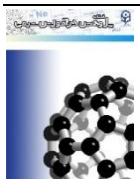
Archive of SID

مقاله مروری

پژوهش در آموزش شیمی، سال اول، شماره دوم ، صفحات ۳-۲۱



پژوهش در آموزش شیمی

http://chemedu.cfu.ac.ir

مروری بر نانو فناوری و ضرورت آموزش آن در مدارس

افسانه بهتاش اسکویی[۱]، وحید امانی[۲*]

[۱و۲] گروه شیمی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

چکیده

نانوشیمی در قرن ۲۱ میلادی به عنوان یک حوزه‌ی علمی جدید شناخته شده است. در واقع موضوعی بین رشته ای است که با علوم فیزیک، شیمی، دارویی، انرژی و غیره ارتباط نزدیکی دارد. با استفاده از نانوتکنولوژی و نانوفناوری می‌توان خواص نوری، مغناطیسی، الکتریکی، شیمیایی و دیگر خواص را مطابق طراحی مراقبت نمود. بنابراین لازم است علوم ارائه شدنی در مدارس به‌روز بشوند و علوم و فناوری نانو به صورت منسجم در آن گنجانیده شود تا نسل ها و نیروی کار آینده مسئولانه تصمیمات علمی بگیرند. از جمله مزیت های علوم نانویی با دیگر علوم، قادر ساختن دانش آموزان و دانشجویان به درک و ارتباط بهتر بین علوم است. بهترین نتایج آموزش بندرت بدون انگیزه قوی آموزگار، آموزش فعّال و روش‌های بهینه یادگیری به دست آمده است. در این نوشتار ضرورت آموزش مفهوم نانوشیمی و درک دانش آموزان از آن مورد تأکید قرار می‌گیرد. طراحی راهبرد مناسب و پژوهش‌های مبتکرانه منجر به یادگیری بر مبنای همکاری و مشارکت دانش آموزان خواهد شد. در روش آموزش مشارکتی اعتماد بنفس دانش آموزان افزایش خواهد یافت.

.

کلیدواژه‌ها: نانو شیمی، آموزش فناوری نانو، فناوری نانو، علم نانو

*نویسنده مسئول: (v.amani@cfu.ac.ir ✉)
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۲۸

www.SID.ir

Archive of SID

مقدّمه

نانوتکنولوژی یک حوزه‌ی علمی نوظهور و در ارتباط با علوم شیمی، موادّ، فیزیک، داروسازی و انرژی به سرعت در حال توسعه است. با به کارگیری فناوری در مقیاس نانو می‌توان خواص مختلفی از مواد مانند نوری، مغناطیسی، الکتریکی، فضایی و شیمیایی را مراقبت نمود (کنوبل و همکاران، ۲۰۱۰). این خواصّ مراقبت شده منجر به کاربردهایی جدید و مفیدی خواهد شد (میاپان و همکاران، ۲۰۰۴). در حال حاضر بازار محصولات بر مبنای فناوری نانو در سطح جهانی بیش از ۱۰۰۰ میلیارد دلار بر آورد می‌شود. حدود ۲ میلیون پرسنل در این حوزه مشغول بکار هستند (میاپان و همکاران، ۲۰۰۴). به‌منظور برآورد شدن این تقاضا، کارکنان مربوطه بایستی در حوزه های مختلف تولید و کاربرد این فناوری مهارت لازم را به دست آورند.

یکی از مزیّت‌های قرار گرفتن علوم و فناوری نانو در برنامه درسی دانش‌آموزان این است که آن‌ها را قادر می‌سازد، ارتباطی منطقی‌تر بین مفاهیم علوم فیزیک، شیمی و زیست شناسی و کاربرد نانو در آن حوزه‌ها برقرار نمایند. بدین ترتیب آن‌ها قادر خواهند بود آن علوم را با هم مقایسه کنند و نتیجه می‌گیرند که انسان‌ها در تمام دوره‌ها در زندگی بسته به پیشرفت علم همیشه از فناوری‌های مختلف استفاده کرده‌اند که نانوفناوری هم یکی از آن‌ها است. ضمن این‌که رشته‌های مطالعاتی بسیار متنوع را می‌توانند دنبال کنند که به آن‌ها این امکان را خواهد داد که با کاربرد نانو فناوری جهان را تغییر دهند. به‌طورمعمول درک دانش آموزان از سود و زیان این علوم وابسته به نوع کاربرد آن است. محصّلین یاد می گیرند که منتقدانه بیندیشند، در هر موردی واقعیت‌ها را بررسی کنند و مزایا و معایب را بسنجند. به‌تازگی در بسیاری از کشورها مطالب نانوفناوری به نحوی در برنامه‌ی درسی دانش آموزان گنجانیده شده است و حتی آزمایشگاه‌های نانویی نیز تدارک دیده شده است (میاپان ام و همکاران، ۲۰۰۴، کنوبل ام و همکاران ۲۰۱۰، پلانینسیک جی و همکاران، ۲۰۰۸). راهبرد آموزشی و پرورشی مربوط به این فناوری یک رویکرد شامل مفهوم سازی، عینی سازی و دانش‌آموز محوری است. خلاصه‌ای از عنوان های مقدماتی برای مفهوم سازی و آموزش نانو فناوری برای دانش‌آموزان را می‌توان بدین گونه بر شمرد:

۱-تاریخچه نانوفناوری ۲- نانومواد کدام‌اند ۳- نانوفناوری چه ضرورتی دارد ۴- نانولوله‌ها ۵- کوانتوم دات‌ها ۶- نانوفناوری در کجا تأثیرگذار است ۷- خود انباشت ملکولی ۸- فناوری سل ژل ۹- فناوری‌های آنالیز نانویی (روکو و همکاران، ۲۰۰۶، جونز و همکاران، ۲۰۱۳).

آموزش نانوفناوری

چالش امروزی در فراهم کردن آموزش‌های بین رشته‌ای برای دانش‌آموزان و دانشجویان است که فهمی وسیع را از علوم پایه مانند فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی، زمین شناسی و غیره را

www.SID.ir

Archive of SID

ببار آورد. ورود علوم نانویی به مدارس یک الگوی آموزشی جدید را ضروری ساخته است. از آن‌جا که ساختار علوم بنوعی دارای چهارچوب است، نمی‌توان به سادگی برخی از سر فصل‌های گذشته را حذف و به جای آن سرفصل جدید قرار داد. در آموزش علوم و فناوری نانویی بایستی به ویژگی‌های طبیعت، شکل و ساختار محصولات دقّت کافی وجود داشته باشد. مثال‌های زیر می‌تواند تصویری از این رویکرد را ارائه نماید.

