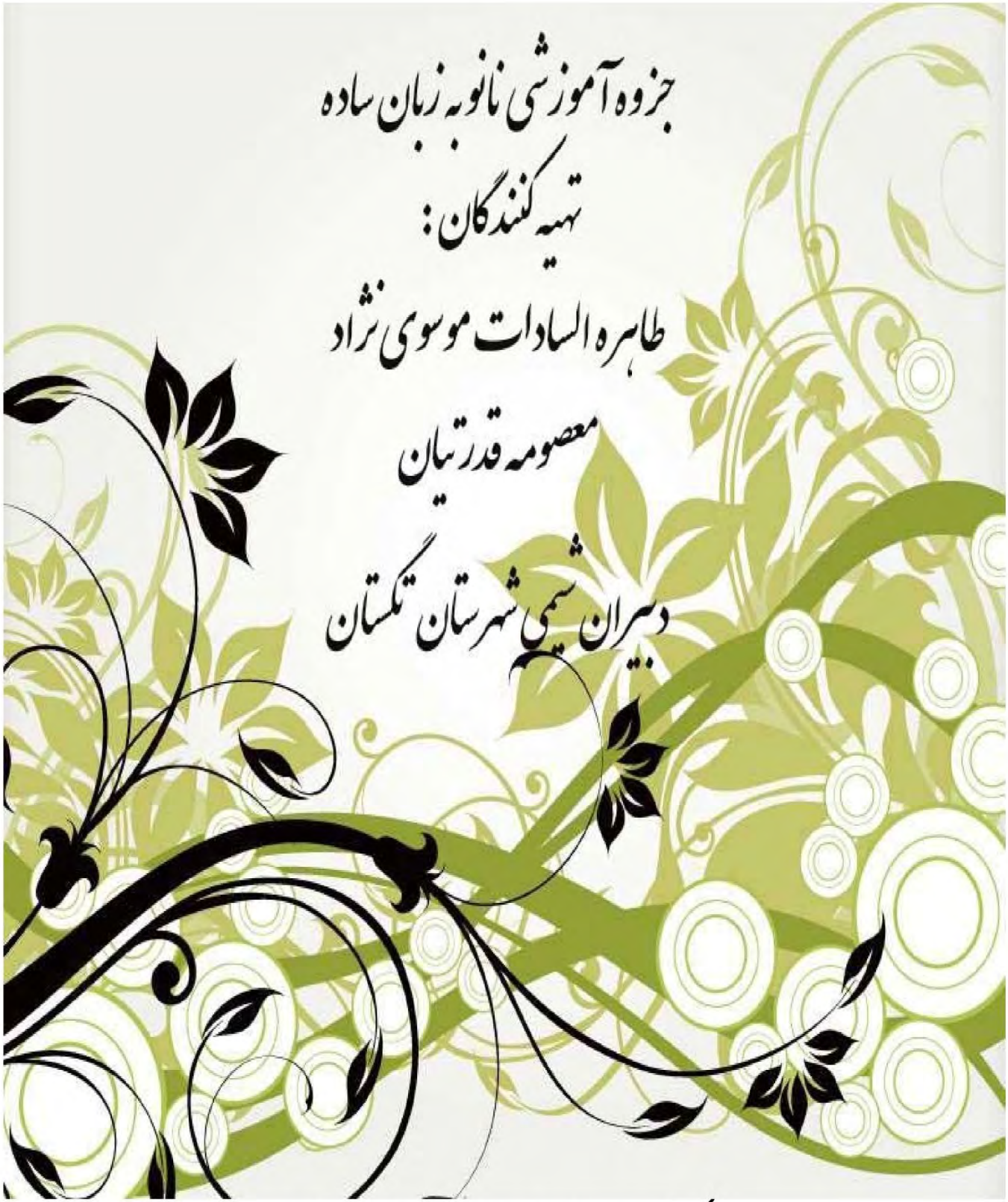
www.Prozheha.ir



www.Prozheha.ir

جزوه آموزشی نانو

تهیه کنندگان: طاهره السادات موسوی نژاد - معصومه قدرتیان

www.Prozheha.ir

فهرست:

عنوان	شماره صفحه
مفهوم نانو	۶
فناوری نانو	۸
اهداف نانو	۹
تاریخچه نانو	۹
اثرات سطحی	۱۰
اثرات کوانتمی	۱۳
نظریه نواری	۱۳
رسانایی مواد	۱۴
تقسیم بندی نانو ساختارها	۱۵
نانو مواد صفر بعدی	۱۶
نانو مواد تک بعدی	۱۶
نانو مواد دو بعدی	۱۷
نانو مواد سه بعدی	۱۷
بررسی خواص و کاربرد نانو ساختارها	۱۸
خواص نوری	۱۸
خواص مغناطیسی	۱۹
خواص آنتی باکتریال	۱۹
خواص کاتالیزگری	۱۹

تهیه کنندگان: طاهره السادات موسوی نژاد - معصومه قدرتیان

www.Prozheha.ir

روش ساخت نانو ساختارها	۲۰
روش بالا به پایین	۲۰
روش آسیاب گلوله ای	۲۱
نانو ساختار تک بعدی	۲۱
خواص نانوسیمها	۲۲
نانو ساختار دو بعدی	۲۳
روش ساخت لایه های نازک	۲۴
رسوب بخار فیزیکی	۲۴
مراحل روش PVD	۲۴
عوامل موثر بر فرآیند PVD	۲۴
معایب روش PVD	۲۵
روش کند و کاش یا پراکنش	۲۵
رسوب دهی بخار شیمیایی CVD	۲۶
بررسی ویژگی های روش PVD و CVD	۲۷
کاربرد لایه های نازک	۲۷
نانو ساختار سه بعدی	۲۷
نانو کامپوزیت	۲۷
مزیت کامپوزیتها	۲۸
عوامل موثر بر خواص کامپوزیتها	۲۸
کاربرد نانو کامپوزیت	۲۹
شیمی کربن	۲۹
کاربردهای فولرن یا باکی بالها	۳۰

www.Prozheha.ir

نانو لوله کربنی	۳۰
انواع نانو لوله ها بر اساس نحوه پیچیده شدن صفحات گرافنی	۳۱
خواص و کاربرد نانو لوله کربنی	۳۲
نانوبیو تکنولوژی و بیو نانو تکنولوژی	۳۲
نانو پزشکی	۳۴
دندریمر	۳۵
نانو رباط	۳۵
انتظاراتی از نانو	۳۶
مضرات فناوری نانو	۳۷
منابع	۳۹

www.Prozheha.ir

مفهوم نانو

نانو از واژه یونانی نانوس[1] به معنای قد کوتاه[2]استخراج شده است. نانو یک پیشوند اندازه به معنای یک میلیاردیوم یا 10^{-9} است. پیشوند های دیگری نیز وجود دارند که کوچک تر یا بزرگ تر از نانو هستند. ولی در میان آن ها امروزه نانو یک واژه شناخته شده برای بیشتر علوم پیشرفته است .

اخیراً در فرهنگ لغت واژه های مربوط به نانو مانند نانو مقیاس، نانو فناوری، نانو ساختار، نانو ذره، نانو لوله، نانو سیم، نانو رباط و... وارد شده است.

جدول ۱ – برخی از پیشوند های اندازه

پیشوند	علامت اختصاری	اندازه(متر)	پیشوند	علامت اختصاری	اندازه(متر)
اگزا	E	10^{+18}	دسی	d	10^{-1}
پنتا	P	10^{+15}	سانتی	c	10^{-2}
ترا	T	10^{+12}	میلی	m	10^{-3}
گیگا	G	10^{+9}	میکرون	μ	10^{-6}
مگا	M	10^{+6}	نانو	n	10^{-9}
کیلو	k	10^{+3}	آنگستروم	Å	10^{-10}
هکتو	h	10^{+2}	پیکو	p	10^{-12}
دکا	da	10^{+1}	فیمو	f	10^{-15}

نسبت نانومتر به متر مانند نسبت یک فندق به کره زمین است و یا به اندازه رشد ریش انسان در زمانی که برای بلند کردن تیغ روی صورتش می گذرد.

تفاوت نانو و مول در این است که مول یکای مقدار ماده (به اندازه عدد آووگادر از هر ذره) می‌باشد ولی نانو یک پیشوند اندازه است و در آن تعداد ذرات مهم نیست بلکه سایز و بزرگی آنها اهمیت دارد.

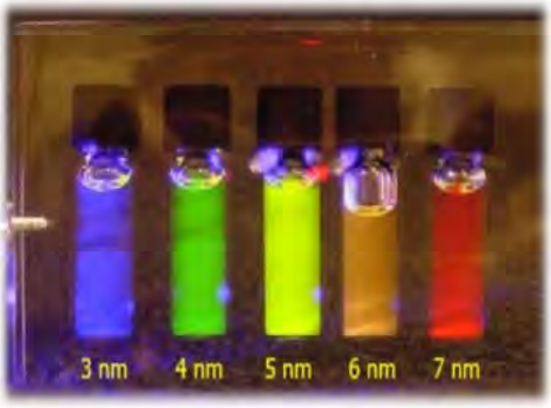
[1] Nanos
[2] Dwarf

www.Prozheha.ir

در مقیاس های بزرگتر از نانو خواص و ویژگی های مواد مانند خواص مواد در ابعاد معمولی است و مقیاس های کوچک تر از نانو نیز به دلیل اصل عدم قطعیت قابل دست یابی و کاربردی نیست.

اهمیت مقیاس نانو به این دلیل است که در این مقیاس ویژگی های جدیدی حاصل می شود و خواص و ویژگی هایی که مواد در ابعاد معمولی (ابعاد ماکروسکوپی و قابل مشاهده) دارند و مشخصه یک ماده است مانند استحکام ، انعطاف پذیری، رسانایی الکتریکی، خواص مغناطیسی، واکنش پذیری، خواص نوری، دمای ذوب، شفافیت و ... در ابعاد نانو تغییر می کند. در حقیقت در مقیاس نانو با مواد جدیدی سروکار داریم که دارای خواص جدید و در نتیجه کاربردهای جدید می باشند.

