آموزش مفاهیم نانو ساخت

استفاده از راهبرد مدل و مدل‌سازی

زهرا مهربان پژوهش
عضو هیئت علمی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

اشاره

در این مقاله فعالیتی ساده برای آموزش مفاهیم رویکردهای نانوساخت (بالا- پایین و پایین- بالا) به دانش‌آموزان دوره اول متوسطه ارائه می‌شود و از راه شبیه‌سازی فیزیکی بر پایه راهبرد مدل و مدل‌سازی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این فعالیت، از فوم پلی‌استیرن، دانه‌های جدا شدهٔ فوم پلی‌استیرن، و چسب چوب، به ترتیب به‌عنوان مدل‌هایی برای نشان دادن ماده توده، ذرات سازنده ماده توده، و نیروهای جاذبه بین ذره‌های سازنده استفاده شده است. راهبرد یاددهی- یادگیری به‌کار گرفته شده توسط مربی در کلاس درس آزمایشگاه، راهبرد مدل و مدل‌سازی بوده است. فعالیت‌های طراحی شده برای سنجش میزان عملکرد و کارایی در آموزش مفاهیم یاد شده، روی دانش‌آموزان پایه نهم که داوطلب شرکت در دوره‌های آمادگی المپیاد دانش‌آموزی علوم و فناوری نانو بوده‌اند آزمایش شد. نتایج حاصل نشان‌دهنده درک قابل قبولی از رویکردهای نانوساخت در این دانش‌آموزان بوده است.

کلیدواژه‌ها: راهبرد مدل و مدل‌سازی ،آموزش علوم و فناوری نانو، دوره اول متوسطه تحصیلی، رویکرد بالا ـ پایین، رویکرد پایین ـ بالا، شبیه‌سازی فیزیکی، نانوساخت

مقدمه

به‌طور معمول هر واژه‌ای که با نانو همراه می‌شود، مانند فناوری نانو، علم نانو و نانومواد، برای همه از جذابیت خاصی برخوردار است، زیرا برخی از اثرهای مثبت فناوری نانو، در زندگی روزمره را با آن می‌توان مشاهده کرد (هاجکوا، فجفار، و سمیجکال[1]، ۲۰۱۳). در همین راستا استقبال جامعه دانش‌آموزی از توجه به علم و فناوری نانو[2] و انگیزه فعالیت در این حوزه نیز چشمگیر است چرا که شنیدن یا خواندن اخبار در مورد کاربردهای گوناگون علم و فناوری نانو، برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد این حوزه علمی و فناوری، آن‌ها را تشویق می‌کند. آموزش فناوری نانو و جنبه‌های مرتبط با آن می‌تواند به‌عنوان رشته‌ای جداگانه در نظر گرفته و آموزش داده شود یا اینکه به راحتی با رشته‌های علوم تجربی (شیمی، فیزیک و زیست‌شناسی) تلفیق شود (مهربان، ۱۳۹۳). به‌منظور پاسخگویی به نیازهای دانش‌آموزان، تجربه‌های آزمایشگاهی خوبی در حوزه فناوری نانو در سطوح مختلف تحصیلی (اسکالفانی و همکاران[3]، ۲۰۱۵؛ جکوببرگر و همکاران[4]، ۲۰۱۱؛ باگاریا و همکاران[5]، ۲۰۱۵؛ و شارپ و اندرسکو[6]، ۲۰۱۵) گزارش شده‌اند که تنها تعداد معدودی از آن‌ها با مواد و ابزار قابل دسترس و روش‌های آسان انجام پذیرند (هاجکوا و همکاران، ۲۰۱۳، و گوس و همکاران[7]، ۲۰۱۳) و امکان پیاده‌سازی در

کلاس‌های درس آزمایشگاه را در سطح دوره اول یا دوم متوسطه دارند.

