‌محور، ضمن تقویت مهارت‌های تفکر انتقادی و بین‌رشته‌ای، موجب ارتقای فهم دانش‌آموزان از نقش علوم در تحلیل و حل بحران‌های زیست‌محیطی معاصر می‌شود. از منظر نظری، نظریه یادگیری موقعیتی^۵ و رویکردهای جامعه‌محور در آموزش علوم، بر اهمیت ایجاد پیوند میان دانش علمی و موقعیت‌های واقعی اجتماعی تأکید می‌کنند. بر این اساس، کتاب‌های درسی، نباید صرفاً محملی برای انتقال مفاهیم انتزاعی باشند، بلکه باید فضایی

¹ sustainability

² Intergovernmental Panel on Climate Change

³ Mahaffy

⁴ Burmeister

⁵ Situated Learning Theory

برای مواجهه یادگیرنده با مسائل پیچیده دنیای واقعی، از جمله تغییرات اقلیمی، فراهم کنند. مطالعات، نشان داده‌اند که آموزش شیمی در قالب‌های سنتی، فاقد ابعاد ارزشی، اجتماعی و زیست‌محیطی است و نمی‌تواند دانش‌آموزان را به شهروندانی اقلیم‌محور و آگاه بدل سازد (کارپودوان^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). از این رو، بازطراحی محتوای کتب درسی بر پایه اصول آموزش برای توسعه پایدار و با رویکرد STEM^۲، ضرورتی است که هم از منظر اخلاقی و هم از منظر علمی، باید در کانون سیاست‌گذاری آموزشی قرار گیرد.

در این میان، آموزش شیمی، ظرفیت ممتازی در تبیین و تحلیل نقش واکنش‌های شیمیایی، مسیرهای متابولیسی، فرآیندهای صنعتی در تولید و مصرف و کاهش گازهای گلخانه‌ای دارد. مفاهیمی مانند بازده انرژی، واکنش‌های سوختن، کاتالیزورها، چرخه کربن و طراحی مولکول‌های پایدار، می‌توانند به زبان قابل فهم در سطح دبیرستان طرح شده و در قالب فعالیت‌های آزمایشگاهی، مطالعات موردی و پروژه‌های میدانی ارائه گردند. چنین رویکردی می‌تواند، به‌ویژه در سنین شکل‌گیری هویت علمی و زیست‌محیطی، در نهادینه‌سازی رفتارهای مسئولانه و آگاهانه نسبت به محیط‌زیست و مصرف انرژی، مؤثر واقع شود. در نهایت، نظام‌های آموزشی که محتوای درسی آن‌ها از منظر اقلیمی و محیط‌زیستی به‌روزرسانی نشده‌اند، عملاً فرصت تاریخی تربیت نسل آینده‌ساز را در مواجهه با بزرگ‌ترین بحران زیست‌محیطی سده حاضر از دست می‌دهند. از این منظر، کتاب‌های درسی شیمی، نه تنها متون علمی، بلکه اسناد راهبردی برای ساخت آینده‌ای کم‌کربن و پایدار به شمار می‌روند. بررسی و تحلیل محتوای این کتاب‌ها می‌تواند، تصویری روشن از میزان تعهد نظام آموزشی به اهداف اقلیمی و توسعه پایدار ارائه دهد و گامی مهم در راستای بهبود و بازطراحی آن‌ها باشد.

با توجه به آنچه گفته شد، یکی از خلأهای اساسی در آموزش شیمی در ایران، فقدان توجه نظام‌مند به موضوعات زیست‌محیطی از جمله نقش CO₂ در گرمایش جهانی در محتوای رسمی کتاب‌های درسی است. گرچه آموزش علوم تجربی ذاتاً ظرفیت پرداختن به این مسائل را دارد، اما نبود چارچوب‌های مشخص برای ادغام آموزش محیط‌زیستی در ساختار درسی، موجب نادیده‌گرفتن یا کم‌رنگ شدن این مباحث کلیدی در کتب درسی شده است. از این رو، بررسی میزان و نحوه پرداختن به این موضوعات در کتاب‌های درسی شیمی، به‌ویژه در دوره متوسطه دوم، ضروری به نظر می‌رسد.

پژوهش حاضر با هدف تحلیل محتوای کتاب‌های شیمی نظام آموزشی جدید و مقایسه آن‌ها با کتاب‌های نظام قدیم، از منظر توجه به مقوله‌های مرتبط با CO₂، گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی انجام شده است. این مقایسه تطبیقی می‌تواند، نشان دهد که آیا بازنگری‌های صورت‌گرفته در ساختار برنامه درسی جدید، به بهبود آموزش زیست محیطی و اقلیمی در حوزه شیمی منجر شده است یا خیر. نتایج این پژوهش می‌تواند، در جهت اصلاح و غنای محتوای آموزشی شیمی، متناسب با نیازهای زیست‌محیطی قرن حاضر، راه‌گشا باشد.

پیشینه پژوهش

مطالعات متعددی به بررسی محتوای کتاب‌های شیمی دبیرستان در ایران از جنبه‌های مختلف پرداخته‌اند. برای نمونه، داداش‌زاده و حقیقت (۱۴۰۳) نشان دادند که انواع فعالیت‌های آزمایشگاهی به‌طور متوازن در کتاب‌های شیمی پوشش داده نشده‌اند. گلستانه و همکاران (۱۴۰۳) در مقایسه برنامه درسی شیمی ایران و

¹ Karpudewan

² Science, Technology, Engineering, and Mathematics

انگلستان دریافتند که تمرکز در برنامه درسی ایران بر دانش محض و محاسبات پیچیده است، در حالی که در انگلستان به نیازهای دانش‌آموز به‌عنوان شهروند آگاه توجه می‌شود. طیبی و همکاران (۱۳۹۲) نیز به کم‌توجهی به انرژی‌های تجدیدپذیر در کتاب‌های درسی اشاره کرده‌اند. همچنین احمدی و خدایی (۱۴۰۱) نشان داده‌اند که از اصول دوازده‌گانه شیمی سبز، تنها به دو اصل آن، آن‌هم به صورت غیرمستقیم در برنامه درسی ایران اشاره شده‌است، در حالی که کشورهای توسعه‌یافته شش اصل را آموزش می‌دهند. با این حال، بر اساس جستجوهای انجام‌شده، تاکنون مطالعه‌ای به بررسی صریح محتوای کتاب‌های شیمی دبیرستان از منظر گرمایش جهانی و انتشار CO₂ نپرداخته است.

روش پژوهش

در این پژوهش، به‌منظور بررسی محتوای کتاب‌های درسی شیمی نظام‌های آموزشی قدیم و جدید از روش تحلیل محتوای کیفی با رویکرد قیاسی استفاده شد. این روش با هدف شناسایی، طبقه‌بندی و تحلیل مفاهیم مرتبط با گرمایش جهانی، گازهای گلخانه‌ای و CO₂ در متون درسی مورد استفاده قرار گرفت. رویکرد قیاسی به این معناست که پژوهش با در نظر گرفتن مفاهیم نظری و موضوع‌های از پیش تعیین‌شده، اقدام به بررسی و کدگذاری داده‌ها می‌کند.