فنّاوری نوین

جدید بودن فناوری بازتاب دهنده ویژگی‌های جدید محصول است که خواصّ کیفیّتی و کمیّتی نو و بالا را ارائه می‌کند و با محصولات سنتی و پایه تفاوت دارد. بنابراین آموزگاران بایستی محیط و راهبرد منسجمی را در پیش گیرند تا دانش‌آموزان را تشویق به مواجهه با دستاوردهای علوم جدید نمایند. ضرورت آموزش نانوفن‌آوری با زیر ساخت لازم سابقا" مورد تأکید قرار گرفته است (فولی و همکاران ۲۰۰۶). تاکنون روش‌هایی گوناگون به منظور آموزش شیمی از جمله آموزش نانو شیمی در مدارس در پیش گرفته شده است که در زیر به بررسی تعدادی از آن‌ها می‌پردازیم.

۱) یادگیری با مدل‌ها و سرگرمی‌های نرم افزاری

مدل‌ها و سرگرمی‌های نرم‌افزاری از جمله مؤثرترین روش‌های آموزشی است که با ایجاد سرگرمی، انگیزه‌ی افراد را برای یادگیری بالا می‌برد. این روش به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا بر روی مسائل متمرکز شوند و بهتر یاد بگیرند. محقّقان آموزشی دریافته‌اند که بازنویسی دروس و درآوردن آن‌ها به شکل داستانی به همراه درگیر کردن دانش‌آموزان به پیروزی در داستان (به شکل بازی بازنویسی کردن) به‌طور قابل ملاحظه‌ای یادگیری کودکان و نوجوانان را بالا می‌برد (آموری و همکاران، ۱۹۹۹). بازی‌های رایانه‌ای با جلوه‌های بصری، تجربه آموزی و ایجاد خلاقیّت باعث بهبود سطح یادگیری می‌شوند (باراب و همکاران، ۲۰۰۵). تصویر سازی به علت پیدا کردن و حل مسائل، ارزش بسیاری در بازی‌های رایانه‌ای دارد (بتز، ۱۹۹۵). ادراک ما از محیط پیرامون به‌طور عمده به‌وسیله‌ی قدرت بینایی و تصویر سازی حاصل می‌شود که متنوع‌ترین اطلاعات را به ما می‌دهد. پویانمایی به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد که چیزهایی را مشاهده کنند که به طور مستقیم قابل درک نیستند. علاوه بر این شبیه سازی‌های رایانه‌ای (به‌عنوان مثال بازی) در عین سرگرم کنندگی می‌توانند علاقه مندی دانش‌آموزان را بالا برده و مفاهیم دشوار مربوط به مباحث مختلف شیمی را به آن‌ها بیاموزد. دانش‌آموزان هنگامی که با اطلاعات قرار گرفته در متن و تصویر و آزمایش واقعی

www.SID.ir

Archive of SID

برخورد می‌کنند در مقایسه با زمانی که تنها متن در درسترس است، مفاهیم دشوار را ساده‌تر می-آموزند. درک دانش‌آموزان از مباحث پیچیده علمی در مقیاس نانویی مانند ساختار ملکولی ترکیبات، تقارن ملکولی و ساختار بلورین آن‌ها با تصویر سازی (پویانمایی- بازی‌های رایانه‌ای) و استفاده از نانوفناوری بهبود می یابد (ریبر، ۱۹۹۵).

کوزما و راسل (۲۰۰۵) تأکید کردند که از تجسّم در آموزش شیمایی و نانو فناوری می‌توان برای یادگیری مفاهیم اصلی شیمایی مانند پیوند، ساختار، واکنش پذیری، تعادل‌های شیمایی و اندازه‌ی ذرّات و بهبود خواص آن‌ها بهره جست. برنامه‌های آموزشی بصری باعث می‌شوند یادگیرنده به‌طور فعال در یادگیری فعال شده و انگیزه‌های یادگیری را بالا ببرد.

۲) یادگیری با مدل‌ها و سرگرمی‌های عینی

برای توسعه‌ی درک دانش‌آموزان از نسبت مساحت به نسبت سطح به حجم، گاتاس و کارور (۲۰۱۲) استفاده از انواع مختلف قند (یعنی پودر قند، مکعب شکر و حبوبات) را به منظور کمک به دانش آموزان در درک نسبت سطح به حجم پیشنهاد کردند. این بررسی از طرف بلوندر و ساخینی (۲۰۱۲) در پایه‌ی نهم انجام شده است. دروس شامل ۲۲ فعالیت با محوریت اندازه و مقیاس و نسبت سطح به حجم به دانش‌آموزان پایه نهم در کشور یونان بوده است. این مطالعه نشان داده است که استفاده از روش‌های مختلف آموزشی باعث افزایش درک دانش‌آموزان و افزایش علاقه آن‌ها به فناوری نانو می‌شود. درنهایت در چارچوب پروژه‌ی علم نانو، مطالب جامع تدریس برای دانش‌آموزان دبیرستانی با استفاده از بستر برنامه‌های معاصر علوم و فناوری نانو[1]، برای کمک به آن‌ها برای درک بیشتر مفاهیم پیچیده‌تر علوم و فناوری نانو تهیه شده است. ارزیابی‌های انجام شده در کلاس علم نانو (شنک و همکاران، ۲۰۰۹) نشان داده که زمینه برنامه‌های علوم و فناوری نانو درک دانش آموزان از ایده‌های علوم و فناوری نانو، مانند تغییر خواص در مقیاس نانو را تقویت می‌کند.

همان طور که در بالا شرح داده شده مشخص می‌شود که مطالعات انجام شده در مورد درک دانش‌آموزان از مقیاس نانو بیشتر مربوط به دانش‌آموزان مسن‌تر است نه دانش آموزان دوره‌ی ابتدایی. در مطالعاتی که سعی در آشنایی دانش آموزان دوره‌ی ابتدایی با مباحث علوم و فناوری نانو دارند کمبود آن ذکر شده است. با این حال تلاش‌هایی برای بحث در مورد موضوعات علوم و فناوری نانو برای دانش‌آموزان دوره‌ی ابتدایی در زمینه‌های خارج از مدرسه وجود دارد (ماندریکاس، ۲۰۱۹). در آفریقای جنوبی نمایشگاهی از یک موزه علمی که شامل تکنیک‌ها ، برنامه‌ها، پوسترها، فیلم‌ها و نمایشگرهای تعاملی در علوم و فناوری نانو است، برای بررسی میزان دانش آموزان ۱۱ تا ۱۳ ساله

[1] Nano Science and Nano Technology (NST)