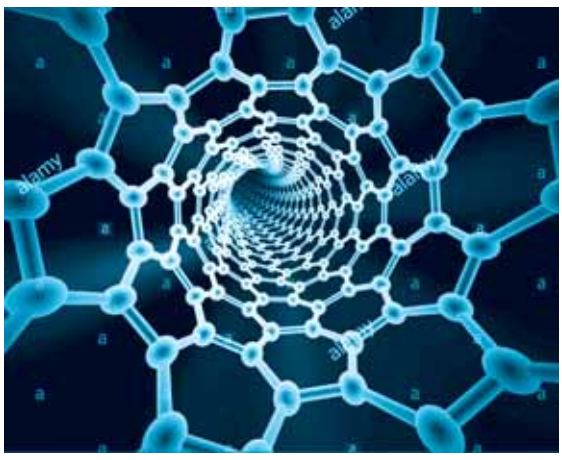
به دلیل بسیار کوچک بودن مقیاس در دنیای نانو، درک و لمس پدیده‌های این دنیا برای دانش‌آموزان، بدون استفاده از ابزار و دستگاه‌های ویژه دشوار است. یکی از راهبردهای یاددهی‌ـ یادگیری که می‌تواند درک این دنیای بسیار کوچک را برای دانش‌آموزان قابل لمس و امکان‌پذیر کند، راهبرد مدل و مدل‌سازی است.

مدل به سامانه‌ای از اشیاء و نمادها گفته می‌شود که با سامانه دیگری ـ که سامانه هدف نامیده می‌شود ـ در ارتباط هستند و برای نشان دادن اشیاء یا پدیده‌های دیگر در سامانهٔ هدف به‌کار می‌روند (گیلبرت[8]، ۲۰۱۱، و رپ و سنگوپتا[9]، ۲۰۱۱). مدل‌ها در سه گروه دسته‌بندی می‌شوند: مدل‌های فیزیکی (دو یا سه بعدی)، مدل‌های رایانه‌ای و مدل‌های فکری. با بررسی ادبیات مرتبط با آموزش مفاهیم علم و فناوری نانو، فعالیت‌های طراحی شده‌ای را می‌توان یافت که در آن‌ها، با استفاده از راهبرد مدل و مدل‌سازی اقدام به آموزش علم و فناوری نانو شده است (دراجوجلویک[10]، ۲۰۱۵؛ چاتمونتره و همکاران[11]، ۲۰۱۵؛ کازاس و استاپ[12]، ۲۰۱۵ و کیپولا و فراری[13]، ۲۰۱۶). آموزش به کمک مدل هنگامی می‌تواند کاراتر باشد که با رویکردهای تعاملی مانند انجام آزمایش توسط فرد یادگیرنده صورت گیرد. در این‌حالت، یادگیری از راه انجام دادن، تنها یک دستکاری ساده اشیاء نیست، بلکه هنگامی که این کار انجام می‌گیرد، یادگیرنده از راه درگیری عمیق برای بررسی اشیاء، مواد، پدیده‌ها و ایده‌ها از آن تجربه‌ها، فهم و معنایی در ذهن خود ترسیم می‌کند (هاروی و لیرلو[14]، ۱۹۹۴و رادفورد[15]، ۱۹۹۴).

تعریف دو مفهوم در نانوساخت

در این مقاله فعالیتی بر پایه شبیه‌سازی فیزیکی، با استفاده از راهبرد ساخت مدل ـ که توسط خود دانش‌آموزان اجرا می‌شود ـ ارائه شده است که در جریان آن، مفاهیم متداول در نانوساخت، یعنی رویکردهای بالا‌ـ پایین و پایین‌ـ بالا را برای دانش‌آموزان قابل درک می‌کند.

رویکرد بالا‌ـ پایین، رویکردی است که در آن مواد نانو مقیاس با



یکی از راهبردهای یاددهی‌ـ یادگیری که می‌تواند درک این دنیای بسیار کوچک را برای دانش‌آموزان قابل لمس و امکان‌پذیر کند، راهبرد مدل و مدل‌سازی است

روش کوچک‌سازی مواد توده تهیه می‌شوند. نمونه‌ای از این روش، آسیاب کردن یا خرد کردن مواد توده است (هابز و همکاران[16]، ۲۰۱۲ و کائو و وانگ[17]، ۲۰۱۱). در رویکرد پایین‌ـ بالا، مواد نانو مقیاس از به هم پیوستن و کنار هم قرار گرفتن ذره‌های سازنده آن ماده (اتم به اتم، مولکول به مولکول، خوشه به خوشه) تشکیل می‌شوند. این فرایند افزایشی، به خودتجمعی معروف است.