جامعه پژوهش شامل کلیه کتاب‌های درسی شیمی دوره متوسطه دوم در دو نظام آموزشی قدیم و جدید است. در نظام جدید، مجموعه کتاب‌های شیمی سال‌های دهم (چاپ ۱۴۰۱)، یازدهم (چاپ ۱۴۰۲) و دوازدهم (چاپ ۱۴۰۳) و در نظام قدیم، مجموعه کتاب‌های شیمی (۱) (چاپ ۱۳۹۳)، شیمی (۲) (چاپ ۱۳۹۴)، شیمی (۳) (چاپ ۱۳۹۵) و شیمی دوره پیش دانشگاهی (چاپ ۱۳۹۶) مورد تحلیل قرار گرفت. برای هر کتاب، تمامی فصل‌ها بررسی و اطلاعات مرتبط با موضوع پژوهش استخراج شد. داده‌های این پژوهش از طریق بررسی دقیق محتوای کتاب‌های درسی گردآوری شد. بدین منظور، همه فصل‌های موجود در کتاب‌های شیمی مذکور به صورت سیستماتیک مورد بررسی قرار گرفتند. عناوین، متن‌های تشریحی، تصاویر، نمودارها، تمرین‌ها و فعالیت‌های کتاب‌ها مورد تحلیل قرار گرفتند تا مواردی که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم به انتشار، تأثیر، کنترل یا آموزش مربوط به CO₂ یا گرمایش جهانی اشاره داشت، استخراج و در جدولی تنظیم گردید.

برای طبقه‌بندی مفاهیم استخراج‌شده، چارچوبی با چهار کد اصلی و چندین کد فرعی طراحی شد (جدول ۲). این چارچوب با مطالعه منابع علمی مرتبط، بررسی اسناد بین‌المللی آموزش محیط‌زیستی، و تحلیل اولیه داده‌ها تدوین گردید.

جدول ۲- کدهای اصلی، فرعی و تعریف عملیاتی هر کد

کدهای اصلی	تعریف عملیاتی	کدهای فرعی
علت‌ها	بیان دلایل انتشار CO ₂ در نتیجه فعالیت‌های انسانی یا طبیعی	سوزاندن سوخت‌های فسیلی، تولید برق، مصرف انرژی
پیامدها	پیامدهای زیست‌محیطی و اقلیمی ناشی از افزایش CO ₂	گرمایش زمین، ذوب یخ‌های قطبی، تغییر اقلیم
راهکارها	پیشنهادها یا اقدامات مقابله‌ای با افزایش CO ₂	جذب، دفن زیرزمینی، شیمی سبز، تبدیل CO ₂
آموزش و آگاهی	مواردی که به آموزش علمی سازوکارها، مفاهیم پایه و شفاف‌سازی علمی مربوط است	معرفی اثر گلخانه‌ای، چرخه کربن، واکنش‌های شیمیایی مرتبط، معرفی ردپای CO ₂

علت‌ها: علل و عوامل افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زمین؛

پیامدها: اثرات و پیامدهای گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی؛

راهکارها: راه‌حل‌ها، فناوری‌ها و اقدامات مقابله با گرمایش جهانی؛

آموزش و آگاهی: مطالب آموزشی و محتوای آگاه‌ساز برای دانش‌آموزان؛

جهت اطمینان از روایی یافته‌ها، دو دبیر شیمی مستقل به‌صورت هم‌زمان به رمزگذاری و تحلیل محتوا پرداختند و در صورت وجود تفاوت در تفسیرها، موارد اختلافی با بحث و بررسی حل و فصل گردیدند. همچنین ضریب توافق کاپا^۱ برای اطمینان از هماهنگی بین دو محقق محاسبه شد که نشان‌دهنده توافق بالا ($K > 0.85$) بود (کوهن^۲، ۱۹۶۰).

یافته‌ها

آموزش موضوع گرمایش جهانی در کتاب‌های شیمی متوسطه دوم در ایران

با توجه به اینکه ایران در بین کشورهای با بیشترین انتشار گاز CO_2 ، در رده نهم قرار دارد (جدول ۳) و حتی سرانه تولید CO_2 هر فرد نیز در کشور ما بالا است (رتبه ۹ در بین کشورها) (کریبا، ۲۰۲۴)، همچنین تاثیرپذیری کشور ما از گرمایش جهانی به دلیل وضعیت جغرافیای خاص بالا است، باید همه ارگان‌ها و سازمان‌های دولتی و غیردولتی، همه افراد از کودک تا سالمند، تحصیل‌کرده و غیرتحصیل‌کرده در هر شغل و حرفه‌ای، از عواقب انتشار گاز CO_2 به هواکره و گرمایش جهانی آگاه شوند و برنامه‌ای مدون برای کاهش انتشار با تغییر سبک زندگی مردم، به روزرسانی کارخانه‌ها و صنعت، کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و پاک، تدوین شود.

جدول ۳- کشورهای با بالاترین مقدار انتشار گاز CO_2 و سرانه تولید آن به ازای یک نفر در سال (کریبا، ۲۰۲۴)

کشور	انتشار CO_2 در ۲۰۲۳ برحسب میلیاردتن	درصد سهم در مقدار جهانی	سرانه هر نفر (تن)
جهان	۵۲/۹۶۲		
چین	۱۵/۹۴	۳۰/۱	۶/۴
ایالت متحده آمریکا	۵/۹۶	۱۱/۳	۱۷/۶
هند	۴/۱۳	۷/۸	۱/۹
اتحادیه اروپا	۳/۲۲	۶/۱	۵/۶
روسیه	۲/۶۷	۵/۰	۹/۸
برزیل	۱/۳۰	۲/۵	۲/۲
اندونزی	۱/۲۰	۲/۳	۲/۴
ژاپن	۱/۰۴	۲	۱۰/۴
ایران	۰/۹۹	۱/۹	۸/۳
عربستان	۰/۸۰	۱/۵	۱۷/۶

^۱ Cohen's Kappa

^۲ Cohen J

در سند تحول بنیادین آموزش و پرورش، مصوب شورای عالی انقلاب فرهنگی در سال ۱۳۹۰ شمسی، در فصل پنجم (هدف‌های کلان) و در فصل هفتم (هدف‌های عملیاتی و راهکارها) به اهمیت آموزش مسائل زیست محیطی اشاره شده است. ولی در پژوهش‌های موردی که در این زمینه انجام گرفته، نتایج رضایت بخش نیست. مثلاً از معدود پژوهش‌هایی که در ایران درباره اطلاعات دانش‌آموزان از گرمایش جهانی انجام گرفت، پژوهش یزدان‌پرست و همکارانش (۲۰۱۳) روی دانش‌آموزان تهرانی بود. در آن کار تحقیقاتی اعلام کردند، دانش‌آموزان در مدارس درباره موضوع مهم گرمایش جهانی آموزش کافی و موثر ندیده‌اند و درباره یکی از نگرانی‌های بشریت حساسیتی ندارند. در پژوهشی دیگر، طیبی و همکارانش (۱۳۹۲) کتاب‌های درسی همه مقاطع تحصیلی را از جهت توجه به منابع انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر بررسی کردند. تحقیق آن‌ها نشان داد که به انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر که به عنوان مهم‌ترین گام در جهت کاهش انتشار CO_2 و مقابله با گرمایش جهانی محسوب می‌شوند، در کتاب‌های درسی کشور ایران توجه چندانی نشده است. آن‌ها در ادامه با ارائه الگو، پیشنهاد داده‌اند که نگرش برنامه‌ریزان درسی باید تغییر کند و در محتوای کتاب‌های درسی اصلاح و تغییر صورت بگیرد.