- در مقیاس نانو هر چه مواد ریزتر باشند نقطه ذوب کاهش می‌یابد. در حالی که در مقیاس بالاتر از نانو نقطه ذوب از خواص شدتی ماده و مستقل از مقدار ماده می باشد.
- در مقیاس نانو بیشتر مواد خواص مغناطیسی دارند. در حالی که در مقیاس بالاتر از نانو تنها آهن ، نیکل و کبالت و ترکیبات آنها خواص مغناطیسی دارند.
- ضد آفتاب تیتانیوم اکسید در مقیاس نانو شفاف تر و قدرت جذب تابش فرابنفش در آن بیشتر است.
- نانو ذرات طلا بیشتر خواص دارویی دارند و به جای استفاده در ساخت جواهرات در پزشکی کاربرد دارند.
- اگر چه طلا ی ۱۰ میلیون نانومتری (ابعاد بزرگتر از نانو) زرد رنگ است اما یک قطعه طلای در ابعاد نانو رنگ های متفاوتی دارد. (شکل ۱)



شکل ۱

مفهوم نانوتکنولوژی یک مفهوم جدید است اما مواد نانو یا ساختارهای در ابعاد نانو جدید نیستند زیرا پروتیین ها،لیپیدها، سلول ها، ویروس ها ، شیر، استخوان ،کاه گل و ... همگی مواد در ابعاد نانو هستند.

www.Prozheha.ir

جدول -۲- مقایسه برخی مواد زیستی در مقیاس نانو

ماده	تار مو	سلول قرمز	ویروس	سلول تنفسی	A DN	اتم هیدروژن
اندازه بر حسب نانومتر	۶۰۰۰۰	۷۰۰۰	۱۰-۱۵۰	۲۰	۲	۱ ۰/۱

هر چند پیشوند نانو به معنای 10^{-9} است ولی منظور از مقیاس نانو ۱۰۰-۱ نانو متر می باشد . معمولاً نانو ذرات شامل تعداد زیادی اتم حتی تا هزار اتم می باشند.

مفهوم نانوتکنولوژی (فناوری نانو)

تعاریف مختلف نانوتکنولوژی نشان دهنده این واقعیت است که فناوری نانو دامنه وسیعی از حوزه های علمی را در بر می گیرد. در حقیقت نانوتکنولوژی یک علم بین رشته ای و رویکردی جدید به تمام رشته ها است . برخی از تعاریف نانو تکنولوژی عبارتند از:

- نانو فناوری، فناوری طراحی، تولید و کاربرد نانو ساختارها است.
- نانو فناوری،ادامه دانش کنونی در ابعاد نانو یا طرح ریزی دانش کنونی بر پایه های جدید تر و امروزی تر است
- نانو فناوری، تمام فناوری های پیشرفته در عرصه کار در مقیاس نانو است.
- فناوری نانو یک دانش به شدت بین رشته ای است و مرتبط با رشته هایی مانند پزشکی، داروسازی، دامپزشکی، کشاورزی، مهندسی، فیزیک، شیمی، الکترونیک، زیست شناسی، مهندسی مواد و دیگر علوم است.
- در نانو فناوری خواص کوانتومی بر خواص کلاسیک (قوانین نیوتن ،قوانین الکترومغناطیس و...) غلبه دارد و اثرات فیزیکی جدیدی بروز می یابد.
- از دیدگاه تحلیل گران فناوری نانو، فناوری زیستی و فناوری اطلاعات سه قلمرو علمی هستند که انقلاب سوم صنعتی را شکل می دهند.

www.Prozheha.ir

برخی از اهداف نانوفناوری

- کاهش یافتن شدید تقاضا برای سوخت های فسیلی
- همه گیر شدن ابرکامپیوترهای بسیار قوی، کوچک و کم مصرف
- سلاح های سبک تر ، کوچک تر ، هوشمندتر ، دور بردتر ، ارزانتر و نامرئی‌تر برای رادار
- شناسائی فوری کلیه خصوصیات ژنتیکی و اخلاقی و استعدادهای ابتلا به بیماری
- ارسال دقیق دارو به آدرس های مورد نظر در بدن و افزایش طول عمر
- از بین بردن کامل عوامل خطرناک جنگ شیمیائی و میکروبی
- از بین بردن کامل ناچیزترین آلاینده‌های شهری و صنعتی
- سطوح و لباس های همیشه تمیز و هوشمند
- تولید انبوه مواد و ابزارهائی که تا قبل از این عملی و اقتصادی نبوده‌اند
- و بسیاری از موارد غیر قابل پیش بینی دیگر!

تاریخچه نانوتکنولوژی (نانو فناوری)

قدمت علم نانو به شروع حیات روی کره زمین برمی گردد. جانوران نرم تن صدف دار و حلزون ها، صدف های بسیار سختی را می سازند که در واحد های نانو ساختاری بسیار محکم به یکدیگر متصل شده اند.

قرن چهارم پس از میلاد:شیشه سازان رومی شیشه هایی حاوی فلزات نانو مقیاس می‌ساختند. قرن ۱۸ و ۱۹: فناوری عکاسی که وابستگی کاملی به ذرات بسیار ریز نقره دارد، توسعه یافت.

جام مشهور لیکرگوس

www.Prozheha.ir

اما اولین جرقه فناوری نانو (البته در آن زمان به این نام شناخته نشده بود) در دسامبر ۱۹۵۹ میلادی با سخنرانی ریچارد فاینمن[3] با عنوان "فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد" زده شد.

فاینمن این نظریه ارائه داد که در آینده ای نزدیک می توانیم مولکول ها و اتم ها را به طور مستقیم دستکاری کنیم و آنها را با ساختاری دلخواه و بدون نقص کنار هم بچینیم. او گفت "چه اتفاقی رخ خواهد داد اگر ما بتوانیم اتم ها را دانه دانه به صورتی که خودمان می خواهیم مرتب کنیم."

خواص مواد به شدت تابع نحوه قرار گرفتن اتم ها کنار یکدیگر است. برای مثال الماس و گرافیت دو چیدمان متفاوت از اتم های کربن هستند که هر دو از اتم کربن هستند اما طول پیوند و زاویه پیوند در آنها متفاوت است. و در نتیجه این تفاوت، الماس یک ماده فوق مستحکم و عایق الکتریسیته است ولی گرافیت بسیار نرم و رسانا است.

در حقیقت با تغییر چیدمان اتم ها می توان به مواد جدید با خواص جدید دست یافت. و نانو فناوری این امکان را برای ما فراهم می کند.

اصطلاح نانو فناوری اولین بار توسط نوریوتا تاینگوچی استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبان ها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد و وسایل در ابعاد نانو به کار برد.

در سال ۱۹۸۶ این واژه توسط کی اریک دکستلر در کتابی تحت عنوان "موتور آفرینش: آغاز دوران فناوری نانو" بازآفرینی و تعریف مجدد شد و بعدها آن را در کتابی تحت عنوان "نانو سیستم ها ماشین های ملکولی، چگونگی ساخت و محاسبات آن ها" توسعه داد.

تفاوت عمده نانوفناوری با فناوری های دیگر در مقیاس مواد و ساختارهایی است که در آن استفاده می‌شود. البته تنها کوچک بودن اندازه مطرح نیست زیرا وقتی اندازه مواد کوچک تر می شود علاوه بر ارزانتر، سبکتر و سریعتر بودن خصوصیات ذاتی مواد از قبیل رنگ، استحکام، مقاومت، رسانایی نیز تغییر می کند.

ما باید در علم نانو عناصر پایه مانند نانو ذره، نانو لوله ،نانو لایه و ... را تعریف کنیم. البته قبل از بررسی عناصر پایه باید به سوال زیر پاسخ دهیم .

سوال: چرا مقیاس نانو مهم است ؟

پاسخ: زیرا در این مقیاس خواص مواد به دو دلیل زیر تغییر می کند

الف) افزایش بسیار زیاد سطح نسبت به حجم (اثرات سطحی)

ب) گسسته شدن نوار های انرژی (اثرات کوانتومی)

اثرات سطحی

اثرات سطحی را با مثالی ساده می توان توضیح داد؛ اگر یک مکعب را به هشت مکعب کوچک تر تقسیم کنیم و آن هشت مکعب را روی یکدیگر قرار دهم حجم آن با حجم مکعب اولیه یکسان است اما مساحت آن متفاوت است زیرا با تقسیم یک

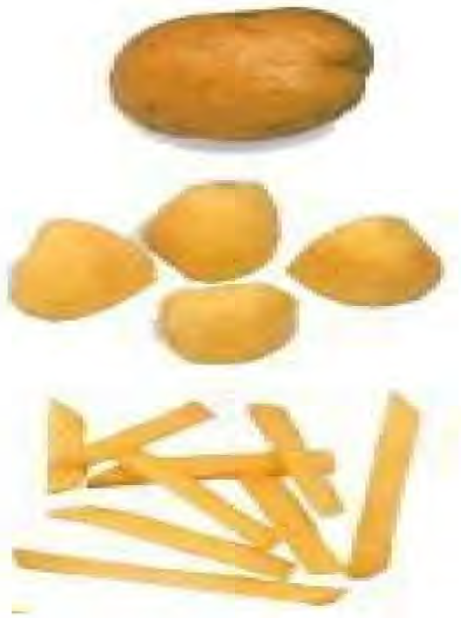
[3] Feynman

www.Prozheha.ir

مکعب به هشت مکعب سطوح جدیدی حاصل می شود که قبلاً وجود نداشته اند. حال اگر مکعب ها را دوباره نصف کنیم شصت و چهار(۶۴) مکعب به دست می آید آن ۶۴ مکعب را روی یکدیگر قرار دهم حجم آن با حجم مکعب اولیه یکسان است اما مساحت آن بسیار بیشتر است. حال اگر این کار را ۲۱ بار تکرار کنیم حجم همان حجم اولیه اما مساحت آن میلیون برابر می‌شود.

- نسبت مساحت به حجم با شعاع رابطه عکس دارد یعنی با کوچک شدن شعاع این نسبت بزرگ تر می شود. به عنوان مثال برای کره این نسبت به صورت زیر است:

$$A / V = 4\Pi r^2 / [(4/3)\Pi r^3] = 3/r$$

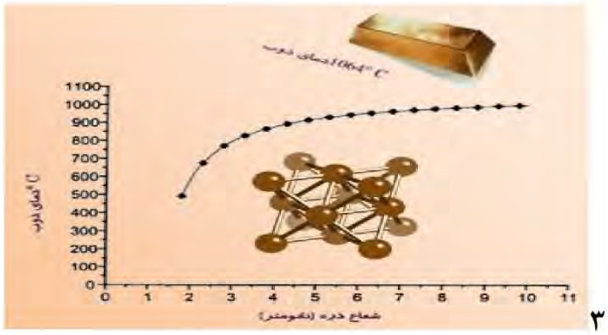


- در علم فیزیک و شیمی بین اتم هایی که روی سطح قرار می گیرند با اتم های داخل ماده تفاوت است. اتم های داخل ماده عدد همسایگی (تعداد اتم های اطراف یک اتم) بیشتری دارند و ظرفیتشان کامل در نتیجه واکنش پذیری کمتری دارند و تمایل چندانی به انجام واکنش ندارند اما اتم‌هایی که روی سطح هستند تعدادی پیوند ناقص یا کامل نشده دارند و به همین دلیل واکنش پذیری آن ها نسبت به اتم های داخلی بیشتر است.
- با ریز شدن ابعاد ماده و رسیدن به ابعاد نانو سطح ماده و درنتیجه اتم های روی سطح ماده بیشتر می شود و در نتیجه ماده به شدت ناپایدار می شود و از آنجا که در طبیعت همه مواد تمایل دارند که به پایداری و سطح انرژی پایین تر برسند ماده ای که به ابعاد نانو رسیده است به دلیل ناپایداری تمایل دارد که به روش های مختلف به پایداری برسد و این را

www.Prozheha.ir

از طریق تغییر در آرایش اتم‌ها و در نتیجه تغییر طول پیوند و زاویه پیوند به پایداری می رسند که این تغییرات خود سبب تغییر در خواص ماده می شود .

