تجربه معلمی

پژوهش در آموزش شیمی، سال اول، شماره دوم ، صفحات ۵۱-۶۰

پژوهش در آموزش شیمی

http://chemedu.cfu.ac.ir

آموزش اصول شیمی سبز با به‌کارگیری محاسبات ساده درآزمایشگاه دبیرستان

مریم کیانی برازجانی [۱*]، محمد کیانی برازجانی [۲]

[۱] گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، بوشهر، ایران

[۲] دبیر شیمی، آموزش و پرورش بوشهر، ایران

چکیده

هدف از شیمی سبز یا شیمی پایدار، طراحی محصولات و فرآیندهای شیمیایی است که بتواند اصول دوازده‌گانه مربوط به آن را رعایت کند. توجه به منابع حرارتی سبز برای استفاده در واکنش های شیمیایی و انتخاب واکنش سبز مناسب به منظور رعایت بعد اقتصادی اتم، از موارد قابل بحث در شیمی سبز می‌باشد. در این مقاله با استفاده از محاسبات ساده نشان داده می شود که می‌توان این فرصت را برای دانش آموزان ایجاد کرد تا در انتخاب منبع انرژی و نوع واکنش در آزمایشگاه دقیقتر عمل کرده و با توجه به معیارهای شیمی سبز از بین منابع مختلف انرژی، مناسبترین منبع را برای انجام واکنش انتخاب نمایند. از سوی دیگر آنها یاد می گیرند در انجام واکنشها به مسئله اقتصاد اتم توجه نموده و واکنشی با بازده بالا و تولید و مصرف مواد با سمیت کمتر را انتخاب نمایند.

کلیدواژه‌ها: شیمی سبز، واکنش سبز، منبع انرژی سبز، شیمی پایدار، آموزش شیمی

*نویسنده مسئول: (maryamkiani.b@gmail.com ✉)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۵

مقدّمه

در حال حاضر توسعه پایدار به عنوان یک اصل مهم برای دولتها شناخته شده و شیمی پایدار نقش مهمی در حفظ و رواج آن دارد. در واقع شیمی سبز یک رویکرد جدید در سنتز و مراحل آن و همچنین استفاده از موادی است که انسان و محیط زیست را کمتر تهدید می‌کند. اهمیت این مسئله به قدری است که تعدادی از محققین در مقالات علمی سالهای اخیر، شیمی تخصصی را به چالش کشیده و تلاش کرده‌اند تا مطالب خود را در زمینه توجه و رسیدگی به چالش های نوظهور جهانی ارائه دهند (ماتلین و دیگران، ۲۰۱۶، ص ۳۹۳؛ وایت ساید، ۲۰۱۵، ص ۳۱۹۶؛ آناستاس و زیورمن، ۲۰۱۸، ص ۱۷؛ کان استیبل، ۲۰۱۷، ص ۶۰). همچنین دیده شده که مضامین مشترک در فراخوان بعضی از نشریات، نیاز به ادغام تفکر و عمل در شیمی و بازآموزی آموزش شیمی را به بحث گذاشته تا به طور موثری کمک کند تا دانشمندان و شهروندان را برای ایفای نقش خود در یک سیاره و جامعه که به سرعت در حال تغییر است، آموزش دهند (ماهافی و دیگران، ۲۰۱۸، ص ۱۲۶; وورهیس و هاتچیسون، ۲۰۱۵، ص ۴۶; هولم و هاتچیسون، ۲۰۱۸، ص ۴۹۹).