شایان ذکر است که دو گزارش تحقیقی که در بالا به آن‌ها اشاره شد، قبل از تغییر نظام آموزشی به نظام جدید ۶-۳-۳ (حال حاضر) منتشر شده‌اند. در نظام جدید ۶-۳-۳ در کتاب‌های «انسان و محیط زیست» و «شیمی» به مباحث زیست محیطی، گرمایش جهانی و موضوعات مرتبط پرداخته شده است. هر چند در کتاب انسان و محیط زیست که برای پایه یازدهم متوسطه تألیف و تدریس می‌شود، به مباحث و مشکلات آب، خاک، هوا، تنوع زیستی و دیگر مشکلات زیست محیطی و تغییر آب و هوا پرداخته شده است، اما نبود دبیر تخصصی برای این درس در اغلب مدارس، باعث شده، تدریس این درس به افراد غیرتخصصی از جمله معاون مدرسه، دبیرهای غیرمرتبط با علوم طبیعی و ... سپرده شود که از سازوکار تخصصی بسیاری از پدیده‌ها بی‌اطلاع بوده و نمی‌توانند، مطالب را آن طور که بایسته و شایسته است، به طور مطلوب به دانش‌آموزان منتقل کنند. به همین جهت، به نظر می‌رسد، بعضی از مباحث از جمله اثر گلخانه‌ای و گرمایش جهانی باید در کتاب‌های شیمی طرح شوند که دبیران شیمی از سازوکار تخصصی آنها مطلع هستند و می‌توانند بهتر از دیگران و با کارایی بالاتر، این مطالب را به دانش‌آموزان تدریس و منتقل کنند. از سال ۱۳۹۵ که اولین کتاب‌های شیمی نظام جدید در پایه دهم تألیف و منتشر شد، تغییر و تحولی در محتوای کتاب نسبت به سال‌های قبل انجام گرفت و مباحثی از اثر گلخانه‌ای و شیمی سبز به آن اضافه شد. هر چند در سال بعد، یعنی در سال ۱۳۹۶ که اولین کتاب شیمی یازدهم در نظام جدید منتشر شد، نسبت به شیمی دهم، به مباحث مربوط به گرمایش جهانی کمتر پرداخته شده بود و در کتاب شیمی دوازدهم نظام جدید که اولین بار سال ۱۳۹۷ تألیف و منتشر شد، نسبت به کتاب‌های دهم و یازدهم، باز هم از میزان توجه به مسائل زیست محیطی و گرمایش جهانی کاسته شد (جدول ۴).

۳-۲- میزان توجه به موضوع گرمایش جهانی در کتاب‌های شیمی متوسطه دوم و مقایسه آن با کتاب‌های شیمی نظام آموزشی قدیم

نتایج تحلیل محتوای کتاب‌های شیمی متوسطه دوره دوم در نظام آموزشی جدید از منظر پرداختن به مباحث مرتبط با گرمایش زمین و گازهای گلخانه‌ای در جدول ۴ ارائه شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در هر سه پایه دهم، یازدهم و دوازدهم به موضوعات مرتبط با گازهای گلخانه‌ای، گرمایش جهانی و پیامدهای آن پرداخته شده است. از مجموع ۱۰ فصل این کتاب‌ها، در ۶ فصل مفاهیمی مرتبط با این موضوعات مشاهده می‌شود.

در کتاب شیمی دهم، فصل دوم با عنوان «چه بر سر هواکره می‌آوریم؟» به طور مستقیم به تأثیرات آلاینده‌ها، به ویژه CO_2 حاصل از سوخت‌های فسیلی، پرداخته است. در این بخش، علاوه بر اشاره به میزان تولید CO_2 ناشی از تولید برق از منابع مختلف انرژی، انرژی‌های پاک، نظیر باد، خورشید و زمین‌گرمایی نیز معرفی شده‌اند. همچنین نمودارهای روند افزایش غلظت CO_2 در جو طی پنجاه سال گذشته و ارتباط آن با تغییرات اقلیمی از جمله افزایش دمای میانگین زمین

و سطح آب‌های آزاد ارائه شده‌اند. مفاهیمی چون اثر گلخانه‌ای، نقش گازهای گلخانه‌ای و توسعه پایدار نیز در این فصل گنجانده شده‌است. با این حال، برخی کاستی‌ها در ارائه اطلاعات مشاهده می‌شود. برای مثال، به پیامدهای مشخص و ملموس گرمایش جهانی و اثرات آن با جزئیات کافی پرداخته نشده است؛ نمودار غلظت CO_2 نیز به‌روزرسانی نشده و تنها تا سال ۲۰۱۴ را شامل می‌شود. همچنین، توضیحات فیزیکوشیمیایی درباره دلایل رفتار متفاوت گازهای گلخانه‌ای و سازوکار جذب پرتوهای فروسرخ در کتاب موجود نیست. افزون بر این، راهکارهای عملی برای کاهش انتشار CO_2 و مواجهه با گرمایش جهانی به طور صریح و عملی در این بخش ارائه نشده‌است. در فصل‌های اول و سوم این کتاب، به مباحث مرتبط با CO_2 یا گرمایش جهانی پرداخته نشده‌است.

در کتاب شیمی یازدهم، در فصل اول به نقش بازیافت فلزات در کاهش ردپای CO_2 اشاره شده‌است. در نسخه جدید چاپ سال ۱۴۰۲، ارزیابی چرخه عمر نیز مطرح شده و به فرایندهایی که در تولید آن‌ها آلاینده‌های جوی و گازهای گلخانه‌ای آزاد می‌شود، اشاره شده‌است. در فصل دوم، موضوع سوخت‌های سبز و مقایسه میزان تولید CO_2 آن‌ها نسبت به سوخت‌های هیدروکربنی بررسی شده‌است. همچنین در انتهای همین فصل، به ردپای پنهان غذا و سهم بالای آن در تولید گازهای گلخانه‌ای اشاره شده‌است. در فصل سوم این کتاب، به مباحث مرتبط با CO_2 پرداخته نشده‌است.

در کتاب شیمی دوازدهم، فصل اول فاقد محتوای مرتبط با گرمایش جهانی یا CO_2 است. در فصل دوم به سلول‌های سوختی و نقش آن‌ها در کاهش ردپای CO_2 و تولید سوخت‌های سبز اشاره شده‌است. فصل سوم به فناوری‌های تولید برق با استفاده از آینه‌ها و شاره‌های یونی و مولکولی پرداخته که با هدف کاهش اثرات زیست‌محیطی مطرح شده‌اند. همچنین در همین فصل، مبدل‌های کاتالیستی خودروها و نقش آن‌ها در کاهش آلودگی هوا معرفی شده‌اند. با این حال، از آنجا که این مبدل‌ها آلاینده‌های سمی را به CO_2 تبدیل می‌کنند، ممکن است برای دانش‌آموزان برداشت نادرست در خصوص تأثیر نهایی این فرآیند بر گرمایش جهانی ایجاد شود.