- به عنوان مثال کاهش دمای ذوب با رسیدن مواد به ابعاد نانو(دمای ذوب ۲ nm طلا ۳۰۰ درجه کلوین پایین تر از دمای ذوب طلای معمولی است (شکل ۳). زیرا برای ذوب یک ماده باید پیوند های بین مواد سست شود و چون در نانو ذرات طلا بیشتر اتم های در سطح قرار می گیرند برای ذوب شدن پیوند های کمتری باید سست و شکسته شود در نتیجه انرژی و دمای کمتری نیاز است.

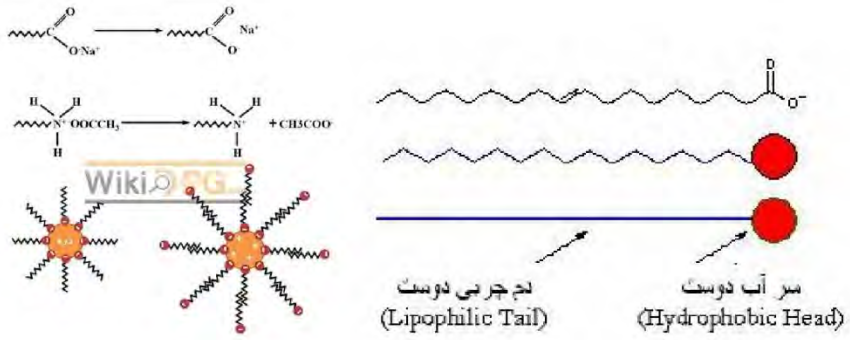


شکل ۳

- یکی از چالش های بسیار مهم در نانو چسپیدن مجدد نانو ذرات به یکدیگر و کلوخه شدن به دلیل ناپایداری و تمایل به پایدار شدن و کاهش سطح انرژی می باشد که سبب خارج شدن ذرات از مقیاس نانو می شود. یک روش جلوگیری از بروز این مشکل پوشاندن سطح ذرات نانو با موادی از جنس مولکول های آلی، پلیمر های زیستی است که به صورت پوششی روی آن ها قرار می گیرند و از طریق ممانعت فضایی و یا دافع الکتریکی بارهای هم نام از چسپیدن نانو ذرات به یکدیگر جلوگیری می کنند.
- دسته مهمی از مواد محافظ سورفکتانت ها[4] به معنای عوامل فعال سطحی می باشند . سورفکتانت از اصطلاح Surface active agent گرفته شده است. سورفکتانت ها ملکول های زنجیری شکل و پلیمری با دو قسمت آب دوست (قطبی) و آب گریز (ناقطبی) هستند که اطراف نانو ذرات قرار می گیرند و به کمک ممانعت فضایی و یا دافعه ی الکتریکی از چسپیدن آن به یکدیگر جلوگیری می‌کنند که ممانعت فضایی کاربرد بیشتری دارد. (شکل ۴ و ۵)

[4] Surfactent

www.Prozheha.ir



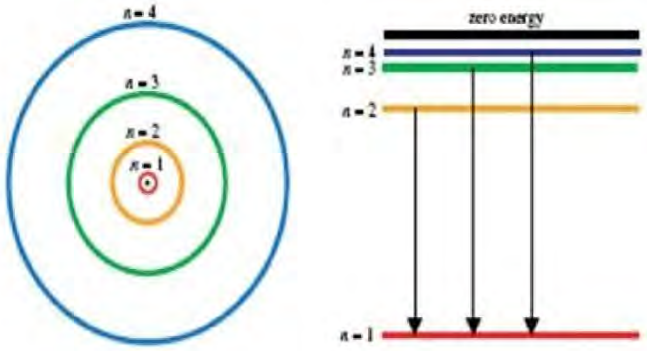
شکل ۴ و۵

اثرات کوانتومی

کوانتوم در لغت به معنای گسسته است .کمیت های گسسته تنها مقادیر مشخصی می پذیرند مانند تعداد افراد کلاس، قفسه کتاب، پله های نردبان و ....

نظریه نواری

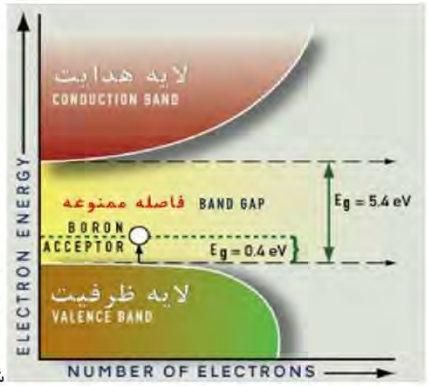
اتم ها دارای تراز های انرژی می باشند و فاصله بین ترازها مقادیری متفاوت و البته برای هر تراز عددی معین است (شکل ۶). وقتی که اتم های مختلف به هم متصل می شوند و مولکول‌ها را می سازند. به دلیل کنار هم قرار گرفتن اتم ها ی تعداد ترازهای انرژی زیاد شده و برخی از تراز ها روی هم می افتند و همپوشانی می کنند و به دلیل تراکم زیاد به صورت نوار های کاملاً پیوسته‌ای در می آیند که به آن‌ها نوار انرژی می گویند



شکل ۶تراز انرژی اتم هیدروژن

بین نوار های انرژی مانند تراز های انرژی مناطقی وجود دارد که هیچ اتمی الکترونی وجود ندارد به این مناطق مناطق ممنوعه و گپ یا گاف انرژی می گویند. رسانایی مواد مختلف بر همین اساس توجیه می شود. آخرین نوار پر از الکترون را نوار ظرفیت و اولین نوار خالی یا نیمه پر بعد از نوار ظرفیت را نوار هدایت می گویند. (مانند شکل ۷) بر این اساس مواد به سه دسته رسانا ، نیمه رسانا و نارسانا (عایق) دسته بندی می شوند.

www.Prozheha.ir



شکل ۷

مواد رسانا

در نوار هدایت الکترون وجود دارد و تحرک این الکترون ها در انتقال جریان الکتریسیته موثر است. برای اجسام رسانا بین تراز ظرفیت و تراز هدایت شکافی وجود ندارد، و این ترازها روی هم منطبق شده و دارای باند مشترک می‌باشند. یعنی یک رسانا حتی در صفر درجه کلوین نیز دارای الکترون در باند هدایت است. بنابراین در دمای اتاق تعداد الکترون‌های آزاد برای برقراری جریان یا حرکت بارها بیش از حد مورد نیاز موجود می‌باشد.

مواد نارسانا

دراین مواد نوار ظرفیت پر از الکترون است اما در نوار هدایت هیچ الکترونی ندارند و گاف انرژی در آن ها بسیار بزرگ است و انرژی گرمایی محیط برای برانگیختگی الکترون و فرستادن آن از نوار ظرفیت به نوار هدایت کافی نیست پس انتقال الکترون و در نتیجه انتقال الکتریسیته وجود ندارد.

مواد نیمه رسانا

در مواد نیمه رسانا در نوارهدایت (رسانش) هیچ الکترونی وجود ندارد ولی به دلیل کم بودن گاف انرژی تعداد محدودی از الکترون های ظرفیت به کمک انرژی گرمایی محیط ،به نوار هدایت می‌روند و رسانایی محدودی به وجود می آید.

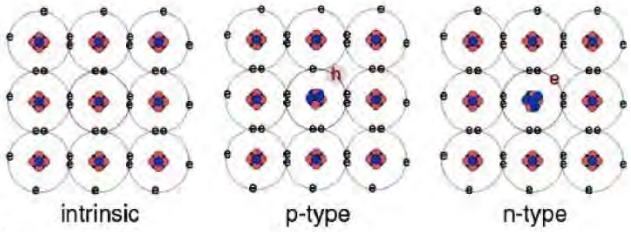
وقتی الکترون از تراز انرژی پایین به تراز انرژی بالا می رود جای آن در نوار ظرفیت خالی می‌شود که به آن حفره می گویند . اکترون و حفره در قید هم هستند و با هم حرکت می کنند و به جفت الکترون– حفره اکسیتون می گویند. اکسیتون در نانو

www.Prozheha.ir

ذرات نیمه رسانا نیز مشاهده می شود. اکسیتون ها دارای تراز های انرژی مجزا هستند و می توانند امواج الکترو مغناطیس را جذب کنند.

نیمه رساناها به سه شکل خالص، نوع p و نوعn می باشند . نوع خالص مانند سیلیسیم و ژرمانیوم، نوع p مانند وارد کردن بور، آلومینیوم، گالیم یا ایندیوم با سه الکترون در ساختار نیمه رسانای سیلیسیوم و ایجاد یک پیوند ناقص و نوع n مانند وارد کردن فسفر یا آرسنیک با ۵ الکترون در ساختار نیمه رسانای سیلیسیوم می باشد. (شکل۸)

به اتم های که به صورت ناخالصی وارد می شوند اتم های بخشنده می گویید که در نوع n تراز انرژی اتم‌های بخشنده نزدیک به نوار هدایت و در نوع p نزدیک به نوار ظرفیت است.