از سوی دیگر تفکر سیستم کاربردی به آموزش «اس تی ای ام»[1]، یک برنامه آموزشی مبتنی بر ایده آموزش دانش آموزان در چهار رشته خاص - علوم، فن آوری، مهندسی و ریاضی در یک رویکرد بین رشته‌ای و کاربردی است، که یک چارچوب برای استفاده از تفکر سیستم در آموزش شیمی برای یادگیرندگان که در مرکز سیستم آموزش شیمی قرار می‌دهد، پیشنهاد می‌کند و ابزار و رویکردهایی برای کمک به مدرسان، برنامه های درسی و ارتباط بین اجزای مختلفی را که بخشی از یادگیری شیمی هستند، بیان می‌کند. در این راستا در کتابهای درسی دبیرستان مفهوم شیمی سبز گنجانده شده ولی عملا دانش آموز خود به صورت کاربردی درکی از شیمی سبز ندارد. امید است که در برنامه درسی شیمی دبیرستان آشنایی با شیمی سبز بر اساس «اس تی ای ام» اعمال شود. در این مقاله به درک شیمی سبز بر اساس «اس تی ای ام» پرداخته ایم.

شیمی سبز در اوایل سال ۱۹۹۰ در نتیجه همکاری بین دولت آمریکا، صنعتگران و انجمن علمی آمریکا اعتبار کنونی‌اش را به عنوان یک نظام علمی در جهت جلوگیری از آلودگی هوا بدست آورد. در این زمان پائول آناستاس رئیس شیمی صنعتی آمریکا با تلاش های خستگی ناپذیر خود توانست به مفهوم شیمی سبز اعتبار خاصی ببخشد. در اواسط سال ۱۹۹۰ پائول آناستاس و جان وارنر به ایجاد ۱۲ اصل از شیمی سبز پرداختند که در آن به بررسی چارچوبی کلی به منظور چگونگی جلوگیری از آلودگی هوا در زمانی که ماده شیمیایی اختراع می شود پرداختند. در سال ۱۹۹۳ با

[1] science, technology, engineering and mathematics

نظارت دولت آمریکا کتابی تحت عنوان" شیمی دنیای پاک" توسط انجمن شیمی در ژوئن ۱۹۹۳ به چاپ رسید و مورد توجه و علاقه افراد کثیری در اروپا قرار گرفت. در سال ۱۹۹۵ دولت آمریکا، برای شناسایی تکنولوژی های شیمیایی که اصول شیمیایی را که در طراحی ها، ساختارها و موارد استفاده مواد شیمیایی می‌باشد، بررسی کرد و در نهایت پاداشی را برای ایجاد رقابت در تولید شیمی سبز در نظر گرفت. جوایز اهدا شده و قدردانی های سالیانه از گروه‌ها و همچنین سازمان ها و انجمن ها، سرعت نشر اطلاعات شیمی سبز در صنعت را افزایش داد (لینتورست، ۲۰۱۰، ص ۵۵).

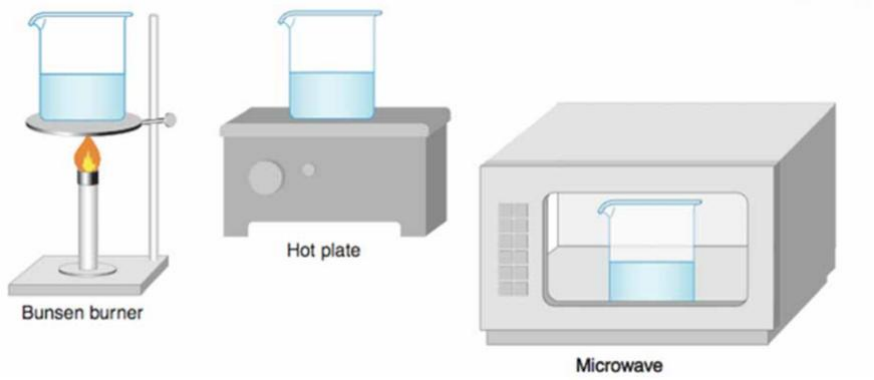
در توسعه فناوری های شیمیایی سبز، ملاحظه و عمل به دوازده اصل که به عنوان اصول اساسی در این زمینه است مدنظر قرار می‌گیرد. دو اصل از اصول ۱۲ گانه شیمی سبز افزایش بهره انرژی (انرژی مصرفی در فرآیندهای شیمیایی) و اقتصاد اتم (افزایش بهره واکنش های شیمیایی) می‌باشد که هر دو در آزمایشگاه شیمی مهم هستند. در این مقاله به منظور اشاعه شیمی سبز دو اصل فوق مورد توجه قرار گرفته و برای فهماندن اهمیت این دو اصل به دانش آموزان از محاسبات ساده استفاده شده است. به اعتقاد نویسنده انجام این فعالیت در کلاس درس در درک اصول شیمی سبز به دانش آموزان کمک خواهد نمود.

