مقاله مروری

پژوهش در آموزش شیمی، سال چهارم، شماره دوم، انتشار: بهار ۱۴۰۲

پژوهش در آموزش شیمی

مقالات منتشر شده در چهارمین همایش ملی آموزش شیمی ایران

http://chemedu.cfu.ac.ir

آشنایی دانش آموزان با مفهوم نانو مواد و کاربردشان در زمینه های مختلف و لزوم درج آن در کتب درسی

ندا ابراهیم پور*[۱]، محمدصادق ذاکرحمیدی[۲]، روشنک کیان[۳]

[۱] دکتری تخصصی شیمی فیزیک، دانشگاه فنی و حرفه ای، ایران

[۲] استاد تمام، دکتری تخصصی شیمی فیزیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه تبریز، ایران

[۳] پژوهشگر پسادکتری، دکتری تخصصی شیمی فیزیک، دانشکده فیزیک دانشگاه تبریز، ایران

*neda.ebrahimpour@gmail.com

چکیده:

رویاها و تخیل انسان ها اغلب باعث ظهور علم و فناوری جدید می شود. نانو فناوری، در قرن بیست و یکم، از چنین رویاهایی متولد شد. نانو شیمی یکی از شاخه های مهم علم شیمی است که به بررسی شیمی مواد در مقیاس ذره ای نانو متری می پردازد. از این رو نانو فناوری به عنوان تولید و کنترل ماده در ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر تعریف می‌شود که در آن پدیده‌های منحصر به فرد امکان کاربردهای جدیدی همچون حامل های دارو، حسگر های الایندگی، سلول های خورشیدی و پلیمرهای زیست تخریب شونده را فراهم می‌کنند. در یک بازه زمانی تقریباً نیم قرنی، نانو فناوری به پایه و اساس پیشرفت صنعتی تبدیل شده است. از این رو تحقیق و توسعه در این زمینه، توسعه نیروی کار، آموزش و برنامه ریزی درسی بخش جدایی ناپذیر روند پیشرفت در زمینه نانو فناوری است که باید مورد توجه هرچه بیشتر قرار گیرد. واضح است که دانش آموزان آینده سازان جامعه و سرمایه اجتماعی آن می باشند، آشنایی این قشر از جامعه، با مفاهیم پایه ای فناوری های نوین و پراهمیت از سال های آغازین دانش اندوزی، امری ضروری است. در این مقاله سعی شده است مفاهیم مرتبط با نانو مواد، کاربردهای آن و تازه ترین یافته ها، به زبان ساده و قابل درک برای دانش آموزان به صورت قدم به قدم تشریح شود.

کلیدواژه‌ها: نانو، نانو فناوری، حامل دارو، حسگر آلایندگی، پلیمرهای زیست تخریب شونده

۱- مقدّمه

فناوری نانو می تواند اثر شگرفی بر حوزه های مختلف جامعه نظیر بهداشت، کشاورزی، اقتصاد، محیط زیست و آموزش داشته باشد. که پیشرفت در هریک از زمینه های ذکر شده گامی است در راستای توسعه جامعه و هموار سازی مسیر رشد و بالندگی کشور. از آنجایی که، فناوری نانو موج چهارم انقلاب صنعتی و پدیده ای گسترده است که به تمام گرایش های علمی راه یافته و با سرعت هرچه تمام تر در حال توسعه است، شناساندن و ارائه اطلاعات در مقاطع تحصیلی پایه، در این زمینه در خور توجه می باشد. واژه نانو امروزه به صورت گسترده در تمامی سطوح و آحاد جامعه به واژه شناخته شده و پرکاربردی بدل شده است. اما کاربرد این مفهوم بیشتر جنبه تجاری و تبلیغاتی به خود گرفته و به صورت علمی و موشکافانه کمتر مورد مطالعه و مباحثه بوده است.