شکل ۸

در فیزیک در ابعاد ماکروسکوپی قوانین کلاسیک صادق است و کمیت ها پیوسته هستند یعنی هر مقداری می توانند داشته باشند اما وقتی ماده ای را ریز می کنیم اتم های آن کاهش می یابد و با جدا شدن هر اتم نوار انرژی آن نیز جدا می شود و تعداد و تراکم تراز های انرژی در نوار یا باند انرژی که DOS نامیده می شود کاهش می یابد ولی همچنان اتم ها پیوسته هستند حتی زمانی که مواد را در حد میکرون کوچک می کنیم باز تراز های انرژی پیوسته هستند و تنها DOS آن ها کاهش می یابد. ولی وقتی ریز کردن مواد تا رسیدن به ابعاد نانو ادامه می یابد و به مقیاس نانو (۱۰۰-۱ نانومتر) می‌رسند دو باره مانند اتم ها گسستگی (Discrete) اتفاق می افتد و نوار های انرژی تبدیل به ترازهای انرژی می شوند و هر چه مواد ریز تر می شوند گسستگی تراز های انرژی بیشتر می شود و به همین دلیل توجیه برخی خواص مانند رنگ (نتیجه برهمکنش نور و تراز های انرژی)، افزایش میزان جذب تابش های فرابنفش (ضد آفتاب های حاوی نانو ذرات TiO_2) به کمک این گسستگی قابل توجیه است. در ابعاد نانو قوانین فیزیک کوانتوم صادق است. به نانو ذرات اتم های مصنوعی یا ابر اتم می گویند.

تقسیم بندی نانو ساختار ها بر اساس ابعاد آزاد

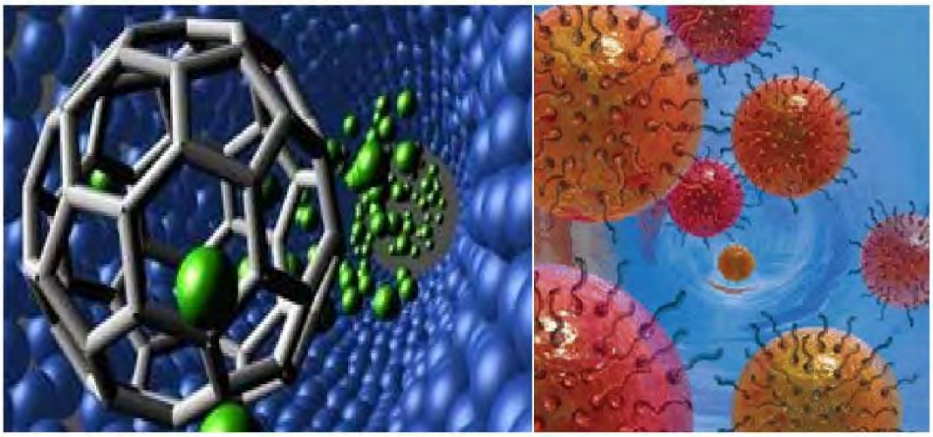
۱. صفر بعدی (0D) : نانو ذرات
۲. یک بعدی (1D) : نانو سیم، نانولوله ، نانو میله، نانو الیاف
۳. دو بعدی (2D) : نانو پوشش ها
۴. سه بعدی (3D) : نانو کامپوزیت، مواد حجیم نانو ساختار

www.Prozheha.ir

نانو مواد صفر بعدی (0D) – شکل ۹

موادی که هر سه بعد دارای اندازه نانومتری هستند و هیچ بعد آزادی ندارند به این دسته نانوذرات می‌گویند. عوامل تأثیرگذار بر خواص ذرات، اندازه و جنس ذرات است. نانو ذرات دارای کاربردهای متفاوتی در صنایع مختلف مانند خودروسازی (ضد خش کردن بدنه، ضد آب کردن شیشه ها، مقاوم کردن لاستیک ها و ...)، پزشکی(دارو رسانی، تشخیص و ساخت داروهای جدید و ...) تصفیه آب و فاضلاب، اکترونیک، صنایع نظامی و... می باشند.

نانو ذرات به شکل های مختلف کروی، بیضوی، مکعبی، منشوری، ستونی می باشند و به دو صورت خالص یا ترکیبی هستند.

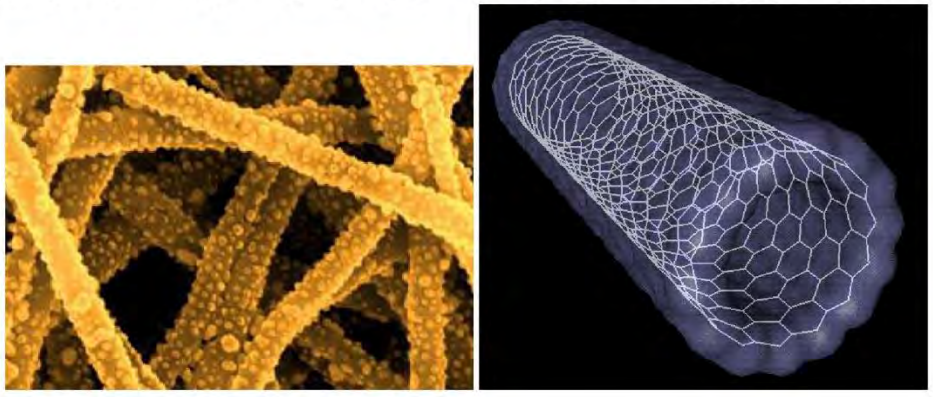


شکل ۹

نانو مواد تک بعدی(1D) –شکل ۱۰

این مواد دو بعد در مقیاس نانو و یک بعد آزاد دارند . عوامل مؤثر بر خواص آن ها جنس و نسبت طول به قطر (l/d) می باشد. مهمترین ویژگی این ساختارها هدایت جریان الکتریکی در راستای محور سیم است. مهمترین کاربردهای آنها در ساخت رایانه با سرعت بالا ، ساخت لیزهای بسیار کوچک ، ساخت LED (دیود نور افشان) ، نانو حسگرها، حافظه‌های مغناطیسی با ظرفیت اطلاعات بالا و تشخیص بیماری ها می باشد.

این ساختارهای تک بعدی بر اساس روش ساخت بلوری و یا بی شکل و همچنین به صورت خالص یا ترکیبی هستند .



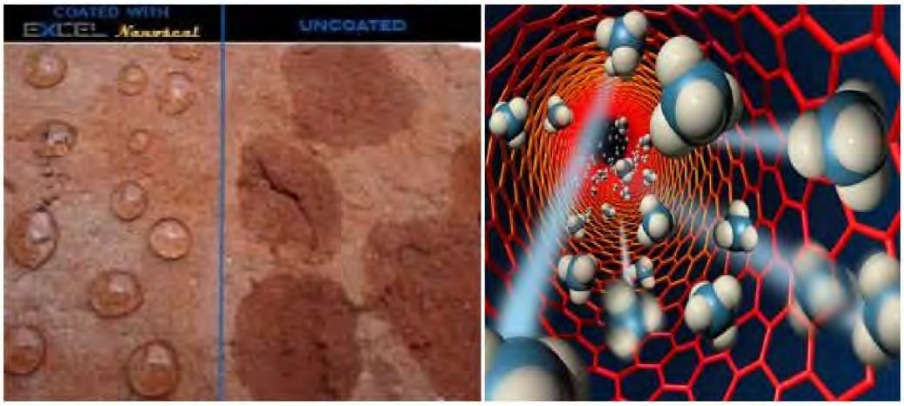
www.Prozheha.ir

شکل ۱۰

نانو مواد دو بعدی(2D) – شکل ۱۱

دارای دو بعد آزاد و یک بعد در ابعا نانو هستند . شامل دسته ای از لایه های نازک یا پوشش‌های سطحی به نام نانو پوشش ها هستند. نانو پوشش ها لایه هایی با ضخامت ۱۰۰-۱ نانومتر هستند که با چشم قابل دیدن نیستند و به ظاهر جسم آسیب نمی زنند اما باعث تغییر برخی از خواص و ویژگی های ماده می شوند. مانند لایه هایی که روی لباس ها قرار می گیرند و آن ها را ضد آب یا ضد چروک می کنند.

عوامل مؤثر بر خواص این مواد جنس و ضخامت آن ها در ابعاد نانو است. نانو پوشش ها به روش های مختلف روی مواد قرار می‌گیرند و ضخامت آن ها قابل کنترل است و همچنین به صورت خالص یا ترکیبی هستند. کاربرد آن ها در زمینه الکترونیک، فیزیک، شیمی، ساختمان سازی، خودروسازی و ... می باشد.



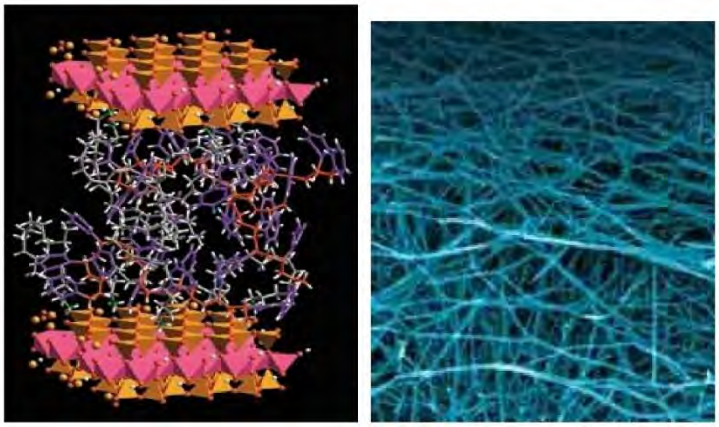
شکل ۱۱

نانو مواد سه بعدی(3D) –شکل ۱۲

هر سه بعد آن ها آزاد است و هیچ بعدی در ابعاد نانو ندارند ولی چون در ساختار آن‌ها مواد نانو به کار رفته است جزء نانوساختارها دسته بندی می شوند.

مانند نانو کامپوزیت ها .

www.Prozheha.ir



شکل ۱۲

بررسی خواص و کاربرد های نانو ساختارها

نانو ذرات تجمعی از واحدهای سازنده (اتم یا ملکول) با اندازه ۱۰۰-۱ نانومتر هستند که از تعدادی اتم شامل ۱۰ تا $۱۰^{۶}$ اتم هستند . معمولاً مولکول ها شامل ۱۰-۱ اتم هستند البته در مولکول‌های زیستی اتم هایی با ۲۵ اتم نیز وجود دارد.

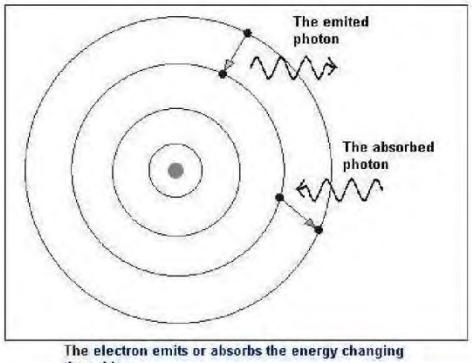
نانو ذراتی که ۱۰-۲ نانومتر هستند را نقطه کوانتومی می گویند و به نانو ذرات باردار اتم های مصنوعی می گویند.

