Research in Chemistry Education, Vol 6, No 2, 90-103

Research in Chemistry Education

https://chemedu.cfu.ac.ir

The necessity to integrate and teach new technologies at schools: nanotechnology based on the principles of green chemistry

Faezeh Shahdost-Fard [1,*], ***Negin Ghalamkaran*** [1], ***Dena Ghanaat Pisheh*** [1], ***Najmeh Farhadi*** [1]

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

* Corresponding author: (Shahdost@cfu.ac.ir)

ABSTRACT

In this study, nanotechnology based on the principles of green chemistry and need to teach it at schools have been introduced and discussed. Review of articles and library studies based on narrative and descriptive review of various researches in this field have been discussed. Nanoproducts based on green chemistry not only have less destructive and toxic effects but also lead to improved management of waste and more cost-effective recycling. So, to reduce environmental risks, it is better to teach its principles and application through the education systems of the country starting at a young age. The use of various programs and step-by-step training can be useful in better conveying the concepts of nanotechnology based on green chemistry to students. The main challenges in this field are the lack of a written framework and program, the lack of sufficient infrastructure, the large number of textbooks, and the lack of proficient teachers. By adopting optimal educational and research policies and programs, the education system can play an effective role in learning the future generation and improving the conditions of the country.

Keywords:
Chemistry Education,
Nanotechnology,
Green Chemistry,
Waste,
Schools.

REVIEW ARTICLE

Received: 6 February 2024
Revised: 30 April 2024
Accepted: 12 May 2024
Published online: 12 May 2024
Print ISSN: 3041-9271
Online ISSN: 2717-2279

Citation: Shahdost-Fard, F., and et al. (2024). The necessity to integrate and teach new technologies at schools: nanotechnology based on the principles of green chemistry. *Research in Chemistry Education*, *6*(2), 90-103.
https://doi.org/ 10.48310/CHEMEDU.2024.16122.1234

© The author(s)
Publisher: Farhangian University

پژوهش در آموزش شیمی، سال ششم، شماره دوم، صفحات ۱۰۳-۹۰

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

لزوم تلفیق و آموزش فناوری‌های نوین در مدارس: فناوری نانو مبتنی بر اصول شیمی سبز

فائزه شه دوست فرد[۱،*]، نگین قلمکاران[۲]، دنا قناعت پیشه[۲]، نجمه فرهادی[۲]

۱. استادیار، گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران
۲. گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران
* نویسنده مسئول: (Shahdost@cfu.ac.ir)

چکیده

دراین مطالعه به معرفی فناوری نانو مبتنی بر اصول شیمی سبز و لزوم آموزش آن در مدارس پرداخته شده‌است. بررسی مقالات و مطالعات کتابخانه‌ای بر اساس مرور روایت‌گونه و توصیفی پژوهش‌های مختلف در این زمینه مورد بحث قرار گرفته‌است. فرآورده‌های نانویی مبتنی بر شیمی سبز نه تنها اثرات مخرب و سمیت کمتری دارند بلکه منجر به بهبود مدیریت ضایعات و بازیافت مقرون به صرفه‌تر آن می‌گردد. از این‌رو به منظور کاهش خطرات زیست محیطی بهتر است اصول و کاربرد آن از طریق نظام‌های آموزشی کشور و از سنین کم آموزش داده شود. استفاده از برنامه‌های متنوع و آموزش گام به گام می‌تواند در انتقال بهتر مفاهیم فناوری نانو مبتنی بر شیمی سبز به دانش آموزان مفید باشد. عدم وجود چارچوب و برنامه مدون، فراهم نبودن زیرساخت‌های کافی، حجم بالای کتب درسی و عدم تسلط دبیران، چالش‌های اصلی در این زمینه است که نظام آموزش و پرورش با اتخاذ سیاست‌ها و برنامه‌های آموزشی و پژوهشی بهینه می‌تواند نقش موثری در یادگیری نسل آینده‌ساز و بهبود شرایط کشور داشته باشد.

واژه‌های کلیدی:
آموزش شیمی،
فناوری نانو،
شیمی سبز،
ضایعات،
مدارس.

مقاله مروری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۳
تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۲/۲۳
شاپا چاپی: ۹۲۷۱-۳۰۴۱
شاپا الکترونیکی: ۲۲۷۹-۲۷۱۷

ارجاع: شه دوست فرد، فائزه و همکاران (۱۴۰۳). لزوم تلفیق و آموزش فناوری‌های نوین در مدارس: فناوری نانو مبتنی بر اصول شیمی سبز. پژوهش در آموزش شیمی، ۶(۲)، ۱۰۳-۹۰.
https://doi.org/ 10.48310/CHEMEDU.2024.16122.1234

© نویسندگان.
ناشر: دانشگاه فرهنگیان

مقدمه

قابلیت‌های علم فناوری نانو فراتر از توانایی کوچک کردن اجسام است. متخصصان در این زمینه می‌کوشند با کار بر روی چگونگی حرکت اتم‌ها و نوع قرار گرفتن آن‌ها در کنار یکدیگر به ترکیبات مقاوم‌تری از مواد دست یافته و کیفیت مواد تولیدی را بهبود بخشند. از آنجایی که فناوری نانو یک علم بین رشته‌ای است که در اکثر علوم کاربرد دارد، آموزش فناوری نانو در عصر حاضر برای همه افراد به ویژه در مدارس یک ضرورت محسوب می‌شود.