جدول ۴- بررسی موارد مرتبط با گرمایش جهانی و گازهای گلخانه‌ای در کتاب‌های شیمی نظام جدید

کتاب	فصل	موارد مرتبط با گرمایش جهانی و ردپای CO_2 در کتاب‌های شیمی دوره متوسطه دوم
شیمی	اول	مورد مرتبط با موضوع مورد نظر در این فصل وجود ندارد.
دهم	دوم	از بین رفتن مرجان‌ها با افزایش CO_2 حل شده در آب تولید حجم انبوهی از CO_2 از سوزاندن سوخت‌های فسیلی در هواپیماها معرفی ردپای CO_2 تولید CO_2 با مصرف انرژی الکتریکی در زندگی روزمره محاسبه مقدار CO_2 وارد شده به هواکره برحسب برق مصرفی از منابع مختلف انرژی جذب CO_2 به وسیله درختان افزایش غلظت CO_2 در هواکره و پیامدهای آن از جمله افزایش میانگین دمای کره زمین، بالا آمدن سطح آب‌های آزاد، کاهش مساحت برف در نیمکره شمالی و آغاز زود هنگام بهار معرفی اثر گلخانه‌ای و گازهای گلخانه‌ای عملکرد مولکول‌های CO_2 در هواکره در جذب تابش فروسرخ و گرم کردن کره زمین تبدیل CO_2 به مواد معدنی دفن کردن CO_2 در زیر زمین در مکان‌های خاص

		تولید خودرو و سوخت با کیفیت بسیار خوب
		معرفی شیمی سبز
		معرفی توسعه پایدار
		اشاره دریافت مالیات از مالکان خودروها برحسب مقدار CO ₂ تولیدی در کشورهای توسعه یافته برحسب نوع خودرو
سوم	مورد مرتبط با موضوع مورد نظر در این فصل وجود ندارد.	
اول	شیمی	اشاره به تولید سوخت سبز
یازدهم		تولید CO ₂ در تهیه فلزات و کاهش ردپای آن با بازیافت فلزات
		ارزیابی چرخه عمر و بررسی ردپای CO ₂ و گازهای گلخانه‌ای در تولید پاکت کاغذی و پلاستیکی
		جایگزین کردن نفت با زغال سنگ و مقایسه CO ₂ تولیدی از آن‌ها
دوم		مقایسه مقدار CO ₂ تولیدی از سوختن یک گرم اتانول و اتان
		سهم زیاد تولید CO ₂ در ردپای پنهان غذا
		ارائه ۴ الگو برای کاهش ردپای غذا
سوم		مورد مرتبط با موضوع مورد نظر در این فصل وجود ندارد.
اول	شیمی	مورد مرتبط با موضوع مورد نظر در این فصل وجود ندارد.
دوازدهم		اشاره به تولید انرژی پاک و ارزان به وسیله الکتروشیمی
		معرفی سلول سوختی به عنوان منبع انرژی سبز که برخلاف سوخت‌های فسیلی آلاینده کمی دارد.
		مقایسه گاز هیدروژن و متان از دیدگاه زیست محیطی و تولید CO ₂
سوم		معرفی تکنولوژی جدید تولید برق از طریق آینه و شاره یونی به عنوان منبع انرژی سبز
چهارم		معرفی مبدل کاتالیستی خودرو به عنوان کاهنده آلاینده‌های خودروها
		معرفی کاتالیزگر به عنوان کاهنده آلودگی زیست محیطی صنایع مختلف

برای مقایسه، محتوای کتاب‌های شیمی متوسطه دوم در نظام قدیم نیز بررسی و نتایج آن در جدول ۵ نشان داده شده است. در نظام قدیم علاوه بر سه پایه متوسطه، در دوره پیش دانشگاهی نیز درس شیمی ارائه می‌شد. همان‌طوری که در این جدول دیده می‌شود، موارد مرتبط با گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زمین بیشتر در پایه دهم متمرکز شده است. در کل، پایه دهم شامل ۴ فصل بوده که در همه فصل‌ها به این موضوع پرداخته شده است. در پایه یازدهم، در کتاب شیمی (۲)، موارد مرتبطی وجود نداشته، در پایه دوازدهم در کتاب شیمی (۳) در کل سه فصل فقط یک مورد دیده می‌شود و در پایه پیش دانشگاهی، در کل ۴ فصل، ۴ مورد دیده می‌شود. در کل کتاب‌های شیمی ۴ پایه نظام متوسطه قدیم، از ۱۶ فصل فقط در ۷ فصل موارد مرتبط با گرمایش جهانی زمین و گازهای گلخانه‌ای دیده می‌شود.

جدول ۵- بررسی موارد مرتبط با گرمایش جهانی و گازهای گلخانه‌ای در کتاب‌های شیمی نظام قدیم

کتاب	فصل	مورد مرتبط با گرمایش جهانی و ردپای CO ₂ در کتاب‌های شیمی دبیرستان نظام قدیم
شیمی (۱)	اول	تاثیر افزایش دما بر اکسیژن حل شده در آب و مرگ و میر ماهی‌ها و دیگر آبزیان
	دوم	معرفی اثر گلخانه‌ای و گازهای گلخانه‌ای تولید مقدار زیادی گاز گلخانه‌ای متان و CO ₂ بوسیله موربانه‌ها افزایش میانگین دمای کره زمین به واسطه افزایش مقدار CO ₂ اشاره به اثرات افزایش میانگین دمای کره زمین ارائه مقادیر CO ₂ تولید شده از سوخت‌های فسیلی در ایران و جهان
		معرفی شیمی سبز آلاینده‌های هواکره و اثرات هوای آلوده مقدار CO ₂ تولید شده در جنگ خلیج فارس
		معرفی جایگزین برای سوخت‌های فسیلی مثل انرژی خورشیدی و هسته‌ای
	سوم	اشاره به اثر گلخانه‌ای شدید متان نسبت به CO ₂ و سوزاندن زیست گاز مزایا و معایب سوزاندن زباله‌های شهری جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای با بازگردانی مواد
شیمی (۲)	اول	سوزاندن سوخت‌های فسیلی با تولید CO ₂ ، میانگین دمای کره زمین را افزایش می‌دهند. معرفی منابع انرژی که CO ₂ تولید نمی‌کنند.
	دوم	مقایسه هیدروژن با سوخت‌های فسیلی
	سوم	اشاره به عدم تولید گاز گلخانه‌ای در انرژی هسته‌ای
	چهارم	مورد مرتبط با موضوع مورد نظر در این فصل وجود ندارد.
	پنجم	مورد مرتبط با موضوع مورد نظر در این فصل وجود ندارد.
شیمی (۳)	اول	نقش شیمی در تنظیم سوخت به اکسیژن موتور خودرو و کاهش آلودگی هوا
	دوم	مورد مرتبط با موضوع مورد نظر در این فصل وجود ندارد.
	سوم	مورد مرتبط با موضوع مورد نظر در این فصل وجود ندارد.
	اول	معرفی آلاینده‌های تولید شده در خودروها
	دانشگاهی	معرفی مبدل‌های کاتالیستی خودروها به عنوان کاهنده آلاینده‌های خودروها
شیمی پیش	دوم	مورد مرتبط با موضوع مورد نظر در این فصل وجود ندارد.
	سوم	مورد مرتبط با موضوع مورد نظر در این فصل وجود ندارد.
	چهارم	معرفی سلول سوختی به عنوان منبع تولید انرژی پاک
		مقایسه گاز هیدروژن و متان در سلول سوختی از لحاظ آلاینده‌گی