خواص نانو ذرات علاوه بر اندازه به شکل ذرات نیز وابسته است به عنوان مثال رنگ نانو ذرات کروی با نانو ذرات استوانه ای متفاوت است. برخی از خواص نانو ذرات به شرح زیر می باشد.

خواص نوری

وقتی نور به یک اتم برخورد می کند جذب می شود ،بازتاب می شود و یا عبور می کند. اگر انرژی نور تابیده شده با انژی بین ترازها برابر باشد توسط الکترون ها گرفته می شود و الکترون ها به تراز بالاتر رفته (برانگیخته می شوند) و هنگام برگشت به تراز اولیه نور با طول موج

معین منتشر می کنند .(شکل ۱۳)



The electron emits or absorbs the energy changing the orbits.

شکل ۱۳

www.Prozheha.ir

نانو ذرات نیز مانند اتم ها دارای تراز انرژی گسسته هستند . البته با تغییر اندازه ذرات فاصله بین تراز ها تغییر می کند و هر چه ذرات کوچکتر می شوند فاصله بین تراز ها بیشتر می‌شود. می توان با تغییر اندازه ذرات و در نتیجه تغییر فاصله بین ترازها امواج خاصی را جذب کرد.

می توانیم ابعاد نانو ذرات را به گونه ای تنظیم کنیم که امواج خاصی مانند فرابنفش، فروسرخ ، رادیویی و غیره را جذب کنند و از این خاصیت در صنایع نظامی، الکترونیک و ... استفاده کنیم.

خواص مغناطیسی

در طبیعت سه عنصر آهن، نیکل،کبالت و ترکیبات آن ها خاصیت مغناطیسی دارند.در دنیای اطراف ما آهنربا ها و مواد مغناطیس کاربرد های زیادی دارند. بالابر شیشه اتوموبیل، برف پاک کن، پرینتر، اسکنر، بلندگو، دارو رسانی در پزشکی نمونه ای از این کاربردها هستند و چون تنها مواد محدودی خاصیت مغناطیسی دارند این یک محدودیت می باشد.

یکی از تغییر خواص جالب و کاربردی در مقیاس نانو، خاصیت مغناطیسی موادی است که در مقیاس معمولی خاصیت مغناطیسی ندارند.

علت عدم وجود خاصیت مغناطیسی در بیشتر مواد به این علت است که خاصیت مغناطیسی یک کمیت برداری است و جهت آن اهمیت زیادی دارد و اگر همه الکترون ها جفت باشند بردارها اثر هم را خنثی می کنند و ماده خاصیت مغناطیسی ندارد.اما در مقیاس نانو به دلیل افزایش نسبت سطح به حجم پیوندهای گسسته و ناقص زیاد است در نتیجه در ساختار ماده الکترون های جفت نشده (تک الکترون) به وجود می آید و سبب خاصیت مغناطیسی می شود زیرا همه بردارها اثر هم خنثی نمی‌کنند. به عنوان مثال اکسید آلومنیوم و طلا در مقیاس نانو مغناطیسی هستند.

خواص آنتی باکتریال

نانو ذرات طلا و نقره دارای خواص ضد میکروب و آنتی باکتریال هستند و میکروب ها روی سطح آن ها رشد نمی کند . این مواد در لوازم آرایشی ، بهداشتی ، نساجی و ... استفاده می شود مانند ساخت ژل تمیز کننده دست بدون نیاز به آب یا لباس های ضد میکروب.

برخی دیگر از مواد آنتی باکتریال مانند تیتانیوم اکسید و روی اکسید نانو ذرات نیمه رسانا با خاصیت فوتو کاتالیسی هستند و با گرفتن نور، الکترون از نوار ظرفیت به نوار هدایت می روند و سپس هنگام برگشت به آلاینده منتقل می شوند و آن را از بین می برند و در حقیقت خاصیت فوتوکاتالیسستی آن ها با برخورد نور فعال می شود .

خواص کاتالیزگری

کاتالیزگر ماده ای هست که آهنگ واکنش شیمیایی را تغییر می دهد گاهی کاهش و گاهی افزایش می دهد ولی خود در واکنش مصرف نمی شود. عملکرد کاتالیزگر به مساحت ویژه آن وابسته است($S= A/\rho V$) نانو ذرات نیز به دلیل داشتن سطح ویژه زیاد به عنوان کاتالیست استفاده می شوند. ذزات بین ۴۰۰- ۱۰۰ نانو متر برای کاتالیز گر مناسب هستند.

www.Prozheha.ir

روش ساخت نانو ساختارها – (شکل ۱۴)

همه روش های ساخت و تولید نانوساختارها به دو دسته بزرگ روش های بالا به پایین و روش های پایین به بالا تقسیم می شوند

روش بالا به پایین (Top to Down)

نانو ساختارها مستقیماً از مواد معمولی و درشت مقیاس از طریق کاهش ابعاد بزرگ و شکل دهی آن تا یک محصول نانو مقیاس ساخته می شود. مانند آسیاب گلوله ای، سایش و لیتوگرافی

روش پایین به بالا(Bottom up)

از مقیاس های کم تر از نانو ذرات رشد کنند و به نانو برسند این روش شامل دستکاری اتم ها برای رسیدن به چیدمان دلخواه و دست یافتن به زاویه های پیوندی جدید مانند باکی بال و یا تبدیل کربن یا تهیه الماس مصنوعی واکنش های احیایی و غیره می شود و نسبت به روش اول ساده تر است زیرا شامل همان واکنش های انجام شده در آزمایشگاه شیمی است اما در شرایط خاص (۱- کنترل غلظت ۲- اضافه کردن سورفکتانت تا ذرات تولید شده در مقیاس نانوبمانند.)

(شکل ۱۴)

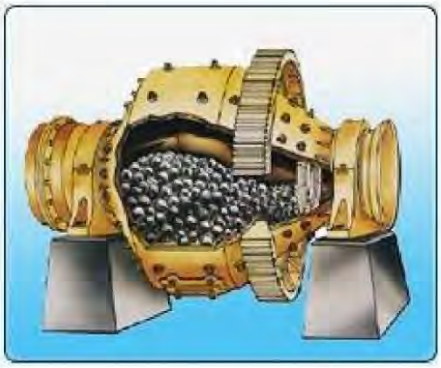
علاوه بر تقسیم بندی بالا روش های ساخت نانو ساختارها به دودسته فاز مایع و فاز جامد دسته بندی می شوند که روش سل - ژل[5] بین روش های فاز جامد و روش آسیاب گلوله ای (آلیاژسازی مکانیکی)[6] رایج ترین روش ها می باشند.

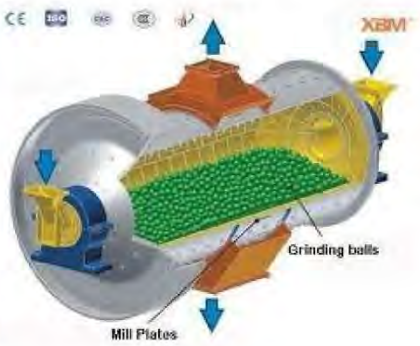
[5] Sol- Gel
[6] Ball Milling

www.Prozheha.ir

روش آسیاب گلوله ای(آلیاژسازی مکانیکی)

در روش آسیاب گلوله ای نوع آسیاب سیاره ای، گلوله ای، ارتعاشی، مغناطیسی و غیره می‌باشد و جنس گلوله ها از فولاد با روکش ضد سایش هست و برخی از مزیت های این روش عبارتند از: سادگی، تجهیزات به نسبت ارزان، قابلیت تولید انبوه چند تنی، قابلیت تولید انواع مواد و معایب آن عبارتند از: ناخالص ناشی از پودر اولیه، سایش اجزای آسیاب، اتمسفرآسیاب کاری و هم اندازه نبودن اندازه ذرات (۲۰۰-۵ نانومتر) و برخی عوامل موثر در این روش عبارتند از: نوع آسیاب، جنس محفظه، سرعت، زمان، جنس، ابعاد و نحوه توزیع گلوله ها، نسبت وزنی گلوله به پودر، میزان فضای خالی محفظه، دما، شدت آسیاب کاری، اتمسفر آسیاب کاری .(شکل۱۵)





.شکل۱۵

نانو ساختارهای تک بعدی

نانو سیم ها (توپر)، نانو الیاف(نیمه پر و نیمه خالی)، نانو لوله هل(خالی)، نانو لوله ها و ویسکرها جز این دسته هستند نانو (نانو سیم ها نسبت به نانو میله و ویسکرها نسبت طول به قطر بیشتری دارند.

بارزترین ویژگی نانو سیم های فلزی هدایت الکتریکی آن ها موازی محور سیم است. مقاومت در فیزیک طبق رابطه زیر محاسبه می شود $R = \rho.L/A$ که در این رابطه R= مقاومت، L==طول وابسته به جنس $\rho =$ ، A= مساحت می باشد. طبق این رابطه در سیم های معمولی هر چه قطر سیم کم تر باشد مقاومت سیم بیشتر می شود. زیرا به دلیل برخورد الکترون ها با موانع(الکترون های دیگر، اتم یا ناخالصی ها) انرژی به صورت گرما به هدر می رود اما در نانو سیم ها به دلیل گسسته بودن تراز های انرژی در دو بعد (سطح مقطع سیم) تعداد موانع بر سر الکترون بسیار کم است و همچنین الکترون حرکت کاتوره ای و نامنظم ندارد زیرا مطابق قوانین شرودینگر الکترون تنها در ترازهای مجاز انرژی حرکت می کند(مانند حرکت ماشین ها در اتوبان).

با تغییر قطر سیم فاصله بین تراز ها تغییر می کند و همچنین جنس و نسبت طول به قطر نانو سیم ها بر خواص آن ها تأ ثیر می گذارند.

نانو سیم ها به سه دسته فلزی، آلی و نیمه رسانا تقسیم می شوند.

www.Prozheha.ir

خواص نانو سیم ها

۱ - الکتریکی

استفاده از نانو سیم های طلا، نقره و آهن در صنعت الکترونیک برای تولید ترانزیستور های بسیار کوچک و استفاده در کامپیوتر برای بالا بردن سرعت آن.

صنعت الکترونیک امروزی(الکترونیک سیلیکونی)، سرعت کامپیوتر به سرعت CPU آن وابسته است که آن هم به تعداد ترانزیستور موجود در CPU وابسته می باشد. از آنجا که اندازه CPU تقریباً ثابت است برای افزایش سرعت CPU باید تعداد ترانزیستور ها را افزایش داد و برای افزایش تعداد ترانزیستورها ابعاد آن ها را کوچک کنیم ولی به دلیل بالا رفتن مقاومت و تولید گرما و مختل شدن عملکرد CPU هنگام کوچک کردن ترانزیستور از یک حدی به بعد نمی توانیم سیم ها را نازک تر کنیم ولی این محدودیت هنگام استفاده از نانو سیم ها برطرف می شود زیرا نانو سیم ها به دلیل رسانایی بالا گرما تولید نمی کنند و می توان ابعاد آن ها را ریز و تعداد آن ها را زیاد کرد و در نتیجه ابعاد کامپیوتر کوچک و سرعت آن افزایش یابد (یکی از اهداف نانو الکترونیک ساخت کامپیوتر کوچک تر از یک حبه قند است).