مفهوم شیمی سبز و استفاده از آن در زمینه‌ی شناسایی فناوری‌های شیمیایی در طراحی، ساختار و کاربرد در دهه ۱۹۹۰ میلادی توسط دولت امریکا مطرح شد. رقابت‌های ایجاد شده در این زمینه سبب گردید تا سرعت نشر اطلاعات شیمی سبز در صنعت افزایش یابد به طوری که با تلاش دولت امریکا و انجمن شیمی در چاپ کتاب "شیمی دنیای پاک" مفهوم شیمی سبز رسماً اعتبار پیدا کرد. پائول آناستاس[1]، رئیس وقت شیمی صنعتی امریکا، و جان وارنر[2] ۵۲ اصل برای شیمی سبز ارائه کردند که مبنای این اصول چگونگی جلوگیری از آلودگی هوا هنگام اختراع مواد شیمیایی بود (کیانی برازجانی و کیانی برازجانی، ۱۳۹۸). در عصر حاضر ارائه روش‌ها و فنون جدید متناسب با اهداف سه‌گانه‌ی محیط زیست، اقتصاد و جامعه پایدار در حیطه علم شیمی سبز الزامی است. اگر چه شیمی در پیشرفت تمدن انسان‌ها نقش اساسی دارد اما عدم توجه به مخاطرات آن آسیب‌های چشمگیری به سلامت انسان و محیط زندگی‌اش وارد کرده است. بنابراین، لزوم استفاده از شیمی سبز در بهبود محیط زیست و سلامت انسان ضروری است. شیمی سبز و توسعه پایدار در کنار یکدیگر معنا پیدا می‌کنند (فردوس‌فر، ۱۳۹۳) به گونه‌ای که طراحی فرآیندهای شیمیایی که به سلامتی انسان و کاهش آلودگی محیط زیست کمک کند سبب ایجاد رقابت برای شرکت‌ها و سازمان‌ها می‌باشد (کر و همکاران، ۲۰۰۹). علی‌رغم اینکه استفاده از فناوری‌های شیمیایی سبز در گسترش محصولات و فرآیندهایی که از نظر زیست محیطی غیرمضر بوده و از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر باشند موثر است اما چالش فراوانی را در حوزه‌های مختلف از جمله صنعت، آموزش و تحقیقات، پیش روی دست‌اندرکاران مهندسی و علوم شیمی قرار داده است. با این وجود، این فناوری فرصت‌های نوظهور در زمینه‌های مختلف از جمله کشف و به کارگیری روش‌های جدید، اصلاح اقتصاد فرآیندهای شیمیایی و تقویت تصویری کارآمدتر از این بخش از علوم را به وجود آمده است به گونه‌ای که در سطح بین‌المللی فناوری‌های مبتنی بر شیمی سبز به عنوان نگرشی راهگشا مطرح می‌شوند. این فناوری‌ها مسیرهای جدیدی را برای استفاده از خوراک‌های جایگزین، گسترش، انتخاب و استفاده از حلال‌های غیرمضر برای محیط زیست، یافتن

[1] Anastas
[2] John W Warner

راه‌حل‌های جدید برای سنتز مواد، اصلاح گزینش‌پذیری واکنش‌ها، تولید مواد ضایعاتی کمتر، پرهیز از به کارگیری مواد سمی و مانند آن را مطرح می‌نمایند (آناستاس، ۲۰۰۲).

در طی چند دهه گذشته الزام بررسی آموزش فناوری‌های نوین شیمیایی مبتنی بر اصل‌های شیمی سبز در جهان مطرح شده است. اما همچنان تدوین برنامه‌های درس شیمی سبز به تمام سطوح آموزش به طور مساوی مورد اجرا قرار نگرفته و بیشتر تمرکز آن بر روی دوره‌های تحصیلات تکمیلی و تعداد محدودی در مقطع کارشناسی است (آرمسترانگ و همکاران، ۲۰۱۹). یکی از روش‌های یادگیری عمیق‌تر مفاهیم نانو به ویژه در دوره دانش‌آموزی استفاده از فناوری شیمی سبز و تلفیق فناوری نانو با مفاهیم شیمی سبز برای تدریس در پایه‌های مختلف دبیرستان است که انتخاب واکنش سبز مناسب از لحاظ بعد اقتصادی نیز اهمیت دارد. همچنین از آنجایی که کشور ایران در سال‌های اخیر با مسائل محیط زیستی مختلفی مواجه شده است این امر منجر به اهمیت بیشتر ورود شیمی سبز به برنامه درسی گردیده و آموزش و پرورش به عنوان نهاد کلیدی در آماده‌سازی نسل جدید برای ورود به عرصه‌های فناوری نوین نقش مهمی در این زمینه بر عهده دارد.

پیشینه پژوهش

امروزه مطالب فناوری نانو در بسیاری از کشورها در دوران مدرسه آموزش داده شده و در کنار آن آزمایشگاه‌های نانو نیز احداث شده‌است. در این آموزش‌ها بر آشنایی با اصول مفاهیم اولیه نانومواد و طرز کار سامانه‌هایی که برای شناسایی نانوساختارها مورد استفاده قرار می‌گیرند تاکید شده‌است. بدین منظور در کشورهای تایوان، استرالیا و آمریکا ماژول‌های آموزش فناوری نانو شامل مفاهیم اساسی مانند اندازه، مقیاس و نسبت سطح به حجم طراحی شده تا دانش-آموزان به درک عمیق‌تری از این مفاهیم دست یابند (بلاندر و سراخنینی،۲۰۱۲). در ایران پژوهش‌های محدودی در ارتباط با آموزش فناوری نانو در دوران مدرسه صورت گرفته است که اکثرا بر آموزش مفاهیم سطحی و گذرا تمرکز دارد. به طور مثال در پژوهشی که توسط پژوهشکده توسعه‌ی فناوری دانشگاه شریف به سفارش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی انجام گرفته جایگاه فناوری نانو در کتب درسی بر اساس سه رویکرد بررسی شده است به نحوی که مستقیماً به بیان مفاهیم و موضوعات فناوری می‌پردازد. در بحث روش‌شناسی جایگاه فناوری، مطالبی که ارتباط مستقیم با فناوری دارند در رویکرد اول مورد مطالعه قرار گرفته و در رویکرد دوم، مطالب موجود در کتب درسی که ارتباط نزدیکی با مفاهیم و موضوعات فناوری دارد، بررسی شده‌است. در رویکرد سوم شرح دنیای نانو بر اساس کتب

درسی مورد توجه قرار گرفته که هدف از آن بیان ساده و قابل فهم برای دانش‌آموزان بر اساس مفاهیم آموخته شده می‌باشد (پژوهشکده توسعه تکنولوژی، ۱۳۸۶).