بررسی دو اصل از اصول شیمی سبز با کمک محاسبات ساده آزمایشگاهی

۱- افزایش بازده انرژی

در فرآیندهای شیمیایی، روشهای ساخت و جداسازی تا جایی که امکان دارد به گونه ای طراحی شده‌اند که نیاز به انرژی را کاهش دهند و در انتهای واکنش به انرژی بیشتری به صورت ذخیره دست یابیم. به عنوان مثال برای گرم کردن آب سه روش می‌تواند به کار گرفته شود: (تین سند و سیتزمن، ۲۰۱۰).

۱. گرم کردن با شعله چراغ بونزن
۲. گرم کردن با دستگاه ماکروویو
۳. گرم کردن با صفحه داغ



شکل (۱): اشکال مختلف منبع انرژی جهت انجام واکنش در آزمایشگاه

در این خصوص دو مورد زیر اندازه گیری می‌شود:

۱. مقدار گرمای تولید شده توسط سه منبع شعله، دستگاه ماکروویو و صفحه داغ
۲. گرمای جذب شده توسط آب

مقدار گرمای جذب شده توسط آب در مقایسه با گرمای تولید شده توسط هر کدام از این منابع تاثیر شیوه گرمارسانی را نشان می‌دهد.

برای این کار مقدار ۲۰۰ گرم آب را در سه بشر ریخته و به ترتیب بر روی شعله، دستگاه ماکروویو و صفحه داغ قرار می‌دهیم اگر دمای اولیه آب حدود ۱۸ درجه باشد می‌توان برای رسیدن به یک دمای معین که تبخیر در آن دما زیاد نباشد ΔT را محاسبه و سپس ΔH را محاسبه کنیم در این آزمایش دمای ثانویه را حدود ۶۶ در نظر می‌گیریم البته انتخاب دماهای اولیه و ثانویه می‌تواند انتخابی باشد ولی در ΔT هر سه حالت شعله، دستگاه ماکروویو و صفحه داغ اختلاف جزیی وجود دارد.

در ابتدا گرمای آزاد شده توسط شعله را محاسبه می‌کنیم.

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

$$\Delta H_{\text{تولید شده توسط واکنش}} = \sum \Delta H_{\text{تشکیل فراورده}} - \sum \Delta H_{\text{تشکیل واکنش دهنده}}$$

مقدار گرمای استاندارد تشکیل به صورت زیر محاسبه می‌شود معادله (۱).

CO_2= -393.5kJ H_2O= -241/8kJ CH_4= -74.8kJ O_2= 0kJ

معادله (۱) : $\Delta H_{\text{تولید شده توسط واکنش}} = [CO2 + 2(H2O)] - [CH4 + 2(O2)]$

$$\Delta H_{\text{تولید شده توسط شعله}} = \left[\frac{-393.5kJ}{mol} + 2\left(-\frac{241.8kJ}{mol}\right)\right] - \left[\frac{-74.8kJ}{mol} + 2\left(\frac{0kJ}{mol}\right)\right]$$
$$= \frac{-802.3kJ}{mol}$$