برای ساخت مدل در این فعالیت، معلم باید مواد فهرست‌شده را تهیه و آماده کند و به ترتیب، در هر بخش از فعالیت (آزمایش) در اختیار دانش‌آموزان قرار دهد.

مواد و وسایل مورد نیاز

چند قطعه فوم پلی‌استیرن معروف به یونولیت، به شکل مکعب به ابعاد ۱۰ × ۱۰ × ۱۰، با دانه‌های درشت و به تعداد گروه‌های دانش‌آموزان؛ تعداد زیادی دانه‌های جدا شده کروی و سالم از قطعه‌های پلی‌استیرن؛ چسب چوب برای ایجاد و نمایش نیروهای جاذبه بین ذره‌های سازنده یک ماده توده؛ سوزن ته‌گرد؛ قیچی؛ یک برگ مقوای تیره و خط کش.

در این فعالیت بهتر است معلم، دانش‌آموزان را به گروه‌های سه نفری تقسیم کند، زیرا انجام فعالیت به‌صورت تکی بسیار وقت‌گیر و دشوار است. همچنین با تقسیم کار بین اعضای گروه، دانش‌آموزان یاد می‌گیرند که چگونه به‌صورت گروهی در کنار هم برای رسیدن به هدف کار کنند. توصیه می‌شود، اگر دانش‌آموزان با علم و فناوری هیچ‌گونه آشنایی ندارند، پیش از انجام فعالیت دست‌کم ده دقیقه، دربارهٔ معرفی این حوزه و نانومقیاس، همراه با آوردن نمونه‌هایی از کاربردهای فناوری نانو در زندگی روزمره توضیح‌هایی داده شود.

بنا بر زمان میانگین گرفته شده از گروه‌های دانش‌آموزی که این فعالیت به‌طور آزمایشی برای آن‌ها اجرا شد، زمان موردنیاز برای انجام هر فعالیت ۱۵ دقیقه، و برای پاسخ‌گویی به پرسش‌های داده شده در کاربرگ ۱۰ دقیقه بوده است. پس با در دست داشتن زمان لازم برای توضیح ابتدایی، انجام این فعالیت و در نظر گرفتن زمانی برای پاک‌سازی محیط آزمایشگاه، زمان ۶۰ دقیقه‌ای برای انجام این فعالیت مناسب است.

چنان‌که اشاره شد، در این فعالیت هر کدام از قطعه‌های مکعبی شکل فوم پلی‌استیرن، به‌عنوان مدلی برای نمایش قطعه‌ای از یک ماده توده در نظر گرفته می‌شوند و هر کدام از دانه‌های کروی شکل جدا شده از قطعه، مدلی برای نمایش دادن ذره‌های سازنده ماده توده یعنی اتم، مولکول، و... خواهند بود.

آموزش به کمک مدل هنگامی می‌تواند کاراتر باشد که با رویکردهای تعاملی مانند انجام آزمایش توسط فرد یادگیرنده صورت گیرد

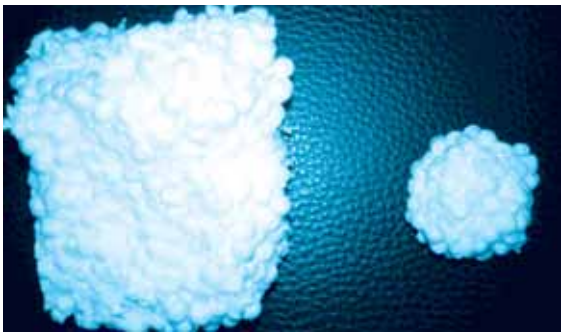
هنگامی که این کار انجام می‌گیرد، یادگیرنده از راه درگیری عمیق برای بررسی اشیاء، مواد، پدیده‌ها و ایده‌ها از آن تجربه‌ها، فهم و معنایی در ذهن خود ترسیم‌می‌کند