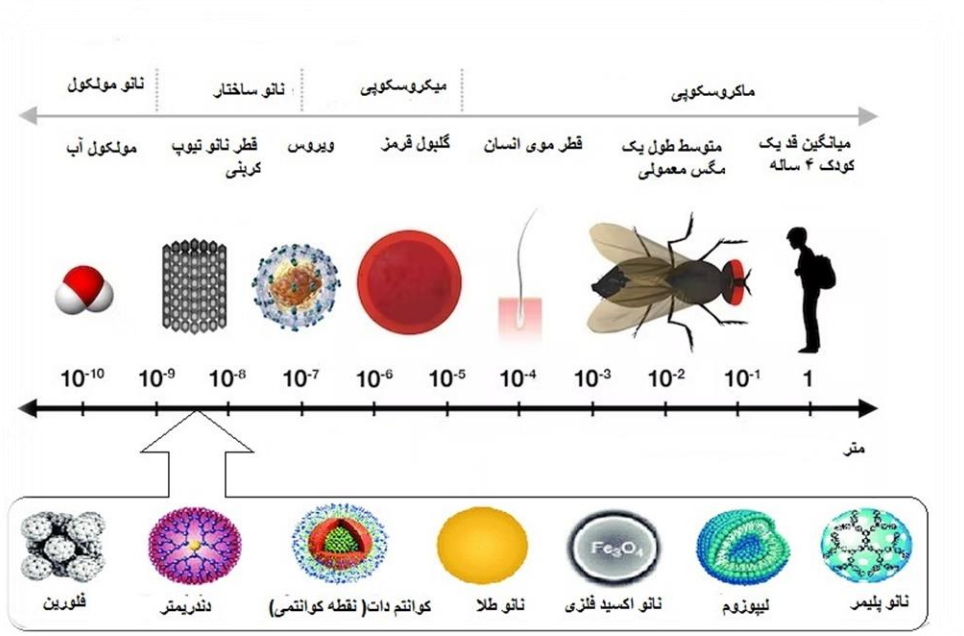
از فناوری نانو به عنوان "رنسانس فناوری" و" روان کننده جریان سرمایه گذاری" یاد می شود. ورود محصولات متکی بر این فناوری جهشی بس عظیم در رفاه و کیفیت زندگی و توانائی های دفاعی و زیست محیطی به همراه خواهد داشت و موجب بروز جابجائی های بزرگ اقتصادی خواهد شد . هم اکنون بخش های دولتی و خصوصی کشورهای مختلف جهان شامل ژاپن، آمریکا، اتحادیه اروپا، چین، هند، تایوان، کره جنوبی، استرالیا، اسرائیل و روسیه در رقابتی تنگاتنگ بر سر کسب پیشتازی جهانی در لااقل یک حوزه از این فناوری به سر می برند. هم اکنون روی هم رفته حدود ۳۰ کشور دنیا در زمینه فناوری نانو دارای "برنامه ملی" یا درحال تدوین آن هستند، و طی پنج سال گذشته بودجه تحقیق و توسعه در امر فناوری نانو را به ۳/۵ برابر افزایش داده اند. کشورهای ژاپن و آمریکا نیز فناوری نانو را اولین اولویت کشور خود در زمینه فناوری اعلام کرده اند.

۲- پیشینه پژوهش

نانو[1] کلمه ایست با ریشه یونانی به معنای مرد خیلی کوتاه. سازمان استاندارد سازی ISO نانو ماده را ماده ای با ابعاد خارجی یا ساختار داخلی در مقیاس نانو 10^{-9} (یک میلیاردیم یا ۰.۰۰۰۰۰۰۰۰۱) هشتاد هزار بار کوچکتر از قطر تار موی انسان، تعریف می کند.

مهمترین چالش پیش رو در روند اشنایی دانش آموزان با این فن آوری، تفهیم مقیاس نانو به زبان ساده و ملموس برای ایشان می باشد، شکل ۲-۱ به عنوان ترسیم ساده قابل قیاس برای ایجاد ذهنیت مقیاس نانو می تواند در آموزش مفهوم پایه نانو مورد استفاده قرار بگیرد.

[1] Nano



شکل ۲-۱ مقایسه اندازه ها در مقیاس های بزرگتر از نانو

پس از آنکه دانش آموز بینش لازم نسبت به مقیاس نانو را پیدا کرد، نانو ذره[1] را می توان به صورت ذره ای میکروسکوپی با حداقل یک بعد کمتر از ۱۰۰ نانومتر تعریف نمود، همچنین در ادامه روند ارائه مفاهیم مرتبط، نانو فناوری[2] شاخه ای از علم و مهندسی معرفی می شود که به طراحی، تولید و استفاده از ساختارها، دستگاه ها و سیستم ها با دستکاری اتم ها و مولکول ها در مقیاس نانو می پردازد.

دانش آموز بهتر است آگاه باشد که نانو ذرات از زمان های بسیار دور مورد استفاده قرار می گرفته است. مطالعات باستان شناسی نشان می دهد که اولین استفاده از نانوذرات، در لعاب های چینی و سرامیک های تزئینی های ابتدایی چین بوده است (قرن ۴ و ۵) (بارهم[3]،۲۰۲۲).

در راستای راهنمایی دانش آموز برای ورود به عرصه نانو، دانش آموزان بهتر است با انواع طبقه بندی نانو مواد به شیوه ای ساده و مختصر آشنا شوند.