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ $\Delta H_{\text{تولیدی محاسبه شده}}$= -802.3kJ/mol CH_4

$$\Delta H_{\text{تولید شده توسط شعله}} = \frac{\text{گرمای واکنش}}{\text{مول متان}} \times \frac{\text{سرعت } L}{s} \times \text{زمان } (s) \times \frac{1 \text{ مول متان}}{22.4\ L} =$$

$$\Delta H_{\text{تولید شده توسط شعله}} = \frac{-802.3kJ}{1\text{مول متان}} \times \frac{19.9 \times 10^{-3} L}{s} \times 245\ (s) \times \frac{1 \text{ مول متان}}{22.4\ L}$$
$$\approx 175\ kJ$$

از آنجا که ۲۴۵ ثانیه در احتراق متان برای گرم کردن آب نیاز است (۱۹/۹×۱۰$^{-۳}$= سرعت جریان) گرمای احتراق برای گرم کردن ۲۰۰ گرم آب از دمای ۱۶ درجه سانتیگراد به ۶۶/۵ درجه سانتیگراد (ΔT= ۵۰/۵°C) به صورت زیر می‌باشد (معادله ۲).

معادله (۲) $\Delta H_{\text{جذب شده آب}}$ = ظرفیت گرمایی ویژه × تغییرات دما × جرم

$$\Delta H_{\text{جذب شده آب}} = 200.0\ g \times 50.5°C \times \frac{0.00418kJ}{g \times °C} = 42.2\ kJ$$

از سوی دیگر گرمای آزاد شده توسط صفحه داغ به صورت زیر است:

۶۹۸ وات صفحه داغ در مدت ۳۷۸ ثانیه طول می‌کشد که ۲۰۰ گرم آب را از دمای ۱۶ درجه به ۶۶ می‌رساند (ΔT= ۵۰/۰°C).

گرمای محاسبه شده مشابه بوده اگر منابع الکتریکی را در نظر بگیریم (۰/۰۰۱ kJ/s watt =۱).

(معادله ۳و۴)

$$\Delta H_{\text{تولید شده صفحه داغ}} = \text{مقدار وات صفحه داغ یا ماکروویو} \times \frac{0.001kJ/s}{watt} \times \Delta t$$

$\Delta H_{\text{تولید شده صفحه داغ}} = 698\ \text{watt} \times \frac{0.001kJ/s}{watt} \times 378\text{s} = 264\ \text{kJ}$

معادله (۴) $\Delta H_{\text{جذب شده آب}}$ = جرم × دما تغییرات × ویژه گرمایی ظرفیت

$\Delta H_{\text{جذب شده آب}} = 200.0\ g \times 50.0°C \times \frac{0.00418kJ}{g \times °C} = 41.8\ kJ$

همچنین گرمای آزاد شده توسط صفحه ماکروویو به صورت زیر است (معادله ۵و۶):

۱۰۰۰ وات ماکروویو در مدت زمان ۶۰ ثانیه برای گرم کردن ۲۰۰ گرم آب از ۱۸ درجه به ۶۷ درجه لازم است ($\Delta T=49.0°C$)

معادله (۵) $\Delta H_{\text{تولید شده ماکروویو}} = 1000\ \text{watt} \times \frac{0.001kJ/s}{watt} \times 60\text{s} = 60.0\ \text{kJ}$

معادله (۶) $\Delta H_{\text{جذب شده آب}} = 200.0\ g \times 49.0°C \times \frac{0.00418kJ}{g \times °C} = 41.0\ kJ$

در مجموع نتیجه بازده محاسبات به صورت زیر است (مقایسه معادلات ۱تا۶):

معادله (۷) $\text{بازده} = \Delta H_{\text{جذب شده}} / \Delta H_{\text{تولید شده}}$

$\text{بازده چراغ بونزن} = \frac{42.2\ kj}{175\ kj} \times 100 = 24.1\%$

$\text{بازده صفحه داغ} = \frac{41.8\ kj}{264\ \text{kj}} \times 100 = 15.8\%$

$\text{بازده ماکروویو} = \frac{41\ kj}{60\ \text{kj}} \times 100 = 68.3\%$

همانطور که در معادله ۷ مشاهده می‌شود بازده در گرم کردن آب با امواج ماکروویو بیشتر از صفحه داغ و چراغ بونزن است.