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده شده است (سعیدی و سیگاکه ۲۰۱۷). دانش‌آموزانی که از نمایشگاه نانو بازدید کردند دانش خود را در مورد علوم و فناوری نانو گسترش دادند اما مهمترین نتیجه، افزایش علاقه دانشجویان به علوم و فناوری نانو بوده است. همچنین در تایوان یک دوره ۳ ساعته علوم و فناوری نانو برای ۳۲۳ دانش آموز دبستانی (پایه ششم) در قالب فعالیت‌های اردوگاهی برای ارتقای آموزش علوم محبوب (لین و همکاران، ۲۰۱۵) استفاده شده است. فعالیت‌های اردوگاه شامل مقدمه‌ای برای علوم و فناوری نانو، آزمایش‌هایی در مورد تأثیر نیلوفر آبی، بازدید از نمایشگاه نانو و معماهای تعاملی است. دانش-آموزان ابتدایی پیشرفت‌های چشمگیری در درک خود در مورد مباحث علوم و فناوری نانو داشتند که به ترتیب در سه بخش با نام‌های "پدیده‌های نانو در جهان طبیعی"، "نانومواد و اثرات مقیاس گذاری آن‌ها" و "معنی، ویژگی‌ها و کاربردهای فناوری نانو" تقسیم شده‌اند.

۳) استفاده از فیلم‌های آموزشی

مطالعاتی زیاد برای درک دانش‌آموزان در مورد اندازه و مقیاس نانو انجام شده است. به عنوان مثال، جونز و همکارانش (۲۰۰۷) از فیلم "قدرت های ده" استفاده کردند و تأثیر این فیلم را در مفهوم اندازه‌ی ذرات نانو در دانش‌آموزان دوره‌ی متوسّطه بررسی کردند. نتایج نشان داده است که این فیلم به دانش‌آموزان کمک کرده تا توانایی‌های ده‌گانه را در نسبت اندازه‌ها بهتر درک کنند. به همین ترتیب، ترتر و همکارانش (۲۰۰۶) از دانش‌آموزان در سنین مختلف (کلاس‌های ۵، ۷، ۹ و ۱۲) خواسته‌اند که ۲۶ کارت را که اشیاء را به ابعاد مختلف نشان می‌دهند را مرتب کنند تا بتوانند اندازه‌ها را بهتر تصور کنند. محققان به این نتیجه رسیدند که دانش‌آموزان می‌توانند مقیاس نسبی اشیا را دقیق‌تر از مقیاس مطلق آن‌ها تخمین بزنند.

۴) یادگیری بر مبنای پروژه

یادگیری بر مبنای پرورژه یک چشم‌انداز جامع است که با درگیر کردن دانش‌آموزان در تحقیق بر تدریس متمرکز است. این روش تدریس دانش‌آموزان را در محیط واقع بینانه برای حل مسأله قرار می‌دهد. در این چارچوب، دانش‌آموزان با سؤالات مربوط مواجه می شوند، آن‌ها را به بحث می‌گذارند و تصمیم گیری و طراحی آزمایش انجام می‌دهند. داده‌ها را در انتها جمع‌آوری و نتیجه-گیری می‌کنند و یافته‌های خود را با دیگران مقایسه می‌کنند. استفاده از روش یادگیری بر مبنای پروژه باعث می‌شود دانش‌آموزان درکی عمیق تر نسبت به اهمیّت مطالب پیدا کنند (بلومنفلد و همکاران، ۱۹۹۱). این روش می‌تواند برای دانش‌آموزانی که مدرسه را خسته کننده یا بی معنی تصور می‌کنند انگیزه ایجاد کند.

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایشگاه نانویی

آزمایشگاه و تجربه مربوطه در آموزش فناوری نانویی می‌تواند اصل موضوع و نتایج آن را به دانش‌آموزان ملموس نماید. به‌عنوان مثال یک راه برخورد با مسأله این‌است که عنوانی خاصّ از نانوفیزیک و یا نانوشیمی را شناسایی و انتخاب نموده (به‌عنوان‌مثال شرح عملکرد یک دستگاه و یا یک ماده) و آنگاه آن‌ها را با علوم موجود تلفیق نماییم. به‌عنوان نمونه می‌توان دستگاه میکروسکوپ با نیروی اتمی را انتخاب و سپس عملکرد آن را در حوزه علوم نانویی آموزش داد. رویکرد آموزش بر مبنای نیاز درسی نیز به‌وسیله‌ی برخی محققان مورد تأکید قرار گرفته است (باولز ۲۰۰۴، گوپتا و همکاران ۲۰۰۸).

مفاهیم بین رشته‌ای

بایستی خواص منحصر به فرد مواد نانویی را در آموزش مورد عنایت قرار داد. برای فهم بهتر این خواص و نشان دادن رفتار اتم‌ها و ملکول‌ها معمولا" از دستگاه‌های مجهز سمعی و بصری استفاده می‌نمایند (درانه و همکاران ۲۰۰۹). به منظور ارائه‌ی یک مفهوم مرتبط با شیمی به دانش‌آموزان، تعریفی ساده و روشن را می‌توان به این صورت ارائه داد: علم نانو عبارت‌است از مطالعه چیزهای بسیار کوچک در قیاس نانویی و نانوفناوری شامل توسعه فنی آن مطالعات و تولید قطعاتی مانند اجزاء الکترونیکی و تراشه‌های رایانه‌ای در مقیاس نانویی است. به بیان دیگر علم نانو یعنی فکری بزرگ برای تهیه ابزاری بسیار ریز است. در واقع این مقیاس اندازه‌هایی حداکثر تا ۱۰۰ نانومتر است. یک نانومتر یعنی یک میلیاردم متر. اندازه‌ای که خواص فیزیکی و شیمیایی مواد و اشیاء در آن تغییر اساسی را نشان می‌دهند. در هرحال این علم دنیای اطراف انسان‌ها را شکلی جدید خواهد بخشید. اما چگونه عمل می‌کند و یا به بشریت کمک می‌کند نیاز به گذشت زمان دارد. بدین جهت مثبت و یا منفی بودن این تغییرات برای انسان‌ها هنوز جای بحث زیادی دارد. دو اصطلاح علم نانویی و نانوفناوری در امور روزمره معمولا" مترادف و یا جابه‌جا به کار می‌روند، درحالی‌که معنا و محدوده‌ای متفاوت دارند.

علم نانو

علم نانو عبارت‌است از مطالعه‌ی ساختارها و مواد در مقیاس فوق العاده ریز و متعاقبا" نشان دادن خواص منحصر به فرد و جذاب آن‌ها. این علم ویژگی چند وجهی و بین رشته‌ای شامل تخصص-های شیمی، فیزیک، زیست شناسی، مواد، انرژی، داروسازی و مهندسی‌های مختلف است که موجب درک بهتر انسان از محیط اطراف می‌شود.