۱-۲- طبقه بندی نانو مواد

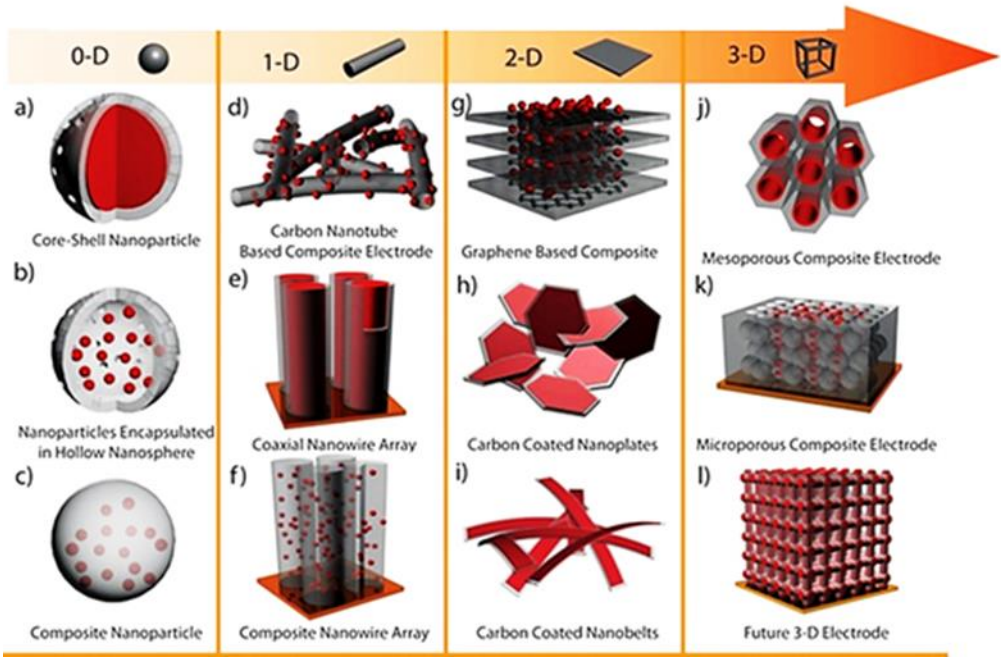
طبقه بندی نانو مواد بر پایه فاکتورهای گوناگونی همچون شکل و بعد و ... معمول است که در ادامه به طور خلاصه بررسی خواهد شد.

---

[1] Nano Particle
[2] Nano Technologhy
[3] Barhoum

۱-۱-۲- طبقه بندی نانو مواد بر پایه بعد

نانو مواد را بر اساس ابعادشان به گروه های صفر بعدی، یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی تقسیم بندی می کنند(ریس[1]،۲۰۱۰). شکل (۲-۲) تصویر ساده ای از این نوع تقسیم بندی را نشان می دهد.



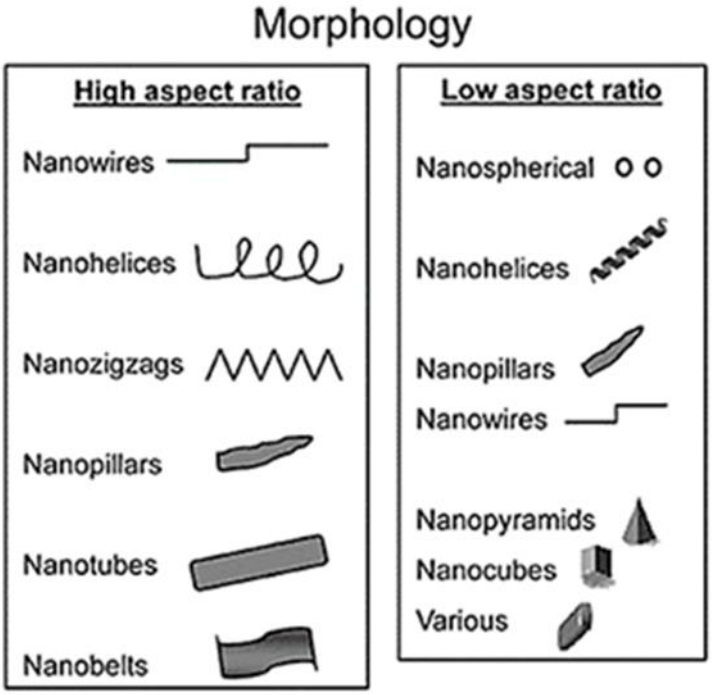
شکل ۲-۲. طبقه بندی نانو ذرات بر اساس بعد که به زیر مجموعه های 0-D (صفر بعدی)، 1-D(یک بعدی)، 2-D (دو بعدی) و 3-D (سه بعدی) تقسیم می شوند.