نکته‌های ایمنی

مواد و وسایل به کار رفته در این فعالیت خطرناک نیستند ولی از معلم خواسته می‌شود که در انجام کار با قیچی و سوزن ایمنی را رعایت کند تا از آسیب وارد شدن به دانش‌آموزان جلوگیری شود.

آزمایش ۱

در این آزمایش به هر کدام از گروه‌ها دو قطعه مکعب از فوم پلی‌استیرن، خط‌کش، یک ورق مقوای با زمینه تیره و قیچی داده می‌شود و از آن‌ها می‌خواهیم با رعایت نکته‌های ایمنی و توجه به نظافت محیط، بخش‌های اضافی یک قطعه از مکعب‌ها



شکل ۱ تهیه توپ با استفاده از برش دادن قطعه مکعبی شکل پلی‌استیرن

را چنان ببرند تا یک توپ کروی شکل به قطر سه سانتیمتر بسازند[۱۹]. به دلیل ایجاد الکتریسیته ساکن، کار با دانه‌های فوم دشوار است. برای جلوگیری از پراکنده شدن دانه‌ها در محیط آزمایشگاه، نخست باید دانه‌ها با کمی رنگ سفید پایه آبی، رنگ و در هوا خشک شوند.

سپس از دانش‌آموزان می‌خواهیم مانند شکل ۱ روی مقوای داده شده، در سمت چپ، مکعب اولیه و در سمت راست، توپ ساخته را قرار دهند.

آزمایش ۲

در این آزمایش به هر کدام از گروه‌ها مقدار زیادی از دانه‌های جدا شده از فوم پلی‌استیرن، یک ورق مقوای با زمینه تیره، مقداری چسب چوب و چند سوزن ته‌گرد می‌دهیم و از آن‌ها می‌خواهیم با رعایت نکته‌های ایمنی، هر سوزن ته‌گرد را در یکی از دانه‌ها فرو برند، دانه‌ها را به چسب چوب آغشته کنند و پس از خشک شدن، با کنار هم قرار دادن آن‌ها یک توپ کروی شکل

شکل ۲ تشکیل هسته اولیه برای تهیه توپ، با چسباندن دانه‌های جدا شده پلی‌استیرن

شکل ۳ تهیه توپ با چسباندن دانه‌های پلی‌استیرن به یکدیگر

به قطر سه سانتیمتر بسازند.

برای انجام درست و راحت‌تر کار، بهتر است نخست یک هسته اولیه شامل سه یا چهار دانه تهیه شود و پس از خشک شدن روی یک سوزن ته‌گرد، مانند شکل ۲ نصب شود. سپس دانه‌های سوار شده روی نوک چند سوزن ته‌گرد دیگر ـ که آغشته به چسب هستند ـ به نوبت به هسته اضافه شوند تا یک توپ تشکیل شود.

از دانش‌آموزان می‌خواهیم مانند شکل ۳، روی مقوای داده شده در سمت چپ، دانه‌های اولیه و در سمت راست، توپ ساخته شده را قرار دهند.

در پایان آزمایش‌ها، معلم کاربرگی ـ حاوی پرسش‌هایی که در پی آمده است ـ را در اختیار هر گروه قرار می‌دهد و از آن‌ها می‌خواهد به‌صورت گروهی به آن پاسخ دهند. این پاسخ‌ها در کلاس بحث می‌شوند و اگر کامل نبودند معلم، پاسخ‌ها را کامل می‌کند. به این ترتیب دانش‌آموزان با به‌کارگیری راهبرد مدل و مدل‌سازی در کلاس درس آزمایشگاه، آن هم به روشی که