یکی از مزایای حضور مباحث فناوری نانو در برنامه درسی دانش‌آموزان این است که آن‌ها را قادر می‌سازد ارتباطی منطقی بین مفاهیم متفاوت علوم پایه و کاربرد نانو در زمینه‌های مختلف برقرار نمایند (اسکویی و امانی، ۱۳۹۸). بررسی کتب آموزش و پرورش نشان می‌دهد که به تعداد محدودی به مفهوم علم نانو در محتواهای درسی اشاره شده است در حالی که باید در محتوای کتب بیشتر به آن پرداخته شود تا دانش آموزان از پایه‌های پایین‌تر با کابردهای این علم آشنا شده و اهمیت آن را درک کنند (مهربان، ۱۳۹۳). همانطور که ذکر شد در کشورهای مقدم در علم نانو، آموزش از قبل از ورود به دانشگاه و در سطوح پایین‌تر در برنامه درسی به طور رسمی وارد شده‌است اما متاسفانه در ایران هنوز اجراکنندگان برنامه درسی در کشور اهمیت این علم را درک نکرده‌اند (خدایاری شهسواری و همکاران، ۱۳۹۲).

مطابق با سند راهبردی توسعه فناوری نانو در ایران و جهت دستیابی به اهداف سند چشم انداز ایران ۱۴۰۴، حضور در زمره کشورهای پیشتاز در فناوری نانو و ارتقای جایگاه بین‌المللی ایران، در یک افق ده ساله به تصویر کشیده شده‌است و حمایت همه جانبه‌ی آموزش و پرورش و همچنین آموزش عالی برای دستیابی به این اهداف ضروری می‌باشد (چشمه‌خاور و خزایی، ۱۳۹۹). نتایج تحقیقات در رابطه با اثربخشی آموزش نانو نشان می‌دهد که برنامه‌های آموزشی نانو به درک بیشتر مفاهیم این علم کمک می‌کند و همچنین باعث افزایش علاقه دانش آموزان به این موضوع می‌گردد. بنابراین لازم است تلاش‌های بیشتری جهت ورود مباحث فناوری نانو به کتب درسی انجام گیرد (قربانی و همکاران، ۱۴۰۲). توسعهٔ فناوری نانو در اغلب بخش‌های آموزشی، پژوهشی و مدیریتی کشور و تبدیل شدن آن به یکی از اولویت‌های تحقیقاتی و صنعتی ایران موجب شده‌است که در سال‌های اخیر آموزش و پرورش نیز نسبت به این فناوری حساس شده و چگونگی تعامل با فناوری نانو به یکی از دغدغه‌های ذهنی مسئولان این وزارت‌خانه تبدیل شود. این دغدغه با سه سوال اساسی همراه است:

الف) آیا آموزش و پرورش باید با پیدایش هر فناوری جدید راه را برای ورود آن به ذهن دانش‌آموزان باز کند؟

در پاسخ به این سوال ذکر این نکته حائز اهمیت است که این فناوری در ادامه فناوری‌های موجود قرار دارد. بنابراین نمی‌توان این فناوری را یک راه در کنار راه‌های دیگر دید که مجاز به پذیرش یا عدم پذیرش آن گردد بلکه ادامه مسیری است که انسان در آن قرار دارد و انتخاب نکردن آن به معنی ایستادن و حرکت نکردن رو به جلو تلقی می‌شود (اسکویی و همکاران، ۱۳۹۸). بنابراین، آموزش و پرورش به عنوان نهادی موثر در تعلیم و تربیت نسل‌هایی که

در سال‌های آتی وارد عرصه‌های مختلف علمی می‌شوند موظف است مطابق با علم روز دنیا پیش برود تا نیروی انسانی را متناسب با استانداردهای دنیای پیرامون تربیت کند.

ب) در صورت نیاز به آموزش فناوری نانو در مدارس، سطح آموزش باید چگونه باشد و چه چیزهایی آموزش داده شود؟

باید توجه داشت که آموزش و پرورش ایران در حال حاضر جزء قوی‌ترین کشورها در آموزش علوم پایه به دانش-آموزان است اما مشکل آن است که کاربرد این اطلاعات و مفاهیم برای دانش‌آموزان به خوبی مشخص نشده است. بنابراین وقتی دانش آموزان مطالب را به طور گسترده فرا گرفته باشند اما اهمیت و کاربرد آن را ندانند و ندیده باشند چنین آموزشی اثربخش نخواهد بود. در آموزش فناوری نانو این مشکل باید برطرف شود و در کنار مطالب گفته شده در رابطه با مباحث اتمی و مولکولی، به کاربردهای آن به زبان ساده پرداخته شود. بدین ترتیب فراگیران از مفید و کاربردی بودن این علوم اطمینان حاصل می‌کنند.