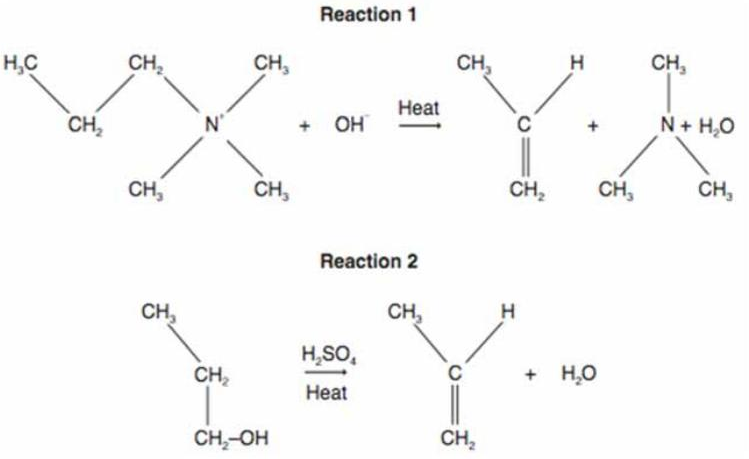
از سوی دیگر استفاده از منابع الکتریکی مانند امواج ماکروویو و صفحه داغ برای گرم کردن آب، تولید CO_2 را به همراه نخواهد داشت که یکی از آلاینده‌های اثر گلخانه‌ای است.

همچنین در مورد آزمایش تست شعله در آزمایشگاه نیز می‌توان به جای استفاده از چراغ بونزن از شمع استفاده کرد که ایمن‌تر بوده و انرژی کمتری مصرف می‌شود که از اصول دوازده گانه شیمی می‌باشد.

۲- اقتصاد اتم(افزایش بهره‌وری از اتم)

اقتصاد اتم به این مفهوم است که بازده واکنشهای شیمیایی را افزایش دهیم یعنی طراحی واکنش‌های شیمیایی به شیوه‌ای باشند که فراورده‌های نهایی بیشتری بدست آید بهتر است با کاهش میزان تولید فراورده های بیهوده و مازاد بازده واکنش‌ها را افزایش دهیم (تین سند و سیتزمن، ۲۰۱۰).

به عنوان مثال برای تهیه پروپن دو راه مختلف وجود دارد که به صورت زیر است (واکنش ۱و۲).



با انجام محاسبات (معادله ۸و۹) که مقدار اتمی محصول را با مقدار اتم ماده اولیه می‌سنجد می‌توان به این نتیجه رسید که واکنش ۲ مناسب تر است و با یکی از اصول شیمی سبز (اقتصاد اتم) سازگاری دارد. از طرفی یکی دیگر از اصول شیمی سبز یعنی طراحی مواد سالم‌تر (استفاده از ماده اولیه قابل دسترس‌تر و تولید تنها ماده آب در واکنش ۲ به عنوان محصول جانبی) هم رعایت شده است.