نانوفناوری

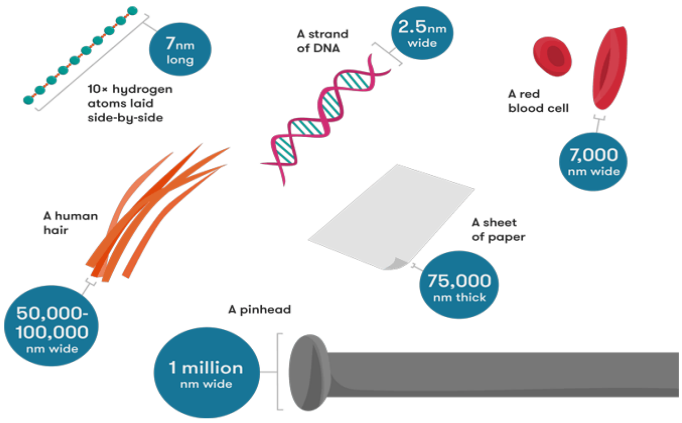
www.SID.ir

Archive of SID

نانوفناوری که گاهی هم تولید ملکولی بیان می‌شود، عبارت‌است از طراحی، تولید و کاربرد ساختارها، تجهیزات و سامانه‌ها در مقیاس نانویی.

مقیاس نانویی

مقیاس نانویی به ابعاد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر اطلاق می‌شود. بدین معنا که از مقیاس سانتیمتر، میلیمتر و میکرومتر هم پایین تر آمده تا جایی‌که به مقیاس یک میلیاردم متر رسید. برای درک بهتر این مقیاس، در نظر بگیریم که چنانچه ۱۰ اتم هیدروژن به حالت ردیف به صورت دانه‌های یک تسبیح کنار هم قرار گیرند اندازه‌ی رشته حاصل ۷ نانومتر خواهد بود. یک رشته دی ان ا (DNA) حدود ۲/۵ نانومتراست. پهنای یک گلبول قرمز خون ۷۰۰۰ و ضخامت یک تار موی انسان ۵۰۰۰۰ و ضخامت یک برگ کاغذ معمولی ۷۵۰۰۰ نانومتر و عرض ته یک سنجاق کوچک یک میلیون نانومتر است. در شکل ۱ این مثال‌ها به صورت تصویری ارائه شده‌اند.



شکل ۱: ارائه تصویری مقیاس نانویی

مشاهده مقیاس نانویی

درحالی‌که به نظر می‌رسد این مقیاس زیر چشم انسان قرار دارد، اما در عمل، دنیای بسیار ریز در فاصله‌ای بسیار دور قرار دارد. این دنیا در ورای هر حسی وجود دارد. بنابراین باید دید که دانشمندان چگونه به رخدادهای آن پی می‌برند. به جرأت می‌توان گفت برای مشاهده دنیای بسیار ریز به ماشین‌های بسیار پیچیده و بزرگ نیاز است. در گذشته‌ی دور حدود سال ۱۹۳۰ میلادی دانشمندان با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، میکروسکوپ الکترونی انتقالی (TEM) و میکروسکوپ الکترونی میدانی (FIM) مشاهداتی در مقیاس نانویی داشتند. این

www.SID.ir

Archive of SID

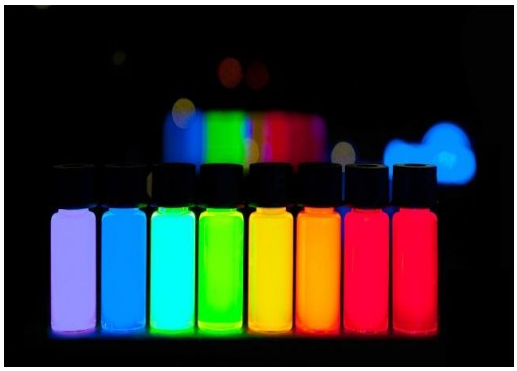
میکروسکوپ‌های الکترونی یک پرتو الکترونی را بر روی نمونه تابانیده و وضوح و تفکیک تصویری بهتر از میکروسکوپ نوری مرسوم فراهم می‌نمایند. این میکروسکوپ‌ها بزرگ‌نمایی تا یک میلیون برابر دارند در حالی که میکروسکوپ معمولی تا ۱۵۰۰ برابر بزرگنمایی دارد. بدین ترتیب آغاز نانوفناوری اعلام شد. به‌تازگی با استفاده از میکروسکوپ تونلینگ روبشی (STM)، میکروسکوپ با نیروی اتمی (AFM) و هلوگرافی مشاهده مقیاس نانویی اجسام در سطح اتمی و در فضای سه بعدی (3D) نیز امکان‌پذیر شده است. بدین ترتیب بررسی خواص مکانیکی و سطحی اجسام از قبیل زبری و نرمی قابل ارزیابی می‌شود (روکو، ۲۰۰۶، جونز و همکاران، ۲۰۱۳، گاتاس، ۲۰۱۲، بریان و همکاران، ۲۰۱۵، آلفورد و همکاران، ۲۰۰۹ ، گرینبرگ، ۲۰۰۹، مک رل، ۲۰۱۲، هارمر و همکاران، ۲۰۱۰، بلوندر آر و همکاران، ۲۰۱۱، موسوی و همکاران ۲۰۱۴، برنی، ۲۰۰۵، شومر، ۲۰۰۷، سوی، ۲۰۰۶، اسنیون، ۲۰۰۹، هوانگ، ۲۰۱۱، فرنس، ۱۹۷۳، مک فارلند و همکاران، ۲۰۰۴).