رویکرد بالا ـ پایین، رویکردی است که در آن مواد نانومقیاس با روش کوچک‌سازی مواد توده تهیه می‌شوند

در رویکرد پایین ـ بالا، مواد نانومقیاس از به هم پیوستن و کنار هم قرار گرفتن ذره‌های سازنده آن ماده (اتم به اتم، مولکول به مئلکول، خوشه به خوشه) تشکیل می‌شوند

خودشان درگیر ساخت مدل می‌شوند، می‌توانند مفاهیم مرتبط با رویکردهای نانوساخت را به‌خوبی درک و لمس کنند و برای هر رویکرد بنا به روش به‌کار رفته، یک نام تعریفی مناسب ارائه دهند.

پرسش‌ها

اگر در این فعالیت، قطعه یونولیت یا فوم پلی‌استیرن، به‌عنوان مدلی برای نشان دادن یک قطعه از ماده و دانه‌های جدا شده از فوم به‌عنوان ذره‌های سازنده آن ماده (اتم، مولکول و..) در نظر گرفته شوند، به‌صورت گروهی به این پرسش‌ها پاسخ دهید:

۱. روش انجام کار در دو آزمایش انجام شده، چه تفاوت‌ها و شباهت‌هایی با هم دارند؟

۲. اگر یک ماده نانو مقیاس را با روش آزمایش ۱ بسازیم چه نامی را مناسب این روش می‌دانید، به‌گونه‌ای که آن نام، بیانگر این روش ساخت باشد؟

۳. اگر یک ماده نانو مقیاس را با روش آزمایش ۲ بسازیم چه نامی می‌تواند برای این روش ساخت مناسب باشد؟

نتیجه‌گیری

هدف از طرح پرسش۱، این است که ذهن دانش‌آموزان را متوجه مقایسه دو رویکرد ساخت توپ پلی‌استیرنی کنیم؛ یکی شروع از یک قطعه پلی‌استیرن با ابعاد بزرگ و تبدیل آن به توپی با ابعاد کوچک‌تر (اشاره به مفهوم بالا- پایین) از همان جنس، و دیگری شروع از دانه‌های پلی‌استیرن با ابعاد کوچک و تبدیل به توپی با ابعاد بزرگ‌تر (اشاره به مفهوم پایین ـ بالا) از همان جنس. شباهت هر دو رویکرد یکسان بودن هدف آن‌ها، یعنی ساخت یک توپ با ابعاد یکسان است. با مقایسه دو روش، دانش‌آموزان تعریفی از دو رویکرد ساخت در ذهن خود ترسیم می‌کنند و با طرح پرسش‌های ۲ و ۳، با کمک تعریف ترسیم شده، به تعمیم رویکردهای دنبال شده در دو آزمایش ۱و۲ (سامانه مدل) به سمت ساخت مواد در مقیاس نانو (سامانه هدف) می‌پردازند. در نتیجه می‌توانند نامی مناسب برای هر یک از این دو رویکرد پیشنهاد دهند که قابلیت کاربرد برای ساخت هر ماده نانو مقیاس را داشته باشد.

گفتنی است که این فعالیت روی دانش‌آموزان پایه نهم ـ که داوطلب شرکت در المپیاد علوم و فناوری نانو بودند ـ اجرا شد و بنا به نتایج حاصل از پاسخ به پرسش‌های کاربرگ و ارائه آن به‌طور شفاهی در پایان کلاس درس آزمایشگاه، دانش‌آموزان موفق به درک مفاهیم نانوساخت، به کمک راهبرد مدل و مدل‌سازی شده بودند و به پرسش‌ها در پایان آزمایش‌ها، در حد خوب و قابل قبول، پاسخ‌های مناسب و درستی دادند.