۲-۱-۲- طبقه بندی نانومواد بر پایه ریخت شناسی[2]

از دیدگاه ریخت شناسی بیشتر به شکل ظاهری ماده از لحاظ مسطح یا کروی بودن و نسبت سطح به حجم نانو ماده توجه می شود و بر اساس آن نانو ماده را در گروه های مکعبی، کروی، مارپیچی، استوانه ای، منشوری و بیضوی تقسیم بندی می کنند(الیا[3]،۲۰۱۷). شکل ۲-۳ نحوه تقسیم بندی نانو ذرات را بر اساس ریخت شناسی نشان می دهد.

---

[1] Reiss
[2] Morphology
[3] Ealia



شکل ۲-۳ تقسیم بندی نانو ذرات بر اساس ریخت شناسی (ذرات با نسبت سطح به حجم کم و زیاد)

۳-۱-۲- طبقه بندی نانو مواد بر پایه ترکیب شیمیایی

براساس ترکیب سازنده نانو ماده، این مواد را در چهار گروه عمده دسته بندی می کنند(هیرش[1]،۲۰۰۵ و آنوماری[2]،۲۰۱۷).

۱-۳-۱-۲- نانو ماده کربنی

۲-۳-۱-۲- نانو ماده با پایه آلی[3]

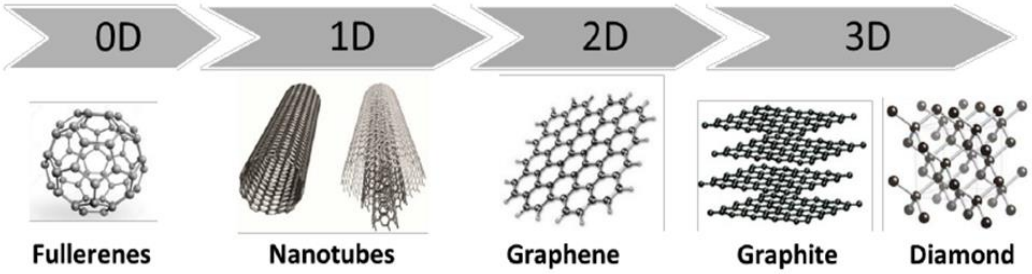
۳-۳-۱-۲- نانو ماده با پایه غیرآلی[4]

۴-۳-۱-۲- نانو ماده با پایه کامپوزیتی[5]

۱-۳-۱-۲- نانو ماده کربنی

[1] Hirsch
[2] Anu Mary
[3] Organic
[4] Inorganic
[5] Composite

عنصر کربن با نماد شیمیایی C از لحاظ فراوانی، ششمین عنصر در جهان، چهارمین عنصر در منظومه شمسی و هفدهمین عنصر در پوسته زمین است، نانو ذرات کربنی از آلوتروپ های[1] (دگرشکل : اشکال فیزیکی مختلف برای یک عنصر) مختلف کربن مثل کربن بی شکل[2]، گرافیت و الماس تولید می شود و اغلب ساختاری کروی و لوله ای شکل دارند و نانو موادی در ابعاد صفر (فولرین[3])، یک (CNT[4])، دو (صفحات گرافیتی) و سه (بلور الماس) می توانند جزو این گروه باشند. در شکل۲-۴ می توان ساختارشان را مشاهده کرد(تنه آر[5]،۲۰۰۲).



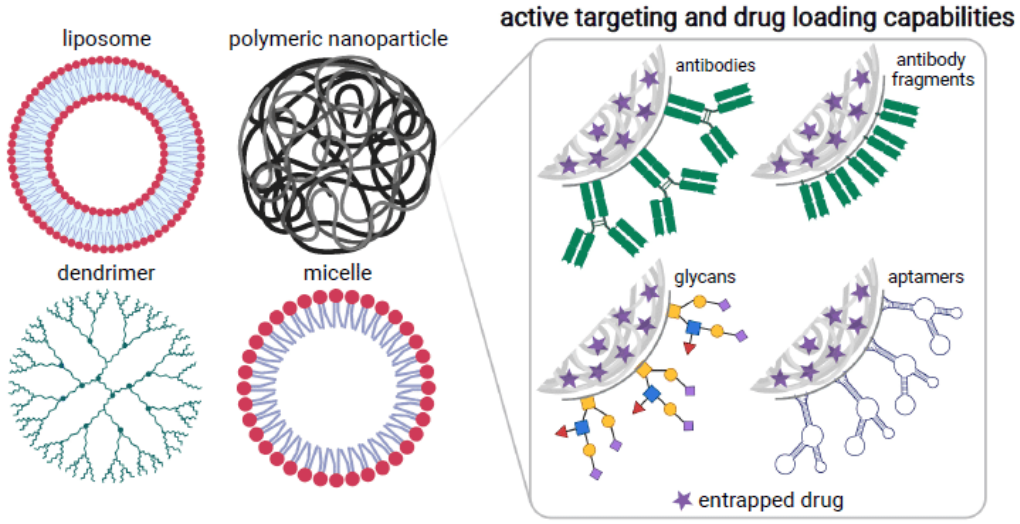
شکل ۲-۴ انواع نانو ذره کربنی حاصل از اشکال گوناگون کربن به ترتیب از راست به چپ، بلور سه بعدی الماس مانند، لایه ای دو بعدی گرافین، نانو لوله های تک بعدی و فلورین بدون بعد