برای تحلیل دقیق‌تر محتوای کتاب‌های شیمی در دو نظام آموزشی قدیم و جدید، مقوله‌های استخراج‌شده در چهار کد اصلی شامل علت‌ها، پیامدها، راهکارها و آموزش و آگاهی طبقه‌بندی شدند. فراوانی این مقوله‌ها در هر یک از پایه‌ها در جدول ۶ آورده شده‌است. همان‌گونه که این جدول نشان می‌دهد؛ در مجموع، محتوای کتاب‌های نظام جدید به مراتب توجه بیشتری به مقوله‌های مرتبط با گرمایش جهانی داشته‌است (۳۷ مورد در مقابل ۲۹ مورد در نظام قدیم). در نظام

جدید، بیشترین مورد به مقوله راهکارها (۱۴ مورد) تعلق دارد، که بیانگر تمرکز نسبی بر معرفی اقدامات مقابله با گرمایش جهانی در این نظام است. مقوله آموزش و آگاهی نیز با ۱۰ مورد، از جایگاه مناسبی در محتوای نظام جدید برخوردار است که اهمیت آموزش مفاهیم بنیادی و تربیت نگرش زیست‌محیطی در دانش‌آموزان را نشان می‌دهد. در مقابل، در نظام قدیم تمرکز بر این مقوله‌ها بسیار محدود بوده‌است.

جدول ۶- توزیع فراوانی کدهای اصلی در محتوای کتاب‌های شیمی نظام جدید و نظام قدیم

کد اصلی	تعداد تکرار	علت	پیامد	راهکار	آموزش و آگاهی
نظام جدید	دهم	۳	۶	۵	۵
	یازدهم	۳	-	۴	۲
	دوازدهم	-	-	۵	۴
	مجموع	۶	۶	۱۴	۱۱
نظام قدیم	دهم	۵	۶	۶	۵
	یازدهم	-	-	-	-
	دوازدهم	-	-	۱	۱
	پیش‌دانشگاهی	۱	-	۳	۱
	مجموع	۶	۶	۱۰	۷

بحث و نتیجه‌گیری

در جدول ۷، یافته‌های حاصل از بررسی محتوای کتاب‌های شیمی متوسطه دوم در دو نظام آموزشی قدیم و جدید مورد مقایسه قرار گرفته‌است. این تحلیل به منظور بررسی کمی میزان توجه هر یک از این نظام‌های آموزشی به مسائل زیست‌محیطی و تغییرات اقلیمی در کتاب‌های شیمی انجام شده‌است. نتایج حاصل از این مقایسه، نشان می‌دهد که نظام جدید به طور قابل توجهی بیشتر از نظام قدیم به این موضوعات پرداخته‌است، اما همچنان نیاز به بهبود در برخی جنبه‌ها وجود دارد. در نظام جدید، از مجموع ۱۰ فصل موجود در سه پایه تحصیلی (دهم، یازدهم و دوازدهم)، ۶ فصل (۶۰ درصد) به موضوعات مرتبط با گرمایش جهانی و گازهای گلخانه‌ای اختصاص یافته‌اند. این در حالی است که در نظام قدیم، تنها ۷ فصل از ۱۶ فصل موجود (۴۳/۷ درصد) به این موضوعات پرداخته‌اند. این افزایش درصد، نشان‌دهنده توجه بیشتر در کتاب‌های شیمی نظام جدید به آموزش مسائل زیست‌محیطی و تغییرات اقلیمی است. با این حال، تعداد فصل‌ها به تنهایی معیار کاملی برای ارزیابی عمق و کیفیت پوشش این موضوعات نیست، بلکه توزیع و نحوه ارائه مطالب نیز نقش مهمی ایفا می‌کند.

بررسی دقیق‌تر نشان می‌دهد که تعداد کل موارد مستقل مرتبط با گرمایش جهانی و گازهای گلخانه‌ای در نظام جدید ۲۸ مورد است، در حالی که این عدد در نظام قدیم ۲۲ مورد بوده‌است. این افزایش نشان‌دهنده تلاش نظام آموزشی جدید برای افزایش حضور این موضوعات در محتوای آموزشی است. با این حال، تعداد موارد به تنهایی نمی‌تواند، معیاری برای ارزیابی کیفیت آموزش باشد، بلکه باید به نحوه ارائه و عمق‌بخشیدن به این مباحث نیز توجه شود. برای ارزیابی دقیق‌تر، تعداد موارد مرتبط به تعداد فصل‌ها (ستون D) بر تعداد صفحات کتاب‌ها (ستون E) تقسیم شده‌است. نتایج نشان می‌دهند که کتاب‌های نظام جدید به طور متوسط دو برابر کتاب‌های نظام قدیم به موضوعات گرمایش جهانی و گازهای گلخانه‌ای پرداخته‌اند. به طور دقیق‌تر:

- میانگین تعداد موارد مرتبط در هر فصل: در نظام جدید، این عدد ۲/۸، در حالی که در نظام قدیم ۱/۳۷۵ است.

- میانگین تعداد موارد مرتبط در هر صفحه: در نظام جدید، این عدد ۰/۰۷۶، در حالی که در نظام قدیم ۰/۰۴۷ است.

جدول ۷- مقایسه کمی موارد مرتبط با گرمایش زمین و تغییرات اقلیم در کتاب‌های شیمی متوسطه دوم نظام قدیم و جدید

کتاب‌های نظام آموزشی	تعداد پایه	تعداد فصل	تعداد کل صفحات	A	B	C	D	E
نظام جدید	۳	۱۰	۳۶۸	۶	۶۰٪	۲۸	۲/۸۰۰	۰/۰۷۶
نظام قدیم	۴	۱۶	۴۶۹	۷	۴۳٪	۲۲	۱/۳۷۵	۰/۰۴۷

A: تعداد فصل‌هایی که به موارد مرتبط با گرمایش جهانی و گازهای گلخانه‌ای پرداخته است.

B: درصد تعداد فصل‌هایی که موارد مرتبط با گرمایش جهانی دارند.

C: تعداد کل موارد مستقل مرتبط با گرمایش جهانی و گازهای گلخانه‌ای که در کتاب‌های شیمی متوسطه دوم به آنها پرداخته شده است.