پی‌نوشت‌ها

1. Hajkova, Fejfar and Smejkal

۲. علم نانو، مطالعهٔ پدیده‌ها و دستکاری مواد در مقیاس اتمی، مولکولی و ماکرو مولکولی (محدودهٔ ۱ تا ۱۰۰ نانومتر) است که به دلیل کوچکی اندازهٔ ذرات، خواص آن‌ها در مقایسه با ذرات بزرگ‌تر متفاوت است. فناوری نانو نیز طراحی، شناسایی، تولید و کاربرد ساختارها، دستگاه‌ها و سامانه‌هایی در محدودهٔ نانومتری تعریف شده است (سند سیاسی انجمن سلطنتی ، ۲۰۰٤).

3. Scalfani, Turner, , Rupar, , Jenkins, and Bara
4. Jacobberger, Machhi, Wroblewski, Taylor, Gillian-Daniel, and Arnold.
5. Bagaria, Dean, and Nichol
6. Sharpe and Andreescu
7. Goss, Brandt, and Lieberman
8. Gilbert
9. Rapp and Sengupta
10. Dragojlovic
11. Chatmontree, Chairam, and Supasorn
12. Casas, and Estop
13. Cipolla, and Ferrari, L
14. Huary and Rillero
15. Rutherford
16. Hobbs, Petkov, and Holmes
17. Cao and Wang
18. Self-assembly

۱۹. از دانش‌آموزان خواسته شود که دانه‌های نیمه برش خورده را از سطح توپ جدا کنند و تنها دانه‌های کامل روی سطح آن قرار داشته باشند.

منابع

1. Bagaria, H. G.; Dean, M. R.; Nichol, C. A.; Wong, M. S. , *J. Chem. Educ*. **2011**, 88 (5), 609.
2. Cao, G.; Wang, Y. Applications, 2nd Edition, World Scientific: Singapore, **2011**.
3. Casas, L.; Estop, E., *J. Chem. Educ*. **2015**, 92 (8), 1338.
4. Chatmontree, A.;Chairam,S.;Supasorn,S.; Amatatongchai,M.; Jarujamrus,P.; Tamuang, S.; Somsook, E., *J. Chem. Educ*. **2015**, 92 (6), 1044.
5. Cipolla, L.; Ferrari, L.A. , *J. Chem. Educ*.**2016**, publication Date (Web):29 Jan.
6. Dragojlovic, V., *J. Chem. Educ*. **2015**, 92 (8), 1412.
7. Gilbert, S. W. Models-Based Science Teaching: Understanding and Using Mental Models, NSTA Press: Virginia, **2011**.
8. Goss, V.; Brandt, S.; Lieberman, M. Measuring, *J. Chem. Educ*. **2013**, 90 (3), 358.
9. Hajkova, Z.; Fejfar, A.; Smejkal, P., *J. Chem. Educ*. **2013**, 90 (3), 361.
10. Hobbs, R. G.; Petkov, N.; Holmes, J.D.,*Chem. Mater*. **2012**, 24 (11), 1975.
11. Huary, D.L.; Rillero, D. Perspective of Hands-on Science Technology, The ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education, Columbus, OH, **1994** ,P. 4.
12. Jacobberger, R. M.; Machhi, R.; Wroblewski, J.; Taylor, B.; Gillian-Daniel, A. L.; Arnold, M.S., *J. Chem. Educ*. **2015**, 92 (11), 886.
13. Rapp D. N.; Sengupta P., Models and Modeling in Science Learning, In Seel, N. M. (ed.) Encyclopedia of the Sciences of Learning, Springer, **2011**, 1320.
14. Rutherford, F. J. Hands-on: A means to an end. 2061 Today, **1993**, 3(1), 5.
15. Scalfani,V.F.; Turner,C.H.; Rupar,P.A.; Jenkins,Al.H.; Bara,J.E. ,*J.Chem.Educ*. **2015**, 92 (11), 1866.
16. Sharpe, E.; Andreescu, S., *J. Chem. Educ*. **2015**, 92 (5), 886.

۱۷. مهربان، زهرا؛ تلفیق رویکردی مناسب برای ورود محتوای علم و فناوری نانو در محتوای کتاب‌های درسی، فصلنامه مطالعات برنامه درسی، ۱۳۹۳، ۹ (۳٤)، ٤۳-۵.