معادله ۸ (واکنش ۱)

$$\text{بازده اتمی٪} = \frac{\text{وزن ملکولی محصول موردنظر}}{\text{وزن ملکولی تمام محصولات}} \times 100\%$$

$$\text{بازده اتمی٪} = \frac{42g}{119g} \times 100\% = 35\%$$

معادله ۹ (واکنش ۲)

$$\text{بازده اتمی٪} = \frac{\text{وزن ملکولی محصول موردنظر}}{\text{وزن ملکولی تمام محصولات}} \times 100\%$$

$$\text{بازده اتمی٪} = \frac{42g}{60g} \times 100\% = 70\%$$

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله به دو جنبه از شیمی سبز پرداخته شده است که قسمت مهم از شیمی سبز را شامل می‌شود. اول اینکه با استفاده از روش محاسباتی ساده و قابل درک، دانش آموز یاد می‌گیرد در انتخاب منابع حرارتی استفاده شده در آزمایشگاه برای انجام آزمایش دقت کند و از منابعی استفاده نماید که با اصول شیمی سبز سازگار باشد. دیگر اینکه برای تولید یک محصول راه‌های سنتز آن را بررسی نموده و در تمام کارهای عملی آزمایشگاه بازده واکنش و سبز بودن را در نظر بگیرد. این دو محاسبه ساده برای درک بهتر مفهوم شیمی سبز و آشنایی عملی دانش آموزان با این مفهوم کمک کننده بوده و زیربنای آموزش دانش‌آموزان برای آشنایی با شیمی سبز می‌تواند باشد.

منابع

Baker, W. (2009). To give is better than to receive: The benefits of peer review to the reviewer's own writing. *Journal of Second Language Writing*, 18, 30-43.

Matlin, S. A., Mehta, G., Hopf, H. & Krief, A. (2016). One-World Chemistry and Systems Thinking. *Nat. Chem. 8*, 393– 396.

Whitesides, G. M. (2015). Reinventing Chemistry. *Angew. Chem., Int. Ed., 54* (11), 3196– 3209.

Anastas, P. T. Zimmerman, J. B. (2018). How Can Sustainable Chemistry Contribute? *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. 13, 150-153.

Constable, D. (2017). The Practice of Chemistry Still Needs to Change. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 7, 60-62.

Mahaffy, P. G., Krief, A., Hopf, H., Matlin, S. A. & Mehta, G. (2018). Reorienting Chemistry Education through Systems Thinking. *Nature Reviews Chemistry*, 2(4), 126

Voorhees, K., Hutchison, J. E. (2015). Green Chemistry Education Roadmap Charts the Path Ahead. *Chem. Eng. News*, *93* (38), 46.

Holme, T. A., Hutchison, J. E. (2018). A Central Learning Outcome for the Central Science. *J. Chem. Educ. 95*, 499– 501.

Linthorst, J. A. (2010). An Overview: Origins and Development of Green Chemistry. *Foundations of Chemistry*, 12, 55–68.

Tinnesand, M., Sitzman, B. (2010). Incorporating Green Chemistry into the High School Curriculum. https://learningcenter.nsta.org.

Activity

Research in Chemistry Education, Vol 1, No 2, 51-60

Research in Chemistry Education

http://chemedu.cfu.ac.ir

Green Chemistry Education with Applying Simple Calculation in High School Laboratory

Maryam Kiani-Borazjani [1*], Mohammad Kiani-Borazjani [2]

[1] *Department of Science, Farhangian University, Bushehr, Iran*

[2] *Chemistry Teacher, Bushehr, Iran*

Abstract

The term of green chemistry or sustainable chemistry is related to the design of products and processes that can be observed in the twelve principles of green chemistry. In this regard, attending to the green heat sources used for the reactions and how to choose the green reaction with considering economic dimension of the atom is under the discussion in green chemistry. Therefore, in this paper, with the simple calculations for students, this opportunity can be created. In order to select the energy sources and type of reactions, more accurate in the laboratory, and due to the criteria of green chemistry, from the energy sources like microwave, hot plate and flame, the microwave is more suitable for performing the reaction, and they will observe the hot plate and flame in the next position and on the other way they will attend to the economic issues in performing reactions with producing and using materials with less toxicity.

Keywords: Green Chemistry; Green Reaction; Green Energy; Sustainable Chemistry; Chemistry Education.

[*]Corresponding Author: (✉ maryamkiani.b@gmail.com)