D: تعداد موارد مرتبط با گرمایش جهانی و گازهای گلخانه‌ای به ازای هر فصل.

E: تعداد موارد مرتبط با گرمایش جهانی و گازهای گلخانه‌ای به ازای هر صفحه.

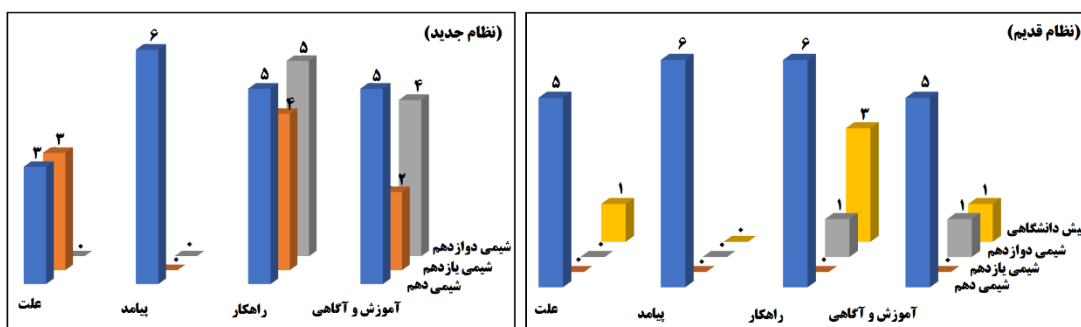
این ارقام نشان‌دهنده توجه بیشتر نظام جدید به این موضوعات است. با این حال، باید توجه داشت که کیفیت آموزش نه تنها به تعداد موارد، بلکه به نحوه ارائه و ارتباط آن‌ها با مفاهیم علمی و کاربردهای عملی نیز وابسته است. قابل ذکر است که کتاب‌های نظام قدیم نیز در مقایسه با نظام قبلی خود پیشرفت قابل توجهی در پوشش این موضوعات داشته‌اند. این پیشرفت نشان‌دهنده توجه روزافزون به مسائل زیست محیطی و تغییرات اقلیمی در نظام آموزشی کشور است. با این حال، نظام جدید با رویکردی جامع‌تر و ساختارمندتر، نشان‌دهنده توجه بیشتر به اهمیت آموزش مسائل زیست محیطی و تغییرات اقلیمی است.

بر اساس تحلیل محتوای کتاب‌های شیمی در دو نظام آموزشی قدیم و جدید، می‌توان به نتایج مهمی دست یافت که نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل توجه در ساختار آموزشی و توجه به مسائل زیست محیطی، به ویژه گرمایش جهانی، است. در این پژوهش، مقوله‌هایی شامل علت‌ها، پیامدها، راهکارها و آموزش و آگاهی به عنوان چهار کد اصلی برای تحلیل محتوا استفاده شدند. فراوانی این مقوله‌ها در هر یک از پایه‌های تحصیلی در نمودار ۴ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در کل، محتوای کتاب‌های نظام آموزشی جدید به‌طور قابل توجهی، توجه بیشتری به مقوله‌های مرتبط با گرمایش جهانی داشته است. در این نظام، تعداد کل مقوله‌های مرتبط با گرمایش جهانی (۳۷ مورد) بیشتر از نظام قدیم (۲۹ مورد) است. این تفاوت نشان‌دهنده تغییرات اساسی در محتوای آموزشی و تمرکز بر مسائل زیست محیطی در نظام جدید است. در مقابل، در نظام قدیم، تعداد مقوله‌های مرتبط با گرمایش جهانی کم بوده و تمرکز آن به‌طور نسبی بیشتر بر راهکارهای مقابله بوده است. با این حال، آموزش و آگاهی و درک علت‌ها و پیامدها به‌طور محدود و سطحی مطرح شده‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که در نظام قدیم، محتوای کتاب‌های شیمی به‌طور کامل به تربیت نگرش‌های زیست محیطی و افزایش آگاهی دانش‌آموزان در مورد گرمایش جهانی پرداخته نشده است.

تحلیل کدگذاری محتوای کتاب‌ها در چهار مقوله «علت‌ها»، «پیامدها»، «راهکارها» و «آموزش و آگاهی» (نمودار ۴) تصویر روشن‌تری از کیفیت و توازن محتوای ارائه‌شده در کتاب‌های نظام جدید به دست می‌دهد.

قهرمانی فرد و همکاران | اهمیت آموزش در مقابله با گرمایش جهانی در کتاب‌های شیمی متوسطه...

- **راهکارها:** در نظام جدید، راهکارهای مقابله با گرمایش جهانی (۱۴ مورد) بیشترین فراوانی را دارند، که نشان‌دهنده تلاش نسبی برای آموزش اقدامات عملی و پاسخگویی به چالش‌های زیست محیطی است. این بخش نقطه قوت محتوای نظام جدید محسوب می‌شود، چرا که از سطح آگاهی صرف فراتر رفته و به حوزه اقدام و مداخله عملی وارد می‌شود.
 - **آموزش و آگاهی:** بخشی از مطالب به تبیین مفاهیمی چون توسعه پایدار و ایجاد نگرش زیست‌محیطی اختصاص دارد. این توجه به بعد نگرشی و تربیتی حائز اهمیت است و می‌تواند در پرورش شهروندان مسئول نسبت به محیط زیست مؤثر باشد. تعداد زیاد مقوله آموزش و آگاهی (۱۱ مورد) نشان می‌دهد که این نظام به تربیت نگرش‌های زیست‌محیطی و افزایش آگاهی دانش‌آموزان در مورد گرمایش جهانی توجه ویژه‌ای داشته‌است. علاوه بر این، علت‌ها و پیامدهای گرمایش جهانی نیز در این نظام به‌طور منظم معرفی شده‌اند که نشان‌دهنده درک عمیق‌تر از ماهیت و ابعاد این مسئله است.
 - **پیامدها:** نکته قابل تأمل آن است که مقوله پیامدهای گرمایش جهانی در مقایسه با سایر مقوله‌ها سهم کمتری در محتوای کتاب‌ها دارد. این کاستی از منظر تربیتی مهم است، زیرا درک ملموس و عاطفی از اثرات گرمایش جهانی (مانند افزایش سطح آب دریاها، رخدادهای اقلیمی شدید، اثرات بر سلامت و کشاورزی) یکی از عوامل کلیدی در تحریک رفتارهای مسئولانه در دانش‌آموزان است. نبود تمرکز کافی بر پیامدهای مستقیم و غیرمستقیم تغییرات اقلیمی می‌تواند، موجب فاصله گرفتن ذهنی دانش‌آموزان از واقعیت‌های این بحران جهانی گردد.
 - **علت‌ها:** در مقوله علت‌ها، تعداد موارد نسبت به سایر مقوله‌ها زیاد نیست که می‌تواند، نشان‌دهنده کم بودن توضیحات درباره جزئیات علل گرمایش جهانی در محتوای کتاب‌ها باشد. این موضوع ممکن است به دلیل تمرکز بیشتر بر روی راهکارها و آموزش باشد، اما نشان می‌دهد که درک عمیق‌تر از علل گرمایش جهانی در کتاب‌های شیمی هنوز محدود است.
- با توجه به این یافته‌ها، می‌توان گفت که نظام آموزشی جدید به‌طور جدی‌تری به مسائل زیست محیطی و گرمایش جهانی توجه کرده و در محتوای آموزشی، اقدامات عملی و آموزش‌های لازم برای مقابله با این مسئله را معرفی کرده‌است. این تغییرات می‌تواند، به بهبود آگاهی و نگرش دانش‌آموزان در مورد مسائل زیست محیطی کمک کند و به تحقق اهداف آموزشی در حوزه محیط زیست کمک کند. همچنین، این نتایج نشان می‌دهد که تغییرات محتوایی در نظام جدید، به‌عنوان یک گام مهم در جهت تقویت آموزش‌های زیست محیطی و تربیت جامع دانش‌آموزان است. با این حال، به نظر می‌رسد که هنوز فرصت‌هایی برای بهبود و گسترش محتوای مرتبط با گرمایش جهانی به ویژه در زمینه تقویت مفاهیم بنیادی، افزایش آگاهی و تربیت نگرش‌های پایدار وجود دارد.