خواص نوری

در این قسمت معمولاً نانو سیم های نیمه رسانا استفاده می شوند و به دلیل گسستگی تراز ها در راستای محور سیم خواص نوری جالبی دیده می شود. به عنوان مثال:

- ساخت لیزر های بسیار کوچک از تقاطع دو نانو سیم ZnS به اندازه سوراخ ته سوزن برای باز کردن گرفتگی رگ های خونی.
- ساخت دیود های نور افشان (LED) برای ساخت تلوزیون های به ضخامت یک برگ کاغذ
- کاربرد در پزشکی برای تشخیص بیماری های مختلف مانند سرطان، هدفمند کردن رشد سلول‌های بنیادی و تحریک اعصاب برای درمان بیماری های اعصاب و روان.

خواص زیستی

استفاده از الگوی DNA (دو نانوسیم به قطر ۲ نانومتر) برای ساخت نانو ساختارها

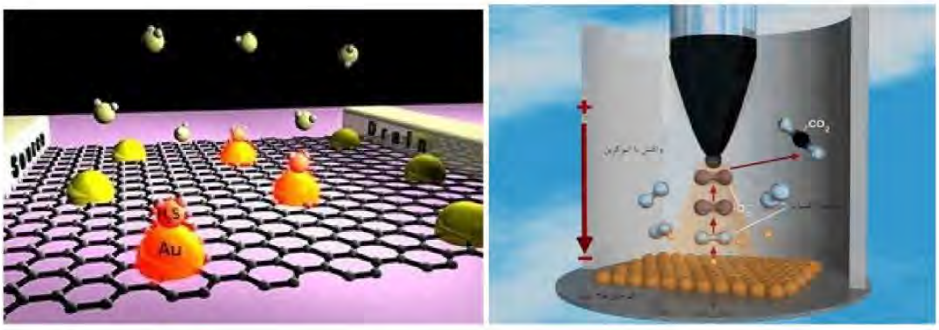
www.Prozheha.ir

خواص مغناطیسی

استفاده از نانوسیم های Fe,Ni, Cu-Co, Co برای ساخت حافظه های مغناطیسی کوچک با ذخیره اطلاعات بالا. هر نانو سیم می تواند یک بیت حافظه باشد و هر چه نظم قرار گرفتن نانو سیم ها کنار یکدیگر بیشتر باشد امکان ذخیره اطلاعات بیشتر می شود.

خواص حسگری

نانو سیم ها به دلیل ابعاد و وزن کم بسیار حساس هستند و به عنوان حسگر گازی قابل استفاده هستند و نسبت به حسگرهای معمولی دقت آن ها بسیار بالاتر است (شکل ۱۶) .



شکل ۱۶

ساختار های دو بعدی (لایه های نازک)

لایه نازک[7] به ماده یا مو ادی گفته می شود که به صورت لایه ای بسیار نازک بر روی سطحی نشانده شود و سبب ایجاد خواص الکترونیکی، فیزیکی و مکانیکی جدید روی زیر لایه شوند. در این روش جنس ماده زیر لایه نیز اهمیت زیادی دارد.

فناوری تهیه لایه نازک بسیار قدیمی است و به حدود ۳۴۰۰ سال پیش بر می گردد که طلاکاری نمونه ای از آن است و اولین لایه نازک در سال ۱۸۳۷ به روش الکترولیز به دست آمد.

نانو پوشش ها زیر مجموعه لایه های نازک هستند (۱۰۰-۱ نانومتر). لایه های نازک بر اساس ضخامت به سه دسته زیر تقسیم می شوند:

- بسیار نازک با ضخامت کمتر از ۵ نانومتر
- نازک با ضخامت ۵ تا ۵۰۰ نانومتر
- ضخیم تر با ضخامت بیش از ۵۰۰ نانومتر

لایه های نازک در یک تقسیم بندی دیگر به فلزی، نیمه رسانا، عایق، آلی نیز تقسیم می شوند.

[7] Thin Film

www.Prozheha.ir

روش ساخت لایه های نازک

یکی از روش ها با رویکرد انتقال اتم یا مولکول های ماده مورد نظر از چشمه بر روی جسم دیگری است که زیر لایه یا بستر نامیده می شود. روش های سنتز لایه های نازک به دو دسته عمده روش های فیزیکی[8] و روش های شیمیایی تقسیم بندی می شوند. این روش ها بسته به مراحل ایجاد لایه، منبع انرژی و محیط اعمال لایه نامگذاری می‌شوند. در این میان روش های رسوب بخار شیمیایی(CVD) و رسوب بخار فیزیکی(PVD) را به طور مختصر بررسی می کنیم

رسوب بخار فیزیکی(PVD)

قدیمی ترین روش پوشش دهی فیلم های نازک، روش فیزیکی است که در سال ۱۸۵۷ توسط فارادی با تبخیر یک فیلامان فلزی انجام گرفت. این روش شامل دو روش تبخیری[9] و پراکنش یا کندوپاش[10] می باشد. در این روش ماده مورد نظر درون محفظه ای با فشار معین (معمولا فشار کمتر از ۱ اتمسفر) قرار می گیرد. سپس با اعمال حرارت تبخیر شده و بخار حاصل بر روی زیر لایه می نشیند البته هیچ واکنش شیمیایی صورت نمی گیرد . این روش به دلیل مشکلات روش خلاء وارد صنعت نشده بود ولی با پیشرفت فناوری ایجاد خلاء، ذوب و تبخیر امروزه این روش یکی از روش های مفید آزمایشگاهی و صنعتی است.

مراحل روش PVD

۱. تغییر حالت ماده هدف از جامد و مایع به بخار
۲. هدایت و انتقال بخار از منبع تبخیر چشمه به سطح زیر لایه
۳. متراکم شدن بخارات و تشکیل لایه نازک بر روی زیر لایه

عوامل موثر بر فرایند PVD

۱. فشار گاز آرگون یا تعداد یون های برخورد کننده
۲. اختلاف پتانسیل اعمال شده
۳. جنس ماده هدف و نیروی پیوند های آن
۴. جنس زیر لایه که باید به گونه ای باشد که ماده هدف به خوبی به آن بچسپد
۵. هندسه دستگاه

[8] Physical Method
[9] Evaporation
[10] Sputtering

www.Prozheha.ir

معایب روش PVD (تبخیر حرارتی)

- آلودگی ناشی از المنت (در این روش برای تولید حرارت از المنت تنگستن، مولیبدن یا گرافیت استفاده می شود.
- متراکم نبودن لایه به دلیل کم بودن انرژی اتم های فلزی

از جمله موادی که با این روش لایه نشانی می شوند آلومینیوم،کروم، مس، طلا، نیکل، کادمیم، پالادیم، تیتانیم، مولیبدن، تنگستن و تانتالیم می باشند.

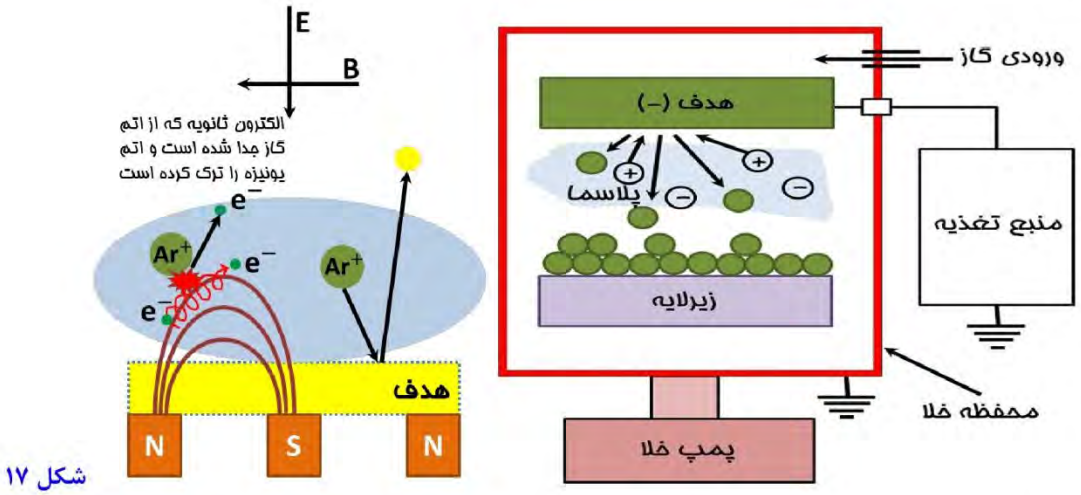
روش کندوکاش یا پراکنش

در روش پراکنش، برخورد یون های سنگین و بی اثر مثل آرگون، که در یک میدان الکتریکی شتاب پیدا کرده اند، باعث کندن اتم های ماده هدف (تارگت) از سطح و تبخیر آن درون محفظه خلا می‌شود. سپس این اتم های پراکنده شده بر روی سطح زیرلایه، کندانس(متراکم) می شوند.

در این روش ابتدا درون محفظه خلاء کامل برقرار شده و سپس با گاز آرکون پر می شود. فشار گاز آرگون در این روش 5×10^{-4} - 5×10^{-7} torr است و اختلاف ولتاژ بین کاتد و آند 500 -5000 V می‌باشد. زیر لایه را هر جایی از دستگاه می توان گذاشت ولی در آند باشد بهتر است.

در این روش فشار محفظه، ولتاژ و جریان عبوری، نوع و شکل هندسی تارگت، شکل هندسی و شرایط سطحی زیرلایه و فاصله میان تارگت و زیر لایه از جمله عوامل مهم و تاثیرگذار لایه نشانی می‌باشد.کندوکاش می توان مغناطیسی و یا با امواج رادیویی نیز باشد. (شکل ۱۷)

www.Prozheha.ir



شکل ۱۷

شکل الف

شکل ب : کنوکاش مغناطیسی

شک شماتیک ساده سیستم پراکنش (کندو کاش) - شکل الف: کندوکاش با ولتاژ مستقیم شکل ب: کندوکاش مغناطیسی

برای تولید لایه های نازک آلیاژی روش پراکنش مناسبتر از روش تبخیر می باشد. زیرا در روش تبخیری به علت اختلاف فشار بخار جزئی عناصر، دستیابی به لایه نازک با درصد آلیاژی مشخص بسیار مشکل می باشد. همچنین برای تولید لایه های ترکیبات اکسیدی، نیتریدی و یا سولفیدی می توان به همراه گاز آرگون، مقادیری اکسیژن، نیتروژن و یا گوگرد وارد محفظه نمود.