علم نانو اشیاء را تغییر می‌دهد

یکی از عناصر هیجان انگیز عمل در دنیای نانو این است که مواد در این مقیاس در مقایسه با دنیای معمولی، رفتار متفاوتی نشان می‌دهند. اگر یک تکه طلای زرد رنگ را در نظر بگیریم، چنانچه آن را به قطعاتی تا مقیاس نانو خرد کنیم، رنگ قطعات وابسته به اندازه آن ها تغییر خواهد کرد. در محدوده ۱۰ تا ۱۰۰ نانومتر با توجه به اندازه و شکل، قرمز، نارنجی، صورتی و یا سبز بنظر می‌رسند. همین طلا که در حالت عادی در مقیاس ماکرو و میکرو از نظر واکنش شیمیایی تقریبا" خنثی می‌باشد، در مقیاس نانویی به عنوان کاتالیزگر (تسهیل‌گر) واکنش عمل می‌کند. بنابراین با مراقبت از اندازه و شکل مواد می‌توان رفتار آن‌ها مانند رنگ، رسانایی برق، نقطه ذوب، سختی و شکنندگی را نیز مراقبت نمود. این در حالی است که ترکیب شیمیایی و یا ساختار بلوری مواد تغییر داده نشده و فقط سطح در معرض دید تغییر کرده است. در این هنگام نسبت سطح مواد به حجم آن‌ها به گونه‌ای فوق العاده زیاد شده است. از آن‌جایی که عمده واکنش‌های شیمیایی مواد در سطح آن‌ها رخ می‌دهد، بنابراین فعالیت شیمیایی بیشتر می‌شود. به همین دلیل شیمی‌دانان نسبت به مطالعه‌ی علم نانو بسیار علاقه‌مند شده‌اند. خواص کوانتومی مواد نیز در مقیاس نانو تحت تأثیر قرار می‌گیرند. فیزیک کلاسیک نمی‌تواند تغییر رنگ اشیاء را به علت تغییر اندازه بیان کند. بدین جهت از علم کوانتوم مکانیک استفاده می‌شود. به همین علت در مواردی علم نانو را علم نقاط کوانتومی نیز می‌گویند. در شکل ۲ نقاط کوانتومی با رنگ‌های بسیار روشن از بنفش تا قرمز را که هم اکنون در آزمایشگاه‌های شیمی و پلاسما تولید می‌شوند، نشان داده شده است.

www.SID.ir

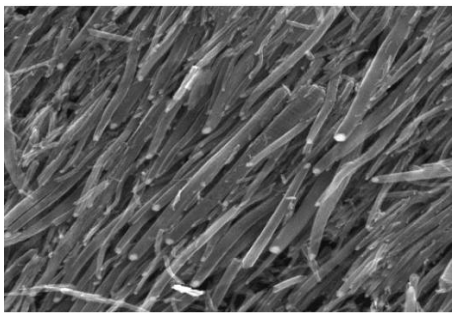
Archive of SID



شکل ۲: نقاط کوانتومی با رنگ‌های بسیار روشن از بنفش تا قرمز که در آزمایشگاه‌های شیمی و پلاسما تولید می‌شوند.

نانومواد چه موادّی هستند

اصطلاح مواد نانویی معنای خاصی دارد. این‌ها موادی هستند در مقیاس نانویی که خواصشان مانند رسانایی برق، رنگ و خواص مکانیکی با توجه به ابعادشان تغییر می‌کند. مواد نانویی شامل همه موادی است که ساختاری سطحی و یا عمقی در مقیاس نانویی دارند و می‌توانند مواد آلی، معدنی و یا زیستی باشند. صفحات نانویی، ذرات نانویی، سیم‌های نانویی و نانولوله‌ها را می‌توان در آزمایشگاه مهندسی نمود. ممکن است نانوذرات مانند دود، اسپری آب دریا، خاکستر آتشفشان، مواد معدنی، خاک‌ها، ذرات نمک در طبیعت نیز یافت شوند. تصویری از نانو لوله‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل۳: نانولوله‌های کربنی

نانو فناوی به کجا می‌رود؟

ده ها سال پژوهش و توسعه در علوم و فناوری نانو منافع غیرمنتظره و مورد انتظاری را برای اجتماع به بار آورده است. این فناوری موجب بهبود کیفیت محصولات در عرصه‌هایی مانند ایمنی

www.SID.ir

Archive of SID

غذایی، دارویی، بهداشت، انرژی، حمل و نقل، ارتباطات، محیط زیست، صنایع خودرویی، نساجی، آرایشی و بهداشتی شده است. تا کنون حدود ۸۰۰ قلم محصول در بازار عرضه می‌شود که ادعا می‌شود با استفاده از فناوری نانو بهبود کیفیت پیدا کرده‌اند. مثالی از این نوع در مورد الیاف نانویی در شکل ۴ آورده شده است.

شکل۴: ذرات نانویی به سطح این الیاف ساختاری شبیه برگ‌های گیاه نیلوفر آبی داشته که آب و گرد گریز هستند.

به‌منظور آشنایی و درک بیشتر دانش‌آموزان با نانوفناوری در مدارس می‌توان عنوان‌هایی مانند نانو لوله‌های کربنی، اثر مواد نانویی مانند تیتان‌دی‌اکسید در کیفیت پوشش سطوح، مواد نانویی سیال مغناطیسی و نانوذرات طلا را به آن‌ها آموزش داد.

نانوسیّالات مغناطیسی

سیالات مغناطیسی دیسپرسیونی از مواد کلوئیدی و بسیار ریز فرومغناطیس هستند. ذرّات به‌وسیله‌ی یک مادّه فعّال سطحی پوشش داده شده است تا از کلوخه شدن آن‌ها جلوگیری شود. سیالات مغناطیسی تنها مواد مغناطیسی به‌حالت مایع هستند. این مواد خود را با خطوط میدان مغناطیسی اعمالی از خارج هم‌جهت نموده و بدین ترتیب میدان مغناطیسی قابل دید به وجود می‌آورند.

مواد لازم جهت آزمایش سیال مغناطیسی عبارت‌اند از:

۱) سیال مغناطیسی ۲) لوله آزمایش شیشه‌ای قابل بستن از بالا ۳) محلول فعال سطحی (سورفاکتانت) ۴) مگنت ۵) پیپت ۶) آب مقطّر

روش آزمایش:

تا حد سه چهارم لوله آزمایش را با آب پر نموده و به آن ۲ تا ۵ قطره از مادّه‌ی فعّال سطحی افزوده می‌شود. با دقت به‌وسیله‌ی پیپت چند قطره از سیال مغناطیسی به آن اضافه شده تا ته نشین شود. سر لوله آزمایش به خوبی بسته می‌شود. مگنت را به لوله آزمایش محتوی محلول نزدیک نموده

www.SID.ir

Archive of SID

که در این صورت ذرات خود را با میدان مغناطیسی خارجی هماهنگ می‌نمایند. شکلی مشابه خارپشت (جوجه تیغی) حاصل می‌شود. شکل سوزنی نشان دهنده خطوط میدان مغناطیسی است (شکل۵). در اینجا خاصیت کشش سطحی مایع و گرانش با میدان مغناطیسی مقابله نموده و در نتیجه ساختارهای منظمی در مایع در واکنش به سه نیروی بیان شده به‌وجود می‌آید. اگر به‌کمک مگنت مایع در لوله جابه‌جا شود، با توجه به جهت حرکت مگنت، جهت مایع نیز تغییر می‌کند. اگر با تکان دادن لوله آزمایش مواد فرومغناطیس دیسپرس شوند، چون حل نمی‌شوند، دوباره ته نشین می‌شوند. با جابه‌جایی سریع مگنت بر دیواره لوله آزمایش حالت ابرگونه مواد نیز مشاهده خواهند شد.