ج) برای آموزش فناوری نانو از کدام بسترهای آموزشی برای یادگیری اثربخش باید استفاده شود؟

برای آموزش فناوری نانو شیوه‌های متنوعی مانند ایجاد سایت‌های اینترنتی، تهیه فیلم و بازی و برگزاری دوره‌های آموزشی و همچنین استفاده از بستر کتب درسی وجود دارد. از آنجا که این روش‌ها به نوعی مکمل یکدیگر می‌باشند نیاز است از هر کدام از این ابزارها برای بخشی از اهداف آموزشی استفاده شود. به عنوان مثال می‌توان از فیلم و بازی برای آموزش سنین پایین، از بروشور برای جذب و ترغیب دانش‌آموزان، از کتب درسی برای بیان مطالب پایه‌ای و کلیدی، از سایت‌های اینترنتی برای ارائه کارهای جدیدتر و معرفی منابع و همچنین از دوره‌های آموزشی برای آموزش معلمان و مربیان استفاده کرد.

یکی از چالش‌های برخی مدیران و برنامه‌ریزان در رابطه با ورود فناوری نانو به کتب درسی، ترس از ناتوانی معلم‌ها در انتقال و تفهیم این مطالب است در حالی که این چالش را می‌توان با برگزاری دوره‌های ضمن خدمت، معرفی سایت و نشریات و سایر ابزارهای آموزشی پشت سر گذاشت. از آنجایی که سرعت پیشرفت علم در جهان آن‌قدر سریع است که نمی‌توان منتظر تفکرات طولانی مدت و تصمیمات مبتنی بر بروکراسی حاصل از شرایط فعلی ماند، لزوم انتخاب یک مسیر عاقلانه جهت ورود کارشناسانه‌ی این فناوری در آموزش و پرورش ضروری است. در غیر این صورت آموزش و پرورش نه تنها از آموزش این فناوری باز می‌ماند بلکه باید خود را برای ورود فناوری‌های جدید آماده کند و این بدان معنی است که تربیت علمی دانش‌آموز در ایران بیست سال از دنیا عقب خواهد بود.

روش

بررسی مطالعه مقالات ایرانی و خارجی و بررسی برنامه درسی سایر کشورها نشان می‌دهد که در کشور ایران علی‌رغم رشد گسترده این علوم، دانش‌آموزان و حتی معلمان آموزش و پرورش از دانش و اطلاعات لازم و کافی برخوردار نیستند. اغلب پژوهش‌های مذکور حوزه نانو و شیمی سبز را به طور جداگانه مورد بررسی قرار داده‌اند و توجه چندانی به تلفیق و ترکیب این دو با یکدیگر نشده‌است. در حالی که در این مقاله سعی بر بیان ارتباط این دو علم و تاثیرشان بر یکدیگر می‌باشد. از این‌رو، در این پژوهش، کتب درسی دوره ابتدایی تا متوسطه دوم ایران، و مقالات ایرانی و بین‌المللی مختلف با موضوع مذکور مورد مطالعه قرار گرفته است و از طریق رویکرد توصیفی- تحلیلی راهکارهایی برای کمبود مطالب مرتبط با علوم نوین مانند شیمی سبز و فناوری نانو در مدارس ارائه شده است.

یافته‌ها

۱- راهکارهای آموزش فناوری نانو در مدارس

بررسی‌های لزوم آموزش فناوری نانو در مدارس نشان می‌دهد که قبل از ورود به طور رسمی باید ابتدا مقدماتی از این علم از جمله تاریخچه نانو، مفهوم نانو و ضرورت و کاربرد نانو را در دستور کار قرار داد (روکو و همکاران۲۰۰۶، جونز و همکاران، ۲۰۱۳). بدین ترتیب با دانستن مفاهیم عمده این فناوری، انتخاب شیوه‌ها و راهکارهای مناسب جهت آموزش فناوری نانو در مدارس تسهیل می‌گردد. در ادامه به چند مورد از راهکارهای عملیاتی در این زمینه اشاره می‌شود:

۱-۱- استفاده از مدل ها و نرم افزارها

با توجه به پیشرفت فناوری، از مؤثرترین روش‌های آموزش ایجاد سرگرمی برای یادگیرنده است به طوری که باعث افزایش انگیزه می‌شود (آموری[1] و همکاران، ۱۹۹۹). هچنین بازی‌های رایانه‌ای که با جلوه بصری همراه باشد می‌تواند برای یادگیرندگان جذاب باشد (باراب[2] و همکاران، ۲۰۰۵). زیرا یادگیرندگان با تصویرسازی و ایجاد خلاقیت مطالب را بهتر فرا می‌گیرند. ادراک انسان عمدا از طریق قدرت بینایی حاصل می‌شود بنابراین پویانمایی و جلوه‌های ویژه به دانش‌آموزان این مکان را می‌دهد که چیزهایی را مشاهده کنند که قابل درک نیستند. بدین ترتیب مطالب دشوار،

[1] Amory
[2] Barab

پیچیده و انتزاعی مانند ساختار مولکولی ترکیبات، تقارن مولکولی برای یادگیرندگان ساده‌سازی می‌شود (ریبر[1]، ۱۹۹۵ و کوزما و راسل[2]، ۲۰۰۵).