۲-۳-۱-۲- نانو ذرات با پایه آلی

از دسته از نانو مواد ترکیباتی عمدتا آلی هستند و از لیپید ها ، کربوهیدرات ها و مواد پلیمری در محدوده ۱۰ نانومتر تا ۱ میکرومتر تشکیل می شوند. اغلب این ذرات زیست تخریب پذیر[6] و غیر سمی بوده و حساس به گرما و تابش های الکترومغناطیس می باشند. اشکال گوناگونی از نانو مواد زیستی تا به امروز به عنوان رساننده دارو تست شده اند که نانوپلیمر ها[7]، دندریمرها[8]، لیپوسام ها[9] و میسل ها[10] نمونه ای از آنها می باشند(فراچی[11]،۲۰۱۲). شکل ۲-۵ نمونه هایی از نانو مواد با پایه آلی را نشان می دهد.

---

[1] Allotrope
[2] Amorphous Carbon
[3] Fullerenes
[4] Carbon Nano Tube
[5] Tenne R
[6] Biodegradable
[7] Nano polymers
[8] Dendrimers
[9] Liposomes
[10] Micelles
[11] Feracci



شکل ۲-۵ نمونه ای از نانو مواد با پایه آلی که به صورت نانو پلیمر، میسل ها ، دندریمرها و لیپوزوم ها

۳-۳-۱-۲- نانو مواد با پایه غیرآلی :

این دسته از مواد عموما شامل فلزات و اکسید فلزات در مقیاسهای نانو می باشند. اغلب فلزات توانایی رسیدن به مقیاس نانو را دارند که از این میان فلزاتی نظیر نقره، طلا، آهن، مس، کبالت، سرب، کادمیوم و آلومینیوم متداول ترین نانوذرات فلزی می باشند(نصراله زاده[۱]،۲۰۲۱ و نوراژی[۲]،۲۰۰۶).

۴-۳-۱-۲-نانو مواد با پایه کامپوزیتی:

به طور ساده، ترکیب دو یا چند ماده برای تولید مخلوطی با خواص بهتر را کامپوزیت[۳] می نامند. یک نانوکامپوزیت یک ماده جامد چند فازه است که حداقل یکی از فازها دارای حداقل یک بعد در مقیاس نانو (۱-۱۰۰) را دارا باشد. مثال ملموس نانو کامپوزیت هایی که در طبیعت و قابل لمس برای دانش آموز می باشد، مواد سازنده استخوان و پوسته تخم مرغ است(کریتیراش[۴]،۲۰۲۲).

۲-۲-مختصری در باب کاربردهای نانو مواد

مهمترین بخش علاقمند کردن دانش آموزان به فعالیت و مطالعه در حوزه نانو، نشان دادن کاربردهای نانو مواد و نانو فن آوری در زندگی مدرن امروزه است. اگر بخواهیم به طور خلاصه

---

[1] Nasrollahzadeh
[2] Nuraje
[3] Composite
[4] Krittirash

کاربردهای نانو ذرات را برای دانش آموزان توصیف کنیم، بهتر است بیشتر در زمینه های صنعتی، محیط زیستی، غذا، کشاورزی و زیست پزشکی که برای دانش آموزان آشناتر و جذاب تر هستند، صحبت شود. شکل۲-۶ طبقه بندی مختصری از پرکاربردترین زمینه های نانوذرات را نشان می دهد.

۱-۲-۲-کاربرد نانو در صنعت

نانو ذرات جز جدایی ناپذیر انواع صنایع مادر همچون، صنعت الکترونیک، صنعت پوشاک، صنعت ماشین سازی و هواپیما سازی، صنعت ساختمان سازی و ... می باشد. برای دانش آموز جذاب است بداند که، نانو در فناوری اطلاعات مهندسان را به سمت ساخت حافظه‌های کوچک‌تر با قابلیت پردازش و ذخیره بیشتر برده است(الفترو[1]،۲۰۰۳).