رسوب دهی بخارشیمیایی[11] (CVD)

در این روش، ماده اولیه درون رآکتور قرار می گیرد. سپس، جریان گاز حاوی ماده اولیه، که تجزیه شیمیایی شده است، روی زیر لایه کندانس شده و لایه نازک را تولید می کند و در آخر گازها و مواد زائد از درون محفظه خارج می شوند. این روش برای انواع مواد شامل عناصر، آلیاژها، نیتریدها، اکسیدها، نانوکامپوزیت ها، نیمه رساناها و ترکیبات بین فلزی مناسب می باشد. پوشش تولیدی در این روش دانسیته و خلوص بالایی داشته و جهت کاربردهایی نظیر قطعات الکترونیکی، لایه های نازک نیمه رسانا، لایه های نازک برای ابزار برشی و صنایع هوا فضا استفاده می شود.

[11] Chemical Vapor Deposition

www.Prozheha.ir

بررسی بر خی ویژگی های روش CVD و PVD

عوامل	CVD	PVD
دما	بالای ۵۰۰ درجه سیلسیوس	حدود ۲۰۰ درجه سیلسیوس
میزان خلاء	10^{-3} -10^{-2}torr	10^{-6} -10^{-4}torr
نوع لایه ایجاد شده	لایه ترکیبی مانند اکسید فلزات	لایه های خالص
ضخامت لایه	به دلیل سرعت لایه نشانی بالا معمولاً از ابعاد نانو خارج می‌شود	به دلیل سرعت لایه نشانی پایین در مقیاس نانو
شکل لایه	ایجاد لایه روی زیر لایه‌های با شکل های پیچیده امکان پذیر است	باید سطح زیر لایه صاف باشد
نرخ رشد لایه	m/s	Å/s

کاربرد های لایه نازک

۱. حفاظت در برابر پدیده های سطحی مانند سایش و خوردگی
۲. کاربرد در سلول های خورشیدی برای جذب بیشتر فرکانس های خورشیدی
۳. تغییر خواص الکتریکی و مغناطیسی
۴. نساجی: تهیه پارچه های ضد آب ،ضد لک، ضد چروک و ...

نانو ساختارهای سه بعدی

این دسته نانو ساختارهایی هستند که هیچ بعدی در مقیاس نانو ندارند اما در ساختار آن ها نانوساختارهایی مانند نانو ذرات و نانو سیم ها استفاده شده است به این مواد نانو کامپوزیت می گویند .

کامپوزیت عبارت است از ترکیبی از دو یا چند ماده به شرطی که دو خاصیت زیر را داشته باشد

۱. ایجاد خواص جدید یا تقویت خواص موجود در ماده مانند اضافه کردن نانو ذرات آهن به پلاستیک و رسانا کردن آن (ایجاد خاصیت جدید) و یا افزودن نانو لوله های کربنی به فولاد و افزایش استحکام آن (تقویت خاصیت موجود)
۲. کامپوزیت یک نوع مخلوط است نه محلول یعنی مواد خواص فیزیکی خود را حفظ می کنند.

تهیه کنندگان: طاهره السادات موسوی نژاد - معصومه قدرتیان

www.Prozheha.ir

هر کامپوزیت شامل دو بخش زیر است

۱. ماده زمینه (Matrix) جزء اصلی

۲. ماده تقویت کننده (Rein forcement): ماده تقویت کننده می تواند شامل یک یا چند ماده باشد که هر کدام خاصیتی ویژه مانند رسانایی، استحکام، انعطاف و ... را به جزء اصلی اضافه می کنند. (تقویت کننده ها معمولاً به صورت ذرات یا الیاف هستند). کامپوزیت ها با توجه به نوع ماده زمینه به سه دسته پایه پلیمری، پایه فلزی و پایه سرامیکی تقسیم می شوند

معرفی چند کامپوزیت:

- چوب (الیاف + چسب) و استخوان (کامپوزیت های طبیعی) : استخوان مصنوعی(کلاژن + گلوکز آمین)
- سرامیک (کاربید نافلزات SiC و شکننده) + فلز = انعطاف و دمای ذوب بالا
- کاه و گل

نانو کامپوزیت :اگر اجزاءتقویت کننده جزء نانو مواد باشند به کامپوزیت حاصل نانو کامپوزیت می گویند.

مزیت های نانو کامپوزیت به کامپوزیت های معمولی

۱. ایجاد خواص بهتر به خاطر خواص بهتر نانو ذرات نسبت به مواد معمولی

۲. مصرف مواد تقویت کننده کمتر به دلیل نسبت سطح به حجم بالا (مبزان کم تر از ۵ درصد وزنی ماده زمینه

۳. برهمکنش بهتر ماده تقویت کننده با ماده زمینه

۴. برخی خواص نانو کامپوزیت ها عبارتند از : استحکام بالا، وزن کم، قابلیت طراحی بالا، عمر زیاد، انعطاف پذیری بالا، خوردگی کم

عوامل مؤثر بر خواص کامپوزیت ها

۱. نحوه توزیع ماده تقویت کننده داخل ماده زمینه: هر چه ماده تقویت کننده یکنواخت تر توزیع شود خواص بهتری حاصل می شود و این یک چالش مهم در ساخت نانو کامپوزیت ها هست زیرا نانو ذرات به دلیل سطح بالا به هم می چسپند و از ابعاد نانو خارج می شوند و یکنواخت پخش نمی شوند این مشکل به کمک افزودن سورفکتانت حل می شود به عنوان مثال برای ساخت یک نانو کامپوزیت پایه پلیمری مونومر سازنده پلیمر، نانو لوله کربنی، سورفکتانت در حلال آبی به هم افزوده می شوند.

www.Prozheha.ir

۲. اندازه ذرات تقویت کننده : هر چه کوچک تر باشند بهتر است.

۳. مقدار جزء تقویت کننده: اینکه چند گرم ماده تقویت کننده اضافه کنیم بسیار مهم است. به عنوان مثال برای بالا بردن استحکام فولاد می توان به آن نانو لوله کربنی اضافه کرد اگر نسبت وزنی نانو لوله کربنی به فولاد ۳۰ درصد وزنی باشد استحکام آن هفت برابر می شود اما اگر درصد را افزایش دهیم استحکام آن تغییر نمی کند و در مواردی کاهش می یابد زیرا توزیع یکنواخت به هم می خورد

برخی کاربرد های نانو کامپوزیت ها:

- استفاده از نانو کامپوزیت اطراف موشک برای بالابردن مقاومت حرارتی و رادار گریز کردن آن
- استفاده نانوکامپوزیت برای پر کردن دندان

شیمی کربن

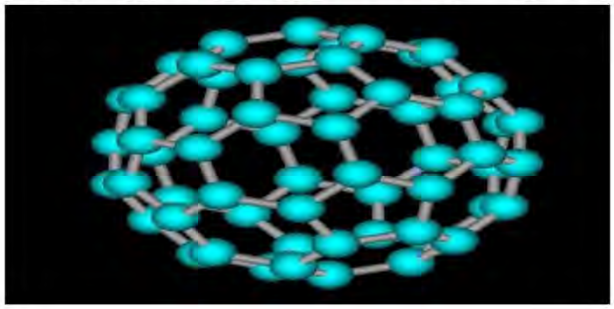
کربن یکی از عناصر بسیار مهم در طبیعت است و نقش زیادی در ساخت مولکول های حیاتی دارد. پیوندهای کربن حالت منحصر به فردی دارد مثلاً کربن تنها اتمی است که می تواند ساختارهای بسته کربنی مانند C_{60}, C_{70}, و ... بسازند. دانشمندان با نیتروژن یک ساختار بسته N_{20} ساختند که بسیار ناپایدار بود و مانند بمب منفجر می شد و قدرت انفجار ۳ برابر پرقدرت ترین بمب های امروزی است.

کربن در طبیعت به سه شکل دوده ، گرافیت، الماس یافت می شود ولی بعد از فناوری نانو ساختارهای دیگری مانند فولرن، نانو لوله های کربنی و گرافن کشف شدند.

فولرن (شکل ۱۸)در سال ۱۹۸۵ توسط ریچارد اسمالی کشف شد. جزء نانو ذرات است که از ۲۰ حلقه شش ضلعی و ۱۲ پنج ضلعی با هیبرید SP^2 تشکیل شده و شبیه توپ فوتبال است. علاوه بر فولرن C_{70} ،C_{80} ، C_{120} ، C_{240}، C_{28} نیز ساخته شده است که تعداد پنج ضلعی ها در همه آن ها ثابت است و تفاوت در تعداد شش ضلعی ها است. اگر همه حلقه ها شش ضلعی باشند می توان به تعداد بینهایت آن ها را در کنار هم قرار داد مانند صفحات گرافن ولی حلقه های پنج ضلعی باعث جمع شدن و بسته شدن ساختار می شود. مولکول‌های فولرن در حالت جامد به هم متصل می شوند و یک شبکه بلوری FCC(مکعبی با وجوه مرکز پر) به وجود می آورند که با نیروی ضعیف واندروالسی به هم وصل می شوند. فولرن در بنزن حل میشود

www.Prozheha.ir

می توان به کمک تبخیر سطحی آهسته محلول بنزن تک بلور هایی از C_{60} رشد می‌کند.



کاربرد های فولرن (باکی بال)

۱. رسانایی: به دلیل وجود فضای خالی در ساختار آن وجود اتم های قلیایی مانند پتاسیم، روبیدیم و سزیم می تواند فولرن را به یک ابر رسانای دیر گداز تبدیل کند (مانند:CS_2RbC_{60} و K_3C_{60}). در این حالت گفته می شود فولرن به وسیله الکترون آلاییده شده است و در سلول های خورشیدی و ساخت ابر رسانا قابل استفاده است. (در ابر رسانا میدان مغناطیسی صفر است ولی در رسانا میدان مغناطیسی ثابت است).