شکل ۵: سیالات مغناطیسی نانویی و میدان مغناطیسی

نانوذرات طلا

پژوهشگران از خاصیت جذب نور ذرات طلا برای شناسایی ملکول‌های زنده استفاده می‌کنند. به عنوان مثال می‌توان آنتی‌بادی‌ها را به‌کمک نانوذرات طلا علامت گذاری نمود و یا به بیان دیگر بر چسب زد. هنگامی‌که نور سفید به آن‌ها تابانیده شود، رنگ قرمز فلز پدیدار می‌شود. این تست‌ها برای آزمایش بارداری خانم‌ها (آزمایش ادرار) در منزل استفاده می‌شود.

نانوذرات طلا در بسیاری از حوزه‌های علمی به دلیل خاصیت تشدید پلاسمون سطحی در طیف نور مرئی مورد توجه می‌باشد. این خاصیت یک نوسان از الکترون‌های ظرفیتی طلا در پاسخ به میدان الکتریکی نور می‌باشد که منجر به جذب و پخش نور در طول موج خاصی می‌شود. طوج موج مربوط به این خاصیت برای ذرات جفت نشده، کروی و پخش شده طلا برابر ۵۲۰ نانومتر می‌باشد که به طلا رنگ قرمز می‌دهد. اگر ذرات طلا دچار تجمع شوند، رنگ صورتی نمایان می‌شود (شکل ۷).

یکی از روش‌های تهیه نانوذرات طلا به روش سیترات معروف است. در این روش طلای کلوئیدی و یا خوشه‌ای در محلول تولید می‌شود. یک خوشه نانوذره‌ای دارای ۳ تا ۵۰۰۰۰ اتم طلا

www.SID.ir

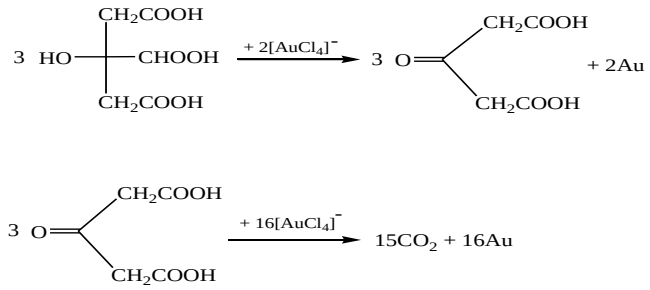
Archive of SID

می‌باشد. قطر هر نانوذره معمولا ۱۲ تا ۱۸ نانومتر می‌باشد. این آزمایش بر پایه احیاء تتراکلروآئوریک اسید می‌باشد که در آن یون‌های طلا(III) به خوشه‌های اتمی طلا احیاء می‌شوند. ماده احیاء کننده سدیم‌سیترات، نه تنها طلا را احیاء می‌کند بلکه مواد طلایی را نیز دیسپرس می‌کند و مواد کلوئیدی به‌دست می‌آیند. زمانی‌که نور به محلول تابانیده شود، مسیر نور قابل مشاهده میباشد.

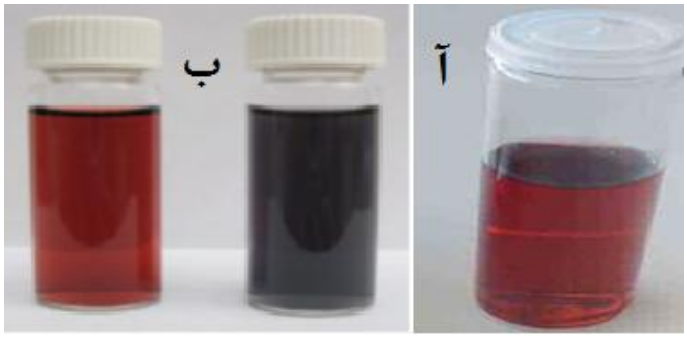
روش:

مواد لازم: ۱) محلول آئوریک کلرید (۰/۱ گرم آئوریک اسید در ۲۰ میلی لیتر آب) ۲) آب مقطر ۳) هات‌پلیت ۴) همزن مغناطیسی ۵) بشر ۶) دماسنج

فرآیند: مقدار ۰/۵میلی لیتر از محلول آئوریک اسید به ۲۸ میلی لیتر آب مقطر افزوده می‌شود. محلول حاصل به دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد رسانیده شده سپس ۱/۵ میلی لیتر از محلول سیترات را به‌آن افزوده و سپس مخلوط حاصل به‌هم زده می‌شود. رنگ قرمز آئوریک اسید کم‌کم شدید می‌شود. با انداختن نور چراغ قوه روی محلول می‌توان مسیر نور را مشاهده نمود (شکل‌های ۶ و ۷آ).



شکل۶: معادله شیمیایی تهیه خوشه طلا



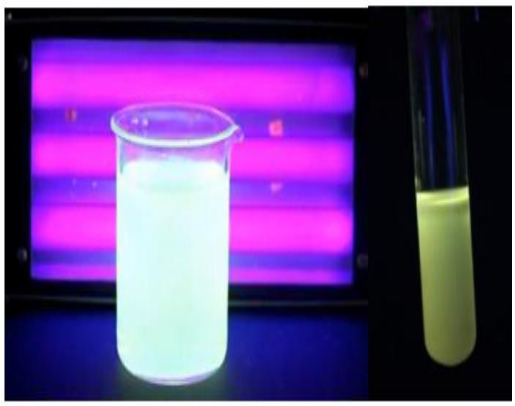
شکل۷: آ) مشاهده مسیر نور در محلول کلوئیدی طلا، ب) محلول نانوذرات طلا، به‌خوبی پخش شده در محلول(چپ) و تجمع یافته (راست) پس از افزایش نمک خوراکی

www.SID.ir

Archive of SID

در آزمایش با نانو اکسیدروی رسوبی، چنان‌چه به آن نور فرابنفش تابیده شود، ذرات با ابعاد ۵ تا ۷ نانومتر نور فلورسنت زرد از خود بروز می‌دهند (شکل ۸) (فرنس، ۱۹۷۳، مک فارلند و همکاران، ۲۰۰۴).

$$Zn^{2+}(sol) + 2OAc^{-}(sol) + 2Na^{+}(sol) + 2OH^{-}(sol) \longrightarrow ZnO(s) + 2OAc^{-}(sol) + 2Na^{+}(sol) + H_2O(l)$$



شکل ۸: نانوذرات اکسید روی، تابش پرتو مرئی(چپ)، تابش پرتو فرابنفش (سمت راست).