لک شدن پی‌در پی لباس‌ها هم از آن دست دردسرهایی است که همه ما در زندگی روزمره با آن مواجه می‌شویم. پارچه‌های ضدلک، ضدآب، ضدچروک، ضدحریق و ...همه این دغدغه های دوره نوجوانی با فناوری نانو محقق شده است(هوح[2]،۲۰۱۱). نانو در صنعت ساختمان سازی نیز در تولید کف پوش های پلیمری، لوله ها و اتصالات مقاوم شده با فناوری نانو، رنگ های ضد باکتری، عایق های حرارتی، رطوبتی و صوتی، بتن سبک و سیمان مستحکم بهبود یافته با نانوذرات، نقش چشمگیری ایفا می کند(یونائو ، ۲۰۲۰ و جایسانگ[3]،۲۰۱۰)

شکل ۲-۶ زمینه های پراهمیت کاربرد نانوذرات

[1] Eleftheriou
[2] Huh
[3] Jaesang

۲-۲-۲- کاربرد نانو در زیست پزشکی

اکثر دانش آموزان به بحث های پزشکی و زمینه های مرتبط با آن اشتیاق خاصی نشان می دهند، بنابراین توصیف برخی از حوزه های پزشکی که از نانو ذرات استفاده های کاربردی کرده اند برای ایشان الهام بخش خواهد بود، پزشکان از نانوذرات به عنوان حامل یا رساننده[1] دارو در مقادیر مشخص و به بافت مورد نظر با کمترین اثرات جانبی و آسیب به سلول های سالم استفاده کرده اند(جفری[2]،۲۰۱۲).

همچنین از نانوحسگر ها در روند تشخیص و درمان بیماری هایی همچون سرطان، منجربه کاهش محسوسی در زمان تشخیص، روند درمان و همچنین هزینه های درمان شده است(بائی[3]،۲۰۱۱). دسته وسیعی از نانوذرات فلزی اثرات وبژه ای از خود در برابر انواع باکتری ها نشان داده اند که محققان را قانع کرده است که می توان از این دسته از مواد به عنوان جایگزین مناسب آنتی بیوتیک استفاده کرد(مان چینگ[4]،۲۰۲۲ و جاستین[5]،۲۰۱۲).

۳-۲-۲- کاربرد نانو ذرات در کشاورزی و مواد غذایی

باتوجه به رشد روز افزون جمعیت کره زمین و لزوم حفظ نوع بشر در بلند مدت و نجات ایشان از خطر گرسنگی، ورود فناوری نانو به صنعت کشاورزی و صنایع غذایی، امید به آینده ای با میزان غذای کافی و سالم برای کل انسان ها را پررنگ تر کرده است و دانش آموزان به عنوان برنامه ریزان و محققان آینده باید در مورد اهمیت کاربرد نانو فن آوری و طرح ایده های نو و خلاقانه درین زمینه، آگاه شوند. ذکر مثال های ملموس و قابل تجربه می تواند مسبب درک عمیق دانش آموز از این مهم، گردد. کاربرد نانوذرات مغذی[6] منجربه احداث گلخانه های کم حجم تر، کم هزینه تر و پربار تر می شود. تحولات نانوفناوری، با افزایش میزان سوددهی و کاهش عوارض سموم کشاورزی، معضلات ناشی از این سموم را رفع می کند و آنها را به محصولاتی کاملاً مفید تبدیل می کند(دوایودی[7]،۲۰۱۶).

نگهداری مواد غذایی در ظروفی که با نانوذرات نقره ساخته می‌شود، از رشد باکتری‌ها جلوگیری کرده و غذا را بدون تغییر رنگ و مزه به مدت طولانی‌تری در مقایسه با ظروف معمولی نگهداری می‌کند(بامباد[8]،۲۰۱۵)

۴-۲-۲-کاربرد نانوذرات در حفظ محیط زیست

آلودگی محیط زیست و بخصوص هوا، زندگی و تحصیل دانش آموزان را مستقیما درگیر کرده است، دانش آموز با دانستن اینکه، استفاده از نانوذرات در بهینه سازی سلول های خورشیدی و تولید

---

[1] Drog Delivery
[2] Jeffrey
[3] Bae
[4] Man Ching
[5] Justin
[6] Nutracutical
[7] Dwivedi
[8] Bumbud

انرژی پاک تاثیر مستقیم بر کاهش آلودگی های زیست محیطی ناشی از کاربرد انرژی های فسیلی دارد(احدی[۱]،۲۰۱۱ و وانگ[۲]،۲۰۱۸) و همچنین استفاده از نانوحسگرها[۳]و غبارهای هوشمند[۴] باعث پیشرفت مؤثری در زمینه ی کنترل آلودگی هوا شده است(سیلور[۵]،۲۰۰۵)، می تواند ذهن خلاق خود را با روند پیشرفت این فن آوری همسو کند.