نمودار ۴- توزیع کدهای استخراج‌شده از محتوای کتاب‌های شیمی متوسطه دوم (نظام قدیم و جدید)

در محتوای کتاب‌های شیمی نظام آموزشی جدید، با وجود توجه نسبتاً بیشتر به مسائل گرمایش جهانی نسبت به نظام قدیم، چندین کاستی در طراحی محتوا و ساختار آموزشی دیده می‌شود. اولین کاستی، عدم پوشش کافی و عمیق علل و مکانیزم‌های علمی گرمایش جهانی است. با وجود اشاره به مفاهیم اصلی، این کتاب‌ها به ندرت به بررسی جزئیات فیزیکی، شیمیایی و زیست‌محیطی مرتبط با افزایش دما جهانی می‌پردازند. این موضوع می‌تواند منجر به درک سطحی و غیر کامل از پدیده گرمایش جهانی در دانش‌آموزان شود. دومین کاستی، عدم یکنواختی در توزیع محتوای مرتبط با گرمایش جهانی در پایه‌های مختلف است. بر اساس یافته‌های این پژوهش، تعداد موارد مرتبط با این مسئله در پایه‌های دهم، یازدهم و دوازدهم متفاوت است که می‌تواند، نشان‌دهنده ضعف در برنامه‌ریزی درسی و هماهنگی محتوا در سطح کلی باشد. این عدم هماهنگی می‌تواند، به تداخل در سطح آگاهی و درک دانش‌آموزان در طول دوره تحصیل منجر شود. علاوه بر این، کمبود مثال‌های عملی و کاربردی در محتوای مرتبط با گرمایش جهانی نیز می‌تواند به عنوان یک کاستی دیگر مطرح شود. با توجه به اهمیت آموزش مهارت‌های حل مسئله و تصمیم‌گیری، استفاده از مثال‌های واقعی و روابط میان علم و زندگی روزمره می‌تواند به تقویت مفهوم‌های محیط زیستی کمک کند.

در نتیجه، اگرچه نظام جدید به‌طور قابل توجهی به مسائل محیط زیستی توجه کرده است، اما هنوز فرصت‌هایی برای بهبود عمق محتوا، یکنواختی آموزشی و تقویت مهارت‌های تحلیلی و کاربردی وجود دارد.

ارائه پیشنهاد به برنامه‌ریزان، تصمیم‌گیران آموزش و پرورش و مؤلفان کتاب‌های شیمی دبیرستان

با توجه به اهمیت موضوع گرمایش جهانی و تهدیدهایی که زندگی نسل آینده با آن مواجه است، به برنامه‌ریزان، تصمیم‌گیران و مؤلفان کتاب‌های درسی شیمی متوسطه دوم، پیشنهادهایی ارائه کردیم که می‌توانند، در بخش‌های مختلف کتاب‌های درسی اعم از متن کتاب‌های درسی، حاشیه، «آیا می‌دانید»، در میان تارنماها، کتاب راهنمای معلم و فضای مجازی اعم از سایت رسمی وزارت، کانال‌ها و گروه‌های تخصصی ارائه دهند:

- ۱) در همه فصل‌ها و پایه‌ها، مباحث گرمایش جهانی، زیست محیطی و تغییرات اقلیم که به شیمی مرتبط هستند، پوشش داده شود.
- ۲) استفاده از بهترین شیوه‌های آموزشی موجود در برنامه‌های درسی بین‌المللی برای اطمینان از اینکه دانش‌آموزان ایرانی آموزشی جامع و مرتبط با چالش‌های جهانی دریافت می‌کنند.
- ۳) پیامدهای بالقوه گرمایش جهانی و بالا رفتن میانگین دمای کره زمین به‌طور واضح و به دور از کلی‌گویی نوشته شود.
- ۴) به سهم هر گاز در اثر گلخانه‌ای زمین اشاره شود.
- ۵) همه گازهای گلخانه‌ای، معرفی و علت اینکه آنها توانایی جذب پرتو فرسرخ دارند، بیان شود.
- ۶) نمودارهای مربوط به تغییرات غلظت CO_2 در سال‌های اخیر به روز رسانی شده و سایت www.CO2.earth به عنوان مرجع رسمی و آنلاین گزارش غلظت آن در کتاب معرفی شود.
- ۷) مرز هشدار برای میانگین دمای کره زمین و غلظت CO_2 در هواکره نوشته شود.
- ۸) به شیمی مولکول کربن دی‌اکسید، پایداری و واکنش‌پذیری کم آن اشاره شود.
- ۹) امکان تبدیل CO_2 به ترکیبات آلی مفید همچون متانول، فرمیک اسید، فرمالدهید و ... گفته شود.

- ۱۰) به اقدامات لازم برای کاهش انتشار CO₂ اشاره شود.
- ۱۱) به نقش دانش‌آموزان و خانواده‌ها در کاهش انتشار CO₂ و مقابله با گرمایش جهانی اشاره شود.
- ۱۲) برنامه‌ای برای دانش‌آموزان ارائه شود که در خود مدرسه نیز ردپای CO₂ را کاهش دهند.
- ۱۳) دوره توانمندسازی دبیران شیمی به صورت حضوری یا آنلاین اجرا شود.
- ۱۴) ایجاد کانال‌های در بستر شاد و بارگذاری مطالب و کلیپ‌هایی پیرامون چالش‌های زیست محیطی و گرمایش جهانی برای دانش‌آموزان و دبیران سراسر کشور.
- ۱۵) معرفی تارنماهای مجازی که به صورت تخصصی و به روز، به موضوع گرمایش جهانی و اثرات آن و نگرانی پیرامون آن می‌پردازند.
- ۱۶) در تدوین و برنامه‌ریزی در تدریس دروس عملی شیمی متوسطه دوم، تجدید نظر شود (اسدپور زینالی، ۱۴۰۳).
- ۱۷) ارائه آزمایش‌های مرتبط به صورت «کاوش کنید» و یا در کتاب آزمایشگاه تا دانش‌آموز به صورت عملی کاهش ردپای CO₂ در فعالیت‌های روزمره را لمس کند. البته به رعایت موارد ایمنی در این آزمایش‌ها نیز تاکید شود (عظمت، ۱۴۰۲).