احتیاط‌ها در مورد نانوفناوری

همراه با گسترش هر نوع فناوری جدید، دامنه‌ای از نتایج منفی و مثبت مربوط به آن در ذهن انسان‌ها نقش می‌بندد. همزمان با سرمایه گذاری در حوزه علم و فناوری نانو نیز نگرانی برخی از مردم در رابطه با مسائل اخلاقی، زیست محیطی و اقتصادی بروز می‌کند. از جمله بیان می‌شود که نانوذرات تولیدی بر سامانه‌های زیستی و سلامتی انسان چه اثری خواهند داشت؟ در آزمایشگاه مشاهده شده که برخی از مواد نانویی نوعی بهم ریختگی در الیاف پروتئینی ایجاد نموده‌اند که شبیه بیماری‌های مغزی می‌باشند. شواهدی دال بر آسیب‌های ژنتیکی از سوی نانو ذرات نیز به‌دست آمده است. اثر نانوذرات بر سامانه خون رسانی شامل قلب و عروق در حال مطالعه است. وضعیت سلامتی کسی‌که برای طولانی مدت و یا روزانه در معرض نانوذرات است باید رصد شود. مشاهده شده که نانو لوله‌های کربنی موجب بیماری سرطان و اختلال رفتاری در برخی حیوانات شده است. از آن‌جاکه چگونگی اثر نانوذرات در آزمایشگاه با محیط زیست متفاوت است، بنابراین با توجه به ساختار فیزیکی و شیمیایی مواد، نحوه اثرگذاری آن‌ها بر آب، خاک و هوا بایستی بررسی شود. زمانی‌که این مواد در محیط پخش می‌شوند، ممکن است به همان شکل در تماس با محیط باقی بمانند و یا این‌که در آب‌ها حل، ته نشین، انباشت شده و یا با دیگر ملکول‌ها و یون‌های محیط اعم از معدنی، آلی و یا بیولوژیکی پیوند برقرار نمایند. احتمال دارد نانوذرات از یک میکروارگانیسم به میکروارگانیسم دیگر

www.SID.ir

Archive of SID

و یا در زنجیره غذایی جانداران دیگر منتقل شوند. چون نانوذرات متنوع هستند، بنابراین اثرات آن‌ها نیز متنوع خواهد بود. در هرحال اثرات مثبت و منفی هر دو بایستی مورد مراقبت باشد. با این وجود بسیاری از دانشمندان بر این باورند که علوم و فناوری نانو موجب پیشرفت فوق العاده‌ای در زمینه‌هایی همچون داروسازی، بیوتکنولوژی، تولید کالا و فناوری اطلاعات خواهد شد (روکو ام سی، ۲۰۰۶، جونز ام جی و همکاران، ۲۰۱۳، گاتاس ان آی، ۲۰۱۲، بریان لا و همکاران، ۲۰۱۵، آلفورد و همکاران، ۲۰۰۹، گرینبرگ آ، ۲۰۰۹ ، مک رل، ۲۰۱۲ ، هارمر ای جی و همکاران، ۲۰۱۰، بلوندر آر و همکاران، ۲۰۱۱، موسوی فاضل و همکاران ۲۰۱۴، برنی آر دبلیو، ۲۰۰۵، شومر جی، ۲۰۰۷، سوی نی آ ای، ۲۰۰۶، اسنیون اس، ۲۰۰۹، هوانگ سی وای، ۲۰۱۱، فرنس جی، ۱۹۷۳، مک فارلند و همکاران، ۲۰۰۴). از این‌رو، با عنایت به توسعه و کاربرد علوم نانو، شهروندان، بخصوص دانش‌آموزان و دانشجویان باید با فواید و خطرات اجتماعی و اخلاقی آن آشنا باشند (جونز ام جی و همکاران، ۲۰۱۳، گاتاس ان آی،۲۰۱۲). با توجه به چند وجهی بودن این عرصه جدید، برنامه های آموزشی گوناگونی بصورت رسمی و غیررسمی در سطح جهان برای آموزش فناوری نانو تدارک دیده شده است (بریان لا و همکاران، ۲۰۱۵، آلفورد و همکاران، ۲۰۰۹، گرینبرگ آ، ۲۰۰۹). حتی برای دبیرستان ها آزمایشگاه‌های نانو فراهم شده است (مک رل، ۲۰۱۲). ارزیابی پروژه نشان داده است که در آموزش نانوفناوری با رویکرد نیاز محوری، دانشجویان و دانش آموزان درک گسترده‌تر و بهتری از این مفهوم علمی خواهند داشت (گرینبرگ آ، ۲۰۰۹). امروزه بسیاری از آموزش‌های نانوشیمی بر پایه استفاده از دستگاه‌های بسیار پیچیده و دقیق می‌باشد. هدف اساسی نانوفناوری عبارت‌است از طراحی، نمونه سازی، مشابه سازی و تولید مواد با ساختار نانویی و یا ابزارهای نانویی با خواص فوق العاده و در نهایت تجاری سازی آن‌ها. به‌منظور مواجه نمودن دانش‌آموزان با مفهوم نانو فناوری رویکردهای ذیل را می‌توان بکار برد (هارمر ای جی و همکاران، ۲۰۱۰، بلوندر آر و همکاران، ۲۰۱۱، موسوی فاضل و همکاران ۲۰۱۴).

- چگونگی درک، شناسایی و اندازه گیری خواص محصولات نانوساختار تدارک دیده شود.
- فراهم نمودن تسهیلات طراحی، سنتز، مشابه سازی و یا فرایند ساخت آن‌ها.
- انجام پروژه تحقیقاتی نانویی مقرون به صرفه.

نتیجه گیری

علم نانو در عرصه‌ای فوق العاده ریز سیر می‌کند و قابلیت آن را دارد که اثر بسیار بزرگی بر زندگی انسان‌ها برجای گذارد. امروزه بسیاری از انسان‌ها با دستاوردهای فناوری نانو سروکار دارند و امیدوارند که بتوانند مشکلات زیادی را به کمک آن حل کنند. بهر حال فناوری نانو مانند هر حوزه علمی و

www.SID.ir

Archive of SID

صنعتی نوظهور دیگر، ضمن حل مشکلات متعدد، دشواری‌های گوناگون را نیز به همراه خواهد داشت. بنابراین لازم است علوم ارائه شدنی در مدارس به‌روز شده و علوم و فناوری نانو به صورت منسجم در آن گنجانیده شود تا نسل ها و نیروی کار آینده مسئولانه و با آگاهی لازم و کافی، تصمیمات علمی بگیرند. اینکه قانون‌مندی در این فناوری چگونه خواهد بود و چه اثری بر تندرستی و زندگی انسان‌ها خواهد داشت و یا سود و زیان آن چیست را گذشت زمان نشان خواهد داد.