نانو فیلتر در ساخت نانو -ماسک علیه میکروب ها، ویروس ها، جلوگیری از آلودگی آب ها و منابع غذایی، پاکسازی و تصفیه آب و هوا، جلوگیری از آلودگی های نفتی و غیره کاربرد دارد (سانتوش[۶]۲۰۱۶) .

استفاده از نانوذرات در ترکیب کرم های ضد آفتاب، پوشش دهی پارچه لباس، شیشه عینک و شیشه های ساختمانی، توسط نانوذرات با توجه به قابلیت دفع کنندگی اشعه ماورابنفش برخی از نانوذرات، در پروژه های تحقیقاتی قابل توجهی بررسی شده است(وان[۷]،۲۰۱۱ و راج[۸]،۲۰۱۲)

بیوپلیمرها منابع تجدید پذیر زیستی هستند که به عنوان منابع مواد بسته بندی زیست تخریب پذیر استفاده می شوند. مطالعات اخیر نشان داده اند که حضور نانوذرات در ترکیب بیوپلیمر ها باعث افزایش خاصیت ضدمیکروبی و همچنین مقاومت مطلوب این دسته از پلیمر ها در برابر آب و کشش آنها شده است. (کریشنامورتی[۹]،۲۰۰۷)

۳-بحث و نتیجه‌گیری

در نتیجه اهمیت روز افزون استفاده از نانوفناوری در تمام زمینه های زندگی، کشور های جهان به طور عام و کشور های توسعه یافته به طور خاص تمهیدات بسیاری در معرفی فناوری نانو در عرصه آموزش و یادگیری اتخاذ کرده اند. بساری از کشور های توسعه یافته آشنایی با نانوفناوری را در برنامه درسی گنجانده اند تا ذهن دانش آموزان را آماده درک و نوآوری های بیشتر در این زمینه نمایند. آموزش فناوری نانو در قرن جدید، در پرتو شتاب علمی و رقابت بین کشورها، یک ضرورت مبرم است. بسیاری از کنفرانس ها و سمینارها به لزوم معرفی فناوری نانو در برنامه درسی اشاره کرده اند تا دانش آموزان فاصله بین مدرسه و واقعیتی را که در آن زندگی می کنند احساس نکنند. با توجه به مطالب فوق مشخص می شود که اهمیت آموزش فناوری نانو در مقاطع مختلف آموزش و تربیت معلم، اولین گام برای دستیابی به فناوری نانو است.

---

[1] Ahadi
[2] Wong
[3] Pollution Monitoring Sensors
[4] Smart Dust
[5] Sailor
[6] Santhosh
[7] Van
[8] Raj
[9] Krishnamoorti

این شامل درج مفاهیم و کاربردهای فناوری نانو در برنامه های درسی، آموزش معلمان و معلمان علوم به ویژه و آموزش آنها در مورد چگونگی آموزش علوم و تحقیقات نانوفناوری است. امید است این مهم در کشور ما نیز مورد توجه قرار گیرد.

منابع

Ahadi, P. (2011). Applications of Nanomaterials in Construction with an Approach to Energy Issue. *Advanced Materials Research*. 261, 509–514.

Anu Mary, Ealia and M P Saravanakumar (2017) IOP Conf. Ser.

Bae, K. H., Chung, H. J., & Park, T. G. (2011). Nanomaterials for cancer therapy and imaging. Molecules and cells, *Chemical Engineering Journal* ,31,4, 295-302.

Barhoum, A.; García-Betancourt, M.L.; Jeevanandam, (2022). Review on Natural, Incidental, Bioinspired, and Engineered Nanomaterials: History, Definitions, Classifications, Synthesis, Properties, Market, Toxicities, Risks, and Regulations. *Nanomaterials*, 12, 177

Bumbud Sanpharoke, Choi, J ,Ko (2015). Applications of nanomaterials in food packaging. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 15, 6357-6372.

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

Ealia SAM, Saravanakumar MP. (2017). A review on the classification, characterisation, synthesis of nanoparticles and their application. In: IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering*., 263,3.

Eleftheriou, P. Bächtold, (2003), A Nanotechnology-based Approach to Data Storage, VLDB Conference, Morgan Kaufmann, 3-7.

Feracci Helene, Berta Saez Gutierrez, William Hempel, Isabel Segura Gil (2012). Chapter 8 - Organic Nanoparticles, *Frontiers of Nanoscience, Elsevier*, 4, 197-230.

Hirsch, A., Vostrowsky, (2005). Functionalization of carbon nanotubes. *Functional Molecular Nanostructures*, 193–237.

Hong, J., Peralta-Videa, J. R., & Gardea-Torresdey, J. L. (2013). Nanomaterials in agricultural production: benefits and possible threats. Sustainable nanotechnology and the environment: advances and achievements, *Chemical Communications*, 13,73-90.