۲-۱- سرگرمی‌های آموزشی

گاتاس و کارور[3] در سال ۲۰۱۲ با ارائه طرحی به کمک قند با ابعاد مختلف (مثل پودر قند، حبه قند، شکر و حبوبات) مفهوم نسبت سطح به حجم را به دانش‌آموزان منتقل کردند. همچنین در پژوهش دیگری شنک و همکاران[4] از بستر برنامه‌های معاصر علم نانو برای آمورش مفاهیم پیچیده‌تر به دانش آموزان دبیرستانی کمک گرفتند. نتیجه پژوهش نشان داد که بستر برنامه‌های علم نانو درک دانش آموزان از ایده‌های نانویی مانند تغییر خواص در مقیاس نانو را تقویت می‌کند (شنک و همکاران، ۲۰۰۹). طبق مطالعات انجام شده دانش آموزان در مقطع دبیرستان درک بهتری از مفاهیم نانو دارند اما امروزه شرایطی برای آموزش مفاهیم نانو به دانش آموزان ابتدایی در محیط‌های خارج از مدرسه نیز فراهم شده‌است (ماندریکاس، ۲۰۱۹). به عنوان مثال در آفریقای جنوبی با برگزاری نمایشگاهی به کمک پوسترها، نمایشگرهای تعاملی، فیلم‌ها و برنامه‌های مختلف در حوزه علوم و فناوری نانو آگاهی و علاقه بیشتری برای دانش آموزان ۱۱ تا ۱۳ ساله ایجاد شد (سعیدی و سیگاکه، ۲۰۱۷). همچنین در سال ۲۰۱۵ در کشور تایوان یک دوره ۳ ساعته با حضور ۳۲۳ دانش آموز پایه ششم برگزار گردید که طی این دوره دانش آموزان با مشاهده آزمایش‌های کاربردی، بازدید از نمایشگاه و پاسخ به معماهای تعاملی با مفهوم، ویژگی‌ها و کابرد نانو ذرات آشنا شدند (لین و همکاران، ۲۰۱۵).

۳-۱- فیلم آموزشی

طی مطالعاتی که برای بررسی درک دانش آموزان از اندازه و مقیاس نانو صورت گرفت، جونز و همکاران[5] با استفاده از فیلم «قدرت ده»[6] تلاش کردند تا دانش آموزان درک بهتری در توانایی‌های دهگانه نسبت به اندازه‌ها در مفهوم نانوذرات داشته باشند (جونز و همکاران، ۲۰۰۷). در پژوهش دیگری توسط ترتر[7] و همکارانش از دانش آموزان پایه پنجم، هفتم، نهم و دوازدهم خواسته شد تا ۲۶ کارت حاوی اشیا با ابعاد مختلف را مرتب کنند تا بتوانند مقیاس نسبی اشیا در ابعاد نانو را تخمین بزنند (ترتر و همکاران، ۲۰۰۶).

۴-۱- پروژه محور

[1] Rieber
[2] Kozma and Russell
[3] Ghattas and Carver
[4] Shank
[5] Jones
[6] Powers of ten
[7] Tretter

یادگیری مبتنی بر پرورژه یک چشم‌انداز جامع است که با درگیر کردن دانش‌آموزان در تحقیق بر تدریس متمرکز است. در این روش دانش آموزان در محیط واقعی برای حل مساله قرار گرفته و با سوالاتی مواجه می‌شوند که در مسیر پاسخ دادن به سوالات می‌توانند با بحث و گفت و گو و طراحی آزمایش یافته‌های خود را با یکدیگر مقایسه کنند. این روش منجر به افزایش انگیزه و درک عمیق تر از مفاهیم می‌شود (بلومنفلد و همکاران، ۱۹۹۱).

۲- لزوم تلفیق فناوری نانو با شیمی سبز

اگر چه در سال‌های اخیر تمایل به تولید نانومواد و استفاده از آن‌ها به طور فزاینده‌ای در حال افزایش است اما اغلب نانومواد حاصل از روش‌های شیمیایی، سمی و خطرناک بوده و آسیب‌های زیست محیطی را به دنبال دارند. لذا در سال‌های اخیر تهیه نانومواد مبتنی بر اصول شیمی سبز جایگاه ویژه‌ای در پژوهش‌ها پیدا کرده‌است. از این رو فناوری نانو در پیوند با شیمی سبز نقش مهمی در حفظ محیط زیست از مواد خطرناک دارند. فناوری نانو مبتنی بر ضایعات با کاهش مصرف مواد خام و کاهش حجم انبوده زباله‌های دورریختنی آسیب‌ها و خسارات وارده به محیط زیست را کاهش می‌دهد. تلفیق فناوری نانو با شیمی سبز از دو بعد دارای اهمیت است؛ از یک سو بهره‌گیری از فناوری نانو منجر به نانومواد مبتنی بر اصول شیمی سبز می‌شود که تخریب کمتر محیط زیست، کاهش میزان آلودگی هوا و حذف گازهای خطرناک، کاهش گرم شدن کره زمین و حذف باران اسیدی را به دنبال دارد و از سویی دیگر استفاده از ضایعات به عنوان جایگزین ماده اولیه شیمیایی در تولید نانومواد منجر به کاهش توده‌های زباله در سطح زمین و بازیافت زباله‌های بی‌مصرف می‌گردد.

۲-۱- سنتز نانومواد از ضایعات

اصطلاح زباله تا گنج به روش‌های استفاده مجدد، بازگردانی یا استفاده‌ی خلاقانه از زباله‌های دور ریخته شده اشاره دارد که منجر به محصولات باارزش افزوده می‌گردد. نرخ استفاده از مواد دایره‌ای اتحادیه اروپا (که به آن نرخ دایره‌ای یا چرخشی گفته می‌شود) در سال ۲۰۲۰ به ۱۲/۸٪ رسیده است که نسبت به سال ۲۰۱۹ به میزان ۰/۸٪ افزایش داشته است. این بدین معنی است که تقریباً ۱۳ درصد از منابع مادی مورد استفاده در اتحادیه اروپا از مواد زائد بازیافتی تهیه شده‌است. این نرخ برای فلزات ۲۵٪ (۰/۷٪ +)، برای مواد معدنی غیرفلزی (شامل شیشه) ۱۶٪ (۰.۷٪+)، زیست توده (شامل کاغذ، چوب، بافت و غیره) ۱۰٪ (۰/۲٪ +) و سوخت های فسیلی ۳٪ (۰/۵٪ +) در مقایسه با سال ۲۰۱۹ گزارش شده است[1].