منابع

Alford, K.J.S., Calati, F., Clarke, A., & Binks, P. N. (2009). Creating a spark for Australian science through integrated nanotechnology studies at St. Helena secondary college. *Journal of Nano Education*, 1, 68–74.

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.

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

Berne, R.W., & Schummer, J. (2005). Teaching societal and ethical implications of nanotechnology to engineering students through science fiction. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 25, 459–468.

Betz, J. A. (1995), Computer games: Increase learning in an interactive multidisciplinary environment, *Journal of Educational Technology Systems*, 24, 195–205.

Blonder, R., & Dinur, M. (2011). Teaching nanotechnology using studentcentered pedagogy for increasing students' continuing motivation. *Journal of Nano Education*, 3, 51–61.

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.

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning, *Educational Psychologist*, 26, 369–398.

www.SID.ir

Archive of SID

Bowles, K. (2004). A teacher's guide: Teaching nanotechnology in the high school curriculum (1st ed.). Apopka, FL: Apopka High School.

Bryan, L. A., Magana, A., & Sederberg, D. (2015). Review of published research on pre-college students' and teachers' nanoscale science, engineering, and technology learning. *Nanotechnology Reviews*, 4, 7–32.

Drane, D., Swarat, S., Light, G., Hersam, M., & Mason, T. (2009). An evaluation of the efficacy and transferability of a nanoscience module. *Journal of Nano Education*, 1, 8–14.

Foley, T. E. (2006). Assessing the need for nanotechnology education reform in the United States. *Nanotechnology Law & Business,* 3, 476–484.

Frens, G. (1973). Controlled nucleation for regulation of particle size in monodisperse gold suspensions. *Nature Physical Science,* 241, 20–22.

Ghattas, N. I., & Carver, J.S. (2012). Integrating nanotechnology into school education: a review of the literature. *Research in Science & Technological Education,* 30, 271–284.

Greenberg, A. (2009). Integrating nanoscience into the classroom: perspectives on nanoscience education projects. *ACS Nano*, 3, 762–769.

Gupta, S., Kurine, S., Jackson, M., Kane, N., & Schulte, T. (2008). Microelectronic engineering and nanotechnology education for undergraduates and pre-college studentsthrough curriculum reform and outreach activities. Rochester, NY: Rochester Institute of Technology.

Harmer, A.J, & Columba, L. (2010). Engaging middle school students in nanoscale science, nanotechnology, and electron microscopy. *Journal of Nano Education,* 2, 91–101.

Huang, C.Y., Hsu, L.R., & Chen, H.C. (2011). A study on the core concepts of nanotechnology for the elementary school. *Journal of National Taichung University: Mathematics, Science & Technology,* 25, 1–22.

Jones, G., Taylor, A., Minogue, J., Broadwell, B., Wiebe, E. & Carter, G. (2007). Understanding Scale: Powers of Ten. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 191–202.

www.SID.ir

Archive of SID

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

Knobel, M., Murriello, S., Bengtsson, A., Cascón, A., & Zysler, R. (2010). The perception of nanoscience and nanotechnology by children and teenagers. *Journal of Material Education*, 32, 29–38.

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*, https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1631783.

McFarland, A. D., Haynes, C. L., Mirkin, C. A., Van Duyne, R. P., & Godwin, H. A. (2004). Color My Nanoworld. *Journal of Chemical Education*, 81, 544A-544B.

McREL: Education and Public Outreach: NanoLeap. Retrieved January 1, (2012).

Meyyappan, M. (2004). Nanotechnology education and training. *Journal of Material Education*, 6, 311–320.

Moosvi Fazel, V., Kumar, A., Cho, H.J., & Seal, S. (2014). Laboratory research motivated chemistry classroom activity to promote interests among students towards science. *Journal of Nano Education*, 6, 25–29.

Planinsic, G., & Kovac, J. (2008). Nano goes to school: A teaching model of the atomic force microscope. *Physics Education, 43*, 37–45.

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.

www.SID.ir

Archive of SID

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.

Schank, P., Wise, A., Stanford, T., & Rosenquist, A. (2009). Can high school students learn nanoscience? An evaluation of the viability and impact of the Nanosense curriculum. Technical report. Menlo Park: SRI International.

Schummer, J. (2007). Identifying ethical issues of nanotechnologies. In *Nanotechnologies, Ethics and Politics*, ten Have H, Ed., UNESCO: Paris, pp.79–98.

Stevens, S., Sutherland, L.M., & Krajcik, J.S. (2009). *The Big Ideas of Nanoscale Science and Engineering: A Guidebook for Secondary Teachers.* Arlington, VA: NSTA Press.

Sweeney, A. E. (2006). Social and ethical dimensions of nanoscale science and engineering research. *Science and Engineering Ethics*, 12, 435–464.

Tretter, T., Jones, G., Andre, T., Negishi, A., & Minogue, J. (2006). Conceptual Boundaries and Distances: Students' and Experts' Concepts of the Scale of Scientific Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 282–319.

www.SID.ir

Archive of SID

Review Article

Research in Chemistry Education, Vol 1, No 2, 3-21

Research in Chemistry Education

http://chemedu.cfu.ac.ir

A Review on Nanotechnology and Necessity of its Teaching in High Schools

Afsaneh Behtash Oskuie [1], Vahid Amani [2*]

[1,2] *Department of Chemistry, Farhangian University, Tehran, Iran*

Abstract

Nano-chemistry has been recognized as a new scientific field in 21th century. It is multidisciplinary and is closely connected with chemistry, physics, medicine, energy etc. and it is developing rapidly. Using nanotechnology and nano-science, it is possible to design and manipulate optical, magnetic, electrical, chemical and etc. properties of materials. Therefore, it is necessary to update the science presented in schools and incorporate nano-science and technology in a coherent way so that future generations and workforce can make responsible scientific decisions. Among the advantages of nano-science to other sciences is enabling students to better understand the relation between the sciences. The best education results are rarely achieved without strong teacher motivation, active education and optimized learning methods. This article emphasizes the necessity of teaching the concept of nano-chemistry and its understanding. Designing a proper strategy and innovation in research will lead to better learning, participation and self-confidence from students.

Keywords: Nanochemistry, Nanotechnology, Education, Nanoscience.

[*]Corresponding Author: (✉ v.amani@cfu.ac.ir)

www.SID.ir