Huh, A. J., & Kwon, Y. J. (2011). "Nanoantibiotics": a new paradigm for treating infectious diseases using nanomaterials in the antibiotic's resistant era. *Journal of controlled release*, 156,2, 128-145.

Ioannou, A., Gohari, G, (2020). Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: the way to the future. Environmental and Experimental Botany, *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 176, 104048.

Jaesang Lee, (2010), Nanomaterials in the Construction Industry: A Review of Their Applications and Environmental Health and Safety Considerations, *ACS Nano*, 7,4,3580-3590.

Jeffrey a. Hubbell, Ashutosh Chilkoti, (2012). Nanomaterials for Drug Delivery, Sience, Applied Sciences, 337, 303-305.

Justin T Seil, Thomas J Webster, (2012), Antimicrobial applications of nanotechnology: methods and literature, *Int J Nanomedicine*, 7, 2767–2781.

Krishnamoorti, R. (2007). Strategies for dispersing nanoparticles in polymers. *MRS bulletin*, 32,4, 341-347.

Krittirash Yorseng, Suchart Siengchin, (2020), Nanocomposite egg shell powder with in situ generated silver nanoparticles using inherent collagen as reducing agent, *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 5, 101-107.

Man Ching Chen, Pei Wen Koh, (2022), Titanium dioxide and other nanomaterials based antimicrobial additives in functional paints and coatings: Review, Progress in Organic Coatings, *Functional Molecular Nanostructures*, 163, 231-240.

Man Ching Chen, Pei Wen Koh, (2022), Titanium dioxide and other nanomaterials based antimicrobial additives in functional paints and coatings: Review, Progress in Organic Coatings, Functional Molecular Nanostructures, 163, 231-240.

Mlinar V, (2013), Engineered nanomaterials for solar energy conversion. Nanotechnology, *Materials Science and Engineering*, 24,4, 42-47.

Nuraje N, Su K, Haboosheh A, Samson J, Manning EP, Yang N-I, Matsui H (2006) Room temperature synthesis of ferroelectric barium titanate nanoparticles using peptide nanorings as templates. *Adv Mater* 18,807–811.

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

Reiss, Gunter; Hutten, Andreas (2010). "Magnetic Nanoparticles". In Sattler, Klaus D. Handbook of Nanophysics: Nanoparticles and Quantum Dots. *CRC Press*.21.

Sailor, M. J., & Link, J. R. (2005). “Smart dust”: nanostructured devices in a grain of sand. *Chemical Communications*, 11, 1375-1383.

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

Tenne R (2002). Fullerene-like materials and nanotubes from inorganic compounds with a layered (2-D) structure, *Applied Sciences*,208 ,83-92.

Van Broekhuizen, P., van Broekhuizen, F., Cornelissen, R. et al. (2011). Use of nanomaterials in the European construction industry and some occupational health aspects thereof. *J Nanopart*, 13, 447–462.

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

Review article

Research in Chemistry Education, Vol 4, No 2, Publication: Spring 1402

Research in Chemistry Education

Articles published in the fourth national conference of chemical education in Iran

http://chemedu.cfu.ac.ir

Familiarize students with the concept of nanomaterials and their application in various fields and its insert in testbooks

Neda Ebrahimpour[1*], Mohammad Sadegh Zakerhamidi[2], Roshanak Kian[3]

[1] *Ph.D. in Physical Chemistry, Technical and Vocational University, Iran*

[2] *Full Professor, PhD in Physical Chemistry, Faculty of Physics, Tabriz University, Iran*

[3] *Postdoctoral researcher, Ph.D. in physical chemistry, Faculty of Physics, Tabriz University, Iran*

Abstract

Human dreams and imagination often give birth to new science and technology. Nanotechnology, the frontier of the 21st century, was born from such dreams. Nanotechnology is defined as the production and control of matter between 1 and 100 nanometers in which unique phenomena enable new applications such as drug delivery, pollution monitoring sensors, solar cells and biodegradable polymers. In a span of almost half a century, nanotechnology has become the foundation of industrial progress. Therefore, research and development in this field, workforce development, education and curriculum planning are an integral part of the progress process in the field of nanotechnology, which should be given more attention. It is clear that students are the future builders of society and its social capital, it is essential to familiarize this segment of society with the basic concepts of new and important technologies from the early years of knowledge acquisition. In this article, an attempt has been made to explain the concepts related to nanomaterials, their applications and the latest findings in simple and understandable expression for students.

Keywords: Nano Scale, Nanotechnologhy, Drug Delivery, Pollution Monitoring Sensors, Biodegradable Polymers.

[*]Corresponding Author: (✉ neda.ebrahimpour@gmail.com)