[1] https://ec.europa.eu

در مهندسی هوشمند نانوساختارها به کمک فرآیند سنتز کم‌هزینه و سبز، می‌توان ضایعات غیرقابل استفاده را در تولید نانومواد دوباره مصرف کرد. بر اساس گزارش آژانس حفاظت از محیط زیست، آلودگی حاصل از پوسته تخم‌مرغ به عنوان پانزدهمین معضل بزرگ آلودگی صنایع غذایی معرفی شده‌است (آجالا و همکاران، ۲۰۱۸). قسمت غشایی پوسته تخم مرغ غنی از پروتئین است و هنگامی که به صورت زباله دور ریخته می‌شود، با رشد قارچ روی آن و جذب حیوانات موذی سلامت محیط زیست را به خطر می‌اندازد. اما می‌توان از آن به عنوان کود، خوراک دام، تولید لوازم آرایشی، واکنشگر مهندسی بافت، ترمیم زخم و جاذب مواد شیمیایی خطرناک استفاده کرد. اخیرا از غشای پوسته تخم مرغ (ESM)[1] برای سنتز نقاط کربنی (CD)[2] طی روشی غیرسمی، کم هزینه و با ارزش افزوده استفاده شده است (میتال و همکاران، ۲۰۱۶). از این‌رو تلاش بیشتر برای کاهش حجم انبوه زباله‌های شهری و همچنین کاهش ساخت نانومواد از مواد سمی و خطرناک، درک لزوم تلفیق فناوری نانو و شیمی سبز و آموزش آن در مدارس را مشخص می-کند.

۳- مثال های کاربردی در تدریس فناوری نانو و شیمی سبز

ورود فناوری نانو همراه با شیمی سبز در کتب درسی با مثال‌های عینی و کاربردی به بسط مطالب درسی در قالب مباحث نوین و کارآمد جهت کاربردی کردن نظام تدوین کتب درسی در رسیدن به توسعه پایدار کمک قابل توجهی می‌کند. در ادامه چندین مثال از کاربردهای فناوری نانو و شیمی سبز و لزوم تدریس آن در مدارس ارائه می‌شود.

الف) کاربرد نانوذرات در کشاورزی و مواد غذایی

باتوجه به رشد روز افزون جمعیت کره زمین و لزوم نجات بشر از گرسنگی، فناوری نانو با هدف بهبود کیفیت و کمیت مواد غذایی نقش مهمی در صنعت کشاورزی و صنایع غذایی ایفا کرده‌است. دانش‌آموزان به عنوان آینده‌سازان کشور باید در مورد اهمیت کاربرد فناوری نانو و طرح ایده‌های نو و خلاقانه در این زمینه آگاهی لازم را داشته‌باشند. ذکر مثال‌های ملموس و قابل تجربه می‌تواند منجر به درک عمیق دانش‌آموز از این امر مهم گردد. مثلا دانش‌آموز باید بداند که آشنایی با کاربرد نانوذرات مغذی منجر به کاهش هزینه‌های گلخانه‌ها می‌شود. تحولات فناوری نانو سبب افزایش میزان سوددهی و کاهش عوارض سموم کشاورزی و مشکلات ناشی آن شده‌است (دوایودی، ۲۰۱۶). نانوامولسیون‌ها با مواد معدنی مختلف، ویتامین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، پپتیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای چرب غنی شده افزایش سلامتی محصولات غذایی را تضمین کرده‌اند. از مزایای نانوامولسیون‌ها می‌توان کاهش ویسکوزیته، پایداری ترمودینامیکی و شفافیت محصول را نام برد. نانوکودها با جذب کامل در گیاه ضمن تامین کمبودهای غذایی (رضایی

[1] ES membrane
[2] Carbon Dots

۲۰۰۹، مظلومی ۲۰۱۲)، منجر به افزایش تولید بذر، سرعت بخشیدن به جوانه‌زنی گیاه، بهبود مقاومت به تنش‌های زنده و محیطی و آفات، کاهش اثرات آلودگی محیط زیست، کاهش سمیت خاک و کاهش تعداد دفعات مصرف کود می‌شود (کهوت و همکاران، ۲۰۱۲، الحبی و همکاران، ۲۰۱۶، دورسا و همکاران، ۲۰۱۰).

ب) کاربرد نانومواد در حفظ محیط زیست

اختلال تعطیلی ناشی از آلودگی هوا در مدارس در سال‌های اخیر مفهوم درک استفاده از نانومواد در سلول‌های خورشیدی و تولید انرژی پاک‌تر و تجدیدپذیر و تاثیر مستقیم آن بر کاهش آلودگی‌های هوا را برای دانش‌آموزان ساده-تر می‌کند. استفاده از فیلترهای نانویی علاوه بر اینکه برای ساخت نانوماسک در مقابل آلودگی محیط زیست کاربرد دارند سبب جلوگیری از آلودگی منابع آبی و غذایی نیز می‌شوند (سانتوش، ۲۰۱۶، احدی، ۲۰۱۱و وانگ، ۲۰۱۸). همچنین برخی نانومواد با قابلیت دفع‌کنندگی اشعه ماورابنفش در ترکیب کرم‌های ضد آفتاب و شیشه عینک استفاده می‌شود (وان، ۲۰۱۱ و راج، ۲۰۱۲). استفاده از نانوذرات طلا به عنوان کاتالیست در حذف آلاینده‌های حاصل از گازهای خروجی خودرو منجر به کاهش آلودگی هوا می‌گردد (پورصادق، ۱۴۰۲).