محدودیت‌ها و چالش‌های پژوهش حاضر و پیشنهاد برای تحقیقات آینده

روش استفاده‌شده در پژوهش حاضر، تنها به تحلیل محتوای نوشته‌شده در کتاب‌های درسی محدود بوده و امکان بررسی نحوه اجرای واقعی این مباحث در کلاس درس، واکنش دانش‌آموزان یا تأثیر آنها بر رفتار محیط‌زیستی وجود نداشت. بنابراین، یافته‌های این مطالعه صرفاً نشان‌دهنده حضور یا عدم حضور مباحث مربوطه در کتاب‌های درسی است. نبود داده‌های تجربی درباره تأثیر آموزش این مفاهیم بر نگرش و رفتار دانش‌آموزان، و نیز تغییرپذیری سیاست‌های آموزشی از دیگر چالش‌های مهم این مطالعه است. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده، نقش معلمان، شیوه‌های تدریس و اثر آموزش‌های محیط-زیستی بر رفتار عملی دانش‌آموزان به‌طور جامع‌تری بررسی شود.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

موازین اخلاقی

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

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به صورت برابر در نگارش این مقاله مشارکت داشته‌اند.

نویسندگان مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را از دانشگاه فرهنگیان به دلیل حمایت‌های انجام گرفته، اعلام می‌دارند.

References

- Ahmadi, Y., & Khodaei, A. (2022). Examining the solutions to include green chemistry in the academic study program and comparing its goals and characteristics with other developed countries. *Research in Chemistry Education*, 3(4), 87-108. [Link]
- Aminu, M. D., Nabavi, S. A., Rochelle, C. A., & Manovic, V. (2017). A review of developments in carbon dioxide storage. *Applied Energy*, 208, 1389-1419. [Link]
- Anderson, A., & Rezaie, B. (2019). Geothermal technology: Trends and potential role in a sustainable future. *Applied Energy*, 248, 18-34. [Link]
- Asadpour-Zeynali, K. (2024). Teaching high school chemistry from theory to practice. *Research in Chemistry Education*, 6(1), 1-3. [Link]
- Azamat, J. (2024). The role and importance of observing safety principles in laboratory work. *Research in Chemistry Education*, 5(4), 30-42. [Link]
- Burmeister, M., Rauch, F., & Eilks, I. (2012). Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 59-68. [Link]
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46. [Link]
- Cordero, E. C., Centeno, D., & Todd, A. M. (2020). The role of climate change education on individual lifetime carbon emissions. *PLoS one*, 15(2), e0206266. [Link]
- Crippa, M., Guizzardi, D., Pagani, F., Schiavina, M., Melchiorri, M., Pisoni, E., Graziosi, F., Muntean, M., Maes, J., & Dijkstra, L. (2024). Insights into the spatial distribution of global, national, and subnational greenhouse gas emissions in the Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR v8.0). *Earth System Science Data*, 16(6), 2811-2830. [Link]
- Dadashzadeh, S., & Haghghat, H. (2024). Analysis of the content of secondary school chemistry books based on the amount of attention paid to the types of laboratory methods of the Simpson and Anderson model. *Research in Chemistry Education*, 6(4), 9-22. [Link]
- De La Vega, E., Chalk, T. B., Wilson, P. A., Bysani, R. P., & Foster, G. L. (2020). Atmospheric CO₂ during the Mid-Piacenzian Warm Period and the M2 glaciation. *Scientific Reports*, 10(1), 11002. [Link]
- Faunce, T., & Bruce, A. (2017). Governing the global food system towards the sustainocene with artificial photosynthesis. In *International Food Law and Policy* (pp. 373-406). Springer. [Link]
- Ghahramanifard, F., Rouhollahi, A., & Fazlolahzadeh, O. (2018). Electrodeposition of Cu-doped p-type ZnO nanorods; effect of Cu doping on structural, optical and photoelectrocatalytic property of ZnO nanostructure. *Superlattices and Microstructures*, 114, 1-14. [Link]
- Golestaneh, M., Farhadi, N., & Nezhadkazeni, P. (2024). Comparison of chemistry curriculum in the educational systems of Iran and the United Kingdom. *Research in Chemistry Education*, 6(4), 59-82. [Link]
- Guais, A., Brand, G., Jacquot, L., Karrer, M., Dukan, S., Grévilot, G., Molina, T. J., Bonte, J., Regnier, M., & Schwartz, L. (2011). Toxicity of carbon dioxide: a review. *Chemical research in toxicology*, 24(12), 2061-2070. [Link]
- Hawkins, T. R., Gausen, O. M., & Strømman, A. H. (2012). Environmental impacts of hybrid and electric vehicles—a review. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17, 997-1014. [Link]
- Ibigbami, O. A., Onilearo, O. D., & Akinyeye, R. O. (2024). Post-combustion capture and other Carbon Capture and Sequestration (CCS) technologies: a review. *Environmental Quality Management*, 34(1), e22180. [Link]
- Ipcc. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Link]
- Karpudewan, M., Ismail, Z., & Mohamed, N. (2009). The Integration of Green Chemistry Experiments with Sustainable Development Concepts in Pre-Service Teachers' Curriculum: Experiences from Malaysia. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 10(2), 118-135. [Link]
- Mahaffy, P. G., Krief, A., Hopf, H., & Matlin, S. A. (2019). Reorienting chemistry education through systems thinking. *Nature Reviews Chemistry*, 3(8), 476-481. [Link]
- Rezaei, F., & Rownaghi, A. A. (2025). Recent Advances in CO₂ Conversion to Chemicals and Fuels. *Energy & Fuels*, 39(5), 2303-2305. [Link]
- Rohde, R. (2022). *Global temperature report for 2021*. [Link]
- Sakakura, T., Choi, J. C., & Yasuda, H. (2007). Transformation of carbon dioxide. *Chemical reviews*, 107(6), 2365-2387. [Link]
- Schreiner, C., Henriksen, E. K., & Kirkeby Hansen, P. J. (2005). Climate Education: Empowering Today's Youth to Meet Tomorrow's Challenges. *Studies in Science Education*, 41(1), 3-49. [Link]

- Tayyebi, B., Shobeyri, M., & Rezaie, M. H. (2013). Investigation on developing countries curriculum concerning clean & renewable energy resources & their applied work pattern. *Iranian Journal of Energy*, 16(2), 77-96. [[Link](#)]
- Timmers, K. (2020). Foundational climate change curriculum for educators. In *Climate Action Project*. [[Link](#)]
- Unesco, & Mecce. (2024). *Education and climate change: Learning to act for people and planet*. UNESCO.
- Yazdanparast, T., Salehpour, S., Masjedi, M. R., Seyedmehdi, S. M., Boyes, E., Stanisstreet, M., & Attarchi, M. (2013). Global warming: Knowledge and views of Iranian students. *Acta Medica Iranica*, 178-184. [[Link](#)]