۲. دارو رسانی: فولرن به دلیل داشتن فضای خالی درون خود و سمی نبودن برخلاف دیگر ساختارهای کربنی برای دارورسانی مناسب است.(درمان ایدز و سرطان) زیرا سازگار با بدن است و توسط سیستم ایمنی بدنMPS (سیستم ذره خوار) از بین نمی رود و دارو را به محل مناسب می رساند

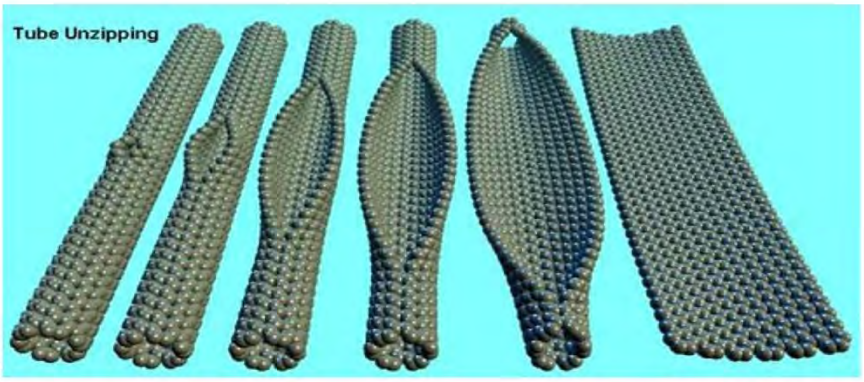
۳. ساخت لاستیک های مقاوم و انعطاف پذیر

نانولوله های کربنی

نانولوله های کربنی جزء ساختارهای تک بعدی مانند نانو سیم ها هستند و به دلیل شکل هندسی ویژه دارای خواص منحصر به فردی از جمله استحکام بالا انعطاف پذیری مناسب، وزن کم، پایداری زیاد، قیمت پایین نسبت به فلزات، و نسبت طول به قطر زیاد هستند.

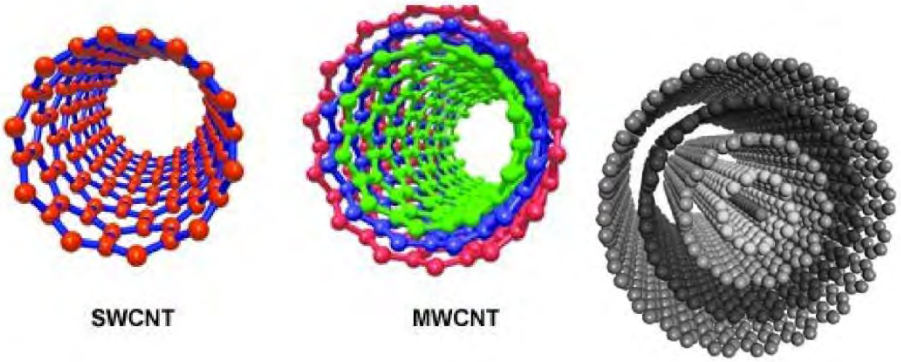
نانولوله های کربنی در واقع ساختار مرکبی از یک استوانه گرافیتی می باشد که در دو انتهای آن با دو نصف فولرن بسته شده است. به زبان ساده تر نانولوله های کربنی از پیچیده شدن صفحات گرافن(صفحات مشبک کربنی که از شش ضلعی های به هم پیوسته به وجود آمده اند) حول محور های مختلف به وجود می آیند. (شکل ۱۹)

www.Prozheha.ir



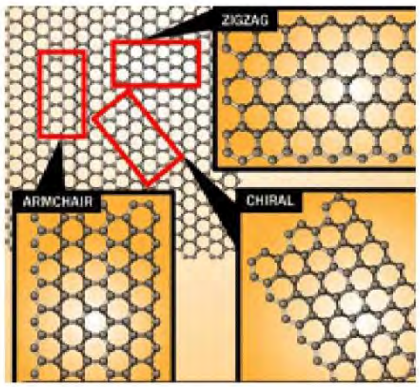
شکل ۱۹

نانو لوله های کربنی به صورت یک دیواره و چند دیواره هستند که یک دیواره ها کاربرد بیشتری دارند اما تهیه آن ها به کنترل شرایط دما، فشار و ... بستگی دارد. (شکل ۲۰)



شکل ۲۰

انواع نانو لوله ها بر اساس نحوه پیچیده شدن صفحات گرافن



۱. آرمیچر: حاصل چرخیدن حول محور y
۲. زیگ زاگ: حاصل چرخیدن حول محورx
۳. کایرال حاصل چرخیدن حول محور مورب

www.Prozheha.ir

خواص و کاربرد نانولوله های کربنی

خواص الکتریکی

رسانایی الکتریکی ۱۰۰۰ برابر مس (نوع آرمیچر همیشه رسانا است ولی دو نوع دیگر رسانا یا نیمه رسانا هستند). به نانولوله های رسانا نانولوله های فلزی هم می گویند. از این خاصیت در ساخت ترانزیستور برای CPU در رایانه، ماشین حساب و حسگرها استفاده می شود.

خواص فیزیکی

نانو لوله های تک دیواره نسبت به چند دیواره استحکام بیشتری دارند زیرا در چند لایه ها به دلیل لغزیدن دیواره ها روی یکدیگر استحکام کم می شود. علت استحکام بالای نانو لوله های کربنی پیوند های کووالانسی قوی بین اتم ها و ساختار بی عیب است.

انعطاف پذیری

نانو لوله های کربنی با وجود استحکام بالا دارای انعطاف پذیری بالایی نیز هستند. در حالت عادی انعطاف پذیری و استحکام عکس یکدیگر هستند

$D = FL^3/3EI$ در این رابطه D انعطاف، E استحکام I , اینرسی است که خود اینرسی به قطر نانو لوله رابطه مستقیم دارد. ولی در نانو لوله های کربنی به دلیل قطر بسیار کم ممان اینرسی بسیار کم، اثر استحکام بر انعطاف پذیری را خنثی می کند .

گسیل میدانی

هنگامی که نانو لوله های کربنی در میدان الکتریکی قرار می گیرند الکترون های آزاد از یک سر نانو لوله به سر دیگر پرتاب می شوند. از این خاصیت برای ساخت نمایشگرهای صفحه تخت می توان استفاده کردکه به جای لامپ تصویر آرایه ای از نانولوله ها استفاده می شود که باعث کاهش ضخامت تلوزیون می شود.

ذخیره سازی هیدروژن

نانو لوله های کربنی به دلیل داشتن الکترون آزاد در ساختار خود قابلیت ذخیره هیدروژن درون خود را دارند و از این خاصیت در پیل های سوختی استفاده می شود.

www.Prozheha.ir

نانو بیوتکنولوژی و بیونانو تکنولوژی

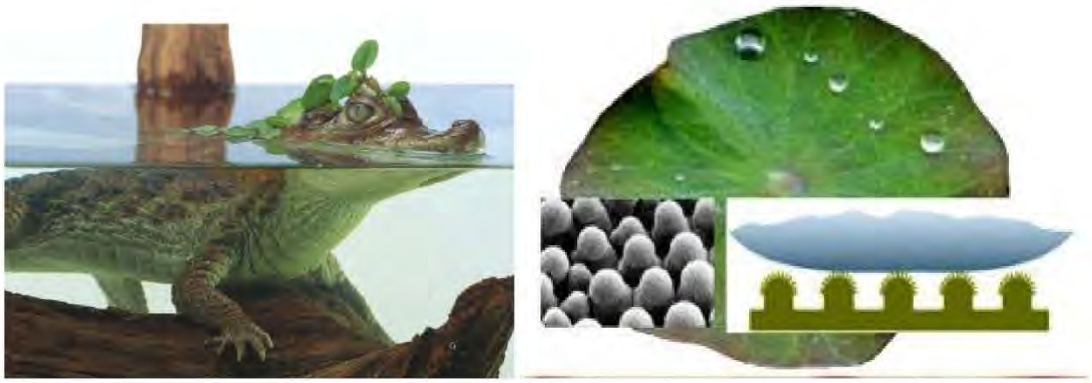
این دو شاخه با هم ارتباط دوطرفه دارند گاهی از نانو مواد در زمینه های زیستی استفاده می شود مانند رسانش دارو، تشخیص و درمان بیماری به کمک نانو ذرات، سنسور های زیستی و گاهی با تقلید از الگوهای زیستی نانوساختارهای هوشمند تهیه می شوند

یکی از بخش های مربوط به نانو بیوتکنولوژی بیومیمتیک یا علم تقلید از طبیعت است، در حقیقت اساس این علم مدل های طبیعی بیولوژیکی است که با مطالعه فیزیولوژی آن ها می توانیم سیستم های مدرن تکنولوژیک را طراحی کرده و بسازیم. امروزه همه اختراعات بشر را می توان به نوعی بهره گرفته از مدل‌های زنده دانست . کامپیوترها و روبات های دستیار که رفته رفته جای انسان را گرفته اند با توجه به مطالعه بر روی ساختارهای بیولوژیک ساخته شده اند. اکنون از شبیه سازی بیولوژیکی برای درمان و ساخت بافت ها و اندام های از دست رفته نیز بهره می گیرند. محققان از آتل‌های مصنوعی‌ای استفاده کردند که با سلول‌های بدن پیوند داده و رشد نموده و نسوج جدیدی را در «رباط صلیبی پیشین» آسیب‌دیده خرگوش‌ها ایجاد می‌کند. این مطالعه‌ها می‌تواند انقلابی جدید در استراتژی‌های معالجه‌ی بیمارانی باشد که از پارگی رباط رنج می‌برند.

طراحی هواپیما بر اساس ساختار بدن پرندگان، ساخت زیردریایی از روی ساختار بدن دلفین ها و یا رادارها با توجه به سیستم راداری خفاش ها، تقلید از ساختار نیلوفر آبی برای ساخت سطوح آب گریز ، تقلید از مارمولک برای ساخت چسب های بسیار قوی با تحمل وزن ۳۰۰ کیلوگرم، الگو برداری از لانه موریانه برای حفظ دما و رطوبت، تقلید از شناوری تمساح در ساخت قایق ها، ساخت سلول های خورشیدی شبیه به برگ برای جذب بیشتر نور خورشید، ساخت دستکش و کفش هایی با قدرت چسپندگی بالا با الهام از عنکبوت مثال هایی از علم میمتیک می باشند.(شکل ۲۱)

محققان با استفاده از مواد مصنوعی و با الگوبرداری از پوست و تاندون های پای مارمولک، چسب پوست مارمولکی در اندازه یک کارت اعتباری در ابعاد ۴۰ سانتی متر تولید کردند که با استفاده از آن می توان یک تلویزیون ۴۲ اینچی را به راحتی روی دیوار بچسباند. این ورق چسب بسیار نازک بارها قابل استفاده است و هیچ اثری نیز بر جای نمی گذارد و از آن می توان بر روی سطوح مختلف مانند شیشه استفاده کرد.

www.Prozheha.ir



شکل ۲۱

نانوپزشکی