ج) تشخیص نانومواد در فساد مواد غذایی

نانوحسگرها به عنوان هشداری برای فاسد شدن مواد غذایی گازهای خارج شده از مواد غذایی فاسد را با تغییر رنگ بسته‌بندی‌های پلاستیکی مشخص می‌کنند. دانشمندان دانشگاه استراد کلاید[1] انگلستان جوهر آبی رنگی تولید کردند که چنانچه در معرض نور ماورای بنفش قرار گیرد تمام رنگ خود را از دست داده و نسبت به اکسیژن حساس می‌شود. با توجه به این نکته که این جوهر وقتی در معرض اکسیژن قرار گیرد رنگ خود را از دست می‌دهد، بنابراین به خریداران مواد غذایی کمک می‌کند تا تازه بودن یا نبودن مواد غذایی را تشخیص دهند (کریمی، ۱۳۹۰). نانوذرات با پایه پروتئینی در بسته‌بندی مواد غذایی به منظور افزایش استحکام و ویژگی‌های ممانعت‌کنندگی مانند خواص ضد آب استفاده شده‌است. نانوذرات پروتئینی بادام زمینی وقتی در کامپوزیت‌های زیستی گنجاده می‌شوند استحکام و مقاومت در برابر دما و ویژگی‌های ضدرطوبتی را بهبود می‌بخشند. نانولوله‌های کربنی در تشکیل حسگرهای اکسیژن به منظور پایش غلظت اکسیژن در بسته‌بندی‌های اتمسفر اصلاح شده به کار برده شده‌است. بدین ترتیب نانولوله‌های کربنی در یک ماتریس پلیمری مصنوعی در بسته‌بندی مواد غذایی ادغام می‌شوند تا حسگر هوشمندی با خصوصیات ضدمیکروبی جهت تشخیص فساد مواد غذایی ایجاد گردد (اشفاق و همکاران، ۲۰۲۲).

[1] University of Strathclyde

بحث و نتیجه‌گیری

نظام آموزشی باید به گسترش جهانی فناوری نانو در زمینه‌های مختلف مانند کشاورزی، پزشکی، صنعت، محیط زیست و غیره و تاثیر مستقیم آن بر زندگی انسان توجه داشته باشد. از آنجایی که یاددهی فناوری نانو و تلفیق آن مانند هر علم دیگری ضمن حل مشکلات گوناگون، معایب متعددی به دنبال دارد هر فرد فارغ از شغل و علاقه شخصی باید نسبت به حفظ محیط زیست مسئول باشد. از این‌رو بهتر است هر دو علم فناوری نانو و شیمی سبز با یکدیگر تلفیق شده و از دوران دانش‌آموزی و به صورت گام به گام به افراد آموزش داده شود تا ضمن درک مفاهیم آن از مزایای آن نیز بتوان در بهبود زندگی در شرایط مختلف استفاده گردد. هر چند سطح آموزش فناوری نانو مبتنی بر ضایعات بالاتر از سطح فعلی آموزش مدارس است اما آموزش گام به گام در پایه‌های مختلف تحصیلی همراه با راهکارهای مبتنی بر بازی و سرگرمی محدودیت‌های عملی این امر را کاهش داده و مفاهیم کاربردی‌تری به دانش‌آموز ارائه می‌دهد.

مشارکت نویسندگان

فائزه شه دوست فرد: نگارش و بازبینی، رهبری پروژه (۳۰٪)
نگین قلمکاران: مطالعات کتابخانه‌ای و نگارش (۲۶٪)
دنا قناعت پیشه: مطالعات کتابخانه‌ای و نگارش (۲۳٪)
نجمه فرهادی: مطالعات کتابخانه‌ای و نگارش (۲۱٪)

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

منابع

بهتاش اسکویی، افسانه؛ امانی، وحید (۱۳۹۸). مروری بر نانو فناوری و ضرورت آموزش آن در مدارس. پژوهش در آموزش شیمی، ۱(۲)، ۲۱-۳.

بیاتی، امین (۱۴۰۲). فناوری نانو و ضرورت آموزش آن در مدارس، سیزدهمین کنفرانس بین المللی پژوهش‌های مدیریت و علوم انسانی در ایران، تهران.

پژوهشکده توسعه تکنولوژی (۱۳۸۶). مطالعات اولیه ایجاد موزه علوم نانو مهندسی، فصل اول جایگاه فناوری نانو در کتب درسی. دانشگاه شریف، ویرایش سوم.

پورصادق، فائزه (۱۴۰۲). تحلیل و بررسی نانو و نانوذرات و کاربردهای آن در شیمی و نانو شیمی، ششمین کنگره ملی شیمی و نانو شیمی از پژوهش تا توسعه ملی، تهران.

چشمه‌خاور، امیرحسین؛ خزایی، زینب (۱۳۹۹). نانو فناوری و ضرورت آموزش آن در مدارس، بررسی چالش‌های پیش رو. پژوهش در آموزش شیمی، ۲(۲)، ۱۱۰-۹۱.

خدایاری شهسواری، ایرج؛ جلیلی، لیلا؛ مهربان، زهرا؛ حاتمی، جواد (۱۳۹۲). آموزش فناوری نانو ضرورتی جدید در برنامه درسی، همایش ملی تغییر در برنامه درسی دوره های آموزش و پرورش، دانشگاه بیرجند، بیرجند.

فردوس‌فر، رحیم؛ فتحی، حسن(۱۳۹۳). آموزش نوین شیمی با رویکرد ورود آزمایش‌های شیمی سبز در کتب شیمی متوسطه، اولین کنفرانس ملی نفت، گاز پتروشیمی و توسعه پایدار.

قربانی، فاطمه؛ اصلانی راجعونی، محمد؛ غلامرضایی، علی اکبر (۱۴۰۲). آموزش نانوفناوری در مدارس. پژوهش در آموزش شیمی، ۴(۲)، ۸۴-۶۸.

کریمی، نیره (۱۳۹۰). معرفی و کاربرد پوشش‌های خوراکی در بسته‌بندی. علوم و فنون بسته‌بندی،۲، ۳۹-۳۲.

کیانی برازجانی، مریم؛ کیانی برازجانی، محمد (۱۳۹۸). آموزش اصول شیمی سبز با به کارگیری محاسبات ساده در آزمایشگاه دبیرستان. پژوهش در آموزش شیمی، ۱(۲)،۶۰-۵۱.

مهربان، زهرا (۱۳۹۳). تلفیق رویکردی مناسب برای ورود علم و فناوری نانو به محتوای برنامه درسی. مطالعات برنامه درسی ایران، ۵-۳۴.

Ahadi, P. (2011). Applications of nanomaterials in construction with an approach to energy issue. *Advanced Materials Research*, 261, 509–514.

Ajala, O.E., Eletta, O.A., Ajala, M.A., Oyeniyi, S.K. (2018). Characterization and evaluation of chicken eggshell for use as a bio-resource. *Arid Zone Journal of Engineering, Technology and Environment*, 14, 26-40.

Alharby, H.F., Metwali, E.M., Fuller, M.P., Aldhebiani, A.Y. (2016). Impact of application of zinc oxide nanoparticles on callus induction, plant regeneration, element content and antioxidant enzyme activity in tomato under salt stress. *Archives of Biological Sciences*, 68(4), 723-735.

Amory A., Naicker K., Vincent J., Adams C. (1999). The use of computer games as an educational tool: Identification of appropriate game types and game elements. *British Journal of Educational Technology*, 30, 311–321.

Anastas, P.T., Kirchhoff, M.M. (2002). Origins, current status, and future challenges of green chemistry. *Accounts of chemical research*, 35(9), 686-694.

Armstrong, B. (2019). Developing a green chemistry focused general chemistry laboratory curriculum: what do students understand and value about green chemistry?. *Journal Chemical Education*, 96 (11), 2410-2419.

Ashfaq, A., Khursheed, N., Fatima, S., Anjum, Z., (2022). Application of nanotechnology in food packaging: pros and cons. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7, 100270.

Barab, S., Thomas, M., Dodge, T., Carteaux, R. (2005). Making learning fun: quest atlantis, a game without guns. *Educational Technology Research and Development*, 53, 86–107.

Blonder, R., Sakhnini, S. (2012). Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 500–516.

Derosa, M.R., Monreal, C., Schnitzer, M. (2010). Nanotechnology in fertilizers. *Nature Nano technology*, 5, 91.

Dwivedi, S. (2016). Understanding the role of nanomaterials in agriculture. *Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity*. 271-288.

Jones, G., Blonder, R., Gardner, G.E. (2013). Nanotechnology and nanoscale science: educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35, 1490–1512.

Khot, L. R., Sankaran, S. J., Maja, M., Ehsani, R. (2012). Applications of nano materials in agricultural production and crop protection. *Crop Protection*, 64-70.

Kozma, R., Russell, J. (2005), Multimedia learning of chemistry. In R. Mayer (Ed.), Cambridge handbook of multimedia learning, New York, NY: Cambridge University Press.

Lin, S.Y., Wu, M.T., Cho, Y.I., Chen, H.H. (2015). The effectiveness of a popular science promotion program on nanotechnology for elementary school students in I-Lan City. *Research in Science & Technological Education*, 33, 22–37.

Mandrikas, A., Michailidi, E., Stavrou, D. (2019). Teaching nanotechnology in primary education, *Research in Science & Technological Education*, 38, 1-19.

Mazlomi M., Pirzad, A. Zardoshti, M. (2012). Allocation ratio of photo synthase to different parts of sugar beet plant affected by Nano-iron foliar application at varying growth stages. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 2, 121- 128.

Mittal, A., Teotia, M., Soni, R.K., Mittal, J. (2016). Applications of egg shell and egg shell membrane as adsorbents: A review, *Journal of Molecular Liquids*, 23, 376-387.

Raj, S., Jose, S., Sumod, U. S., Sabitha, M. (2012). Nanotechnology in cosmetics: Opportunities and challenges. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 4(3), 186.

Rezaei, R., Hosseini, S.M. (2009). Identification and analysis of the barriers of nanotechnology development in the Iranian agricultural sector from the viewpoint of the researchers. *Journal of Science and Technology Policy*, 2(1), 17-26.

Rieber, L.P. (1995). A historical review of visualization in human cognition. *Educational Technology Research and Development*, 43, 45–56.

Roco, M.C. (2006). Nanotechnology's Future. *Scientific American*, 293, 39.

Saidi, T., Sigauke, E. (2017). The use of museum based science centres to expose primary school students in developing countries to abstract and complex concepts of nanoscience and nanotechnology. *Journal of Science Education and Technology*, 26, 470–480.

Santhosh, C., Velmurugan, V., Jacob, G., Jeong, S.K. (2016). Role of nanomaterials in water treatment applications: a review. *Chemical Engineering Journal*, 306, 1116-1137

Tretter, T., Jones, G. (2006). Conceptual boundaries and distances: students' and experts' concepts of the scale of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 282–319.

Van Broekhuizen, P., Cornelissen, R. (2011). Use of nanomaterials in the european construction industry and some occupational health aspects thereof. *Journal of Nanoparticle*, 13, 447–462.

Wong, N., Paddon, A. (2014). Nanoscience and nanotechnology in solar cells. *Journal of Energy Resources Technology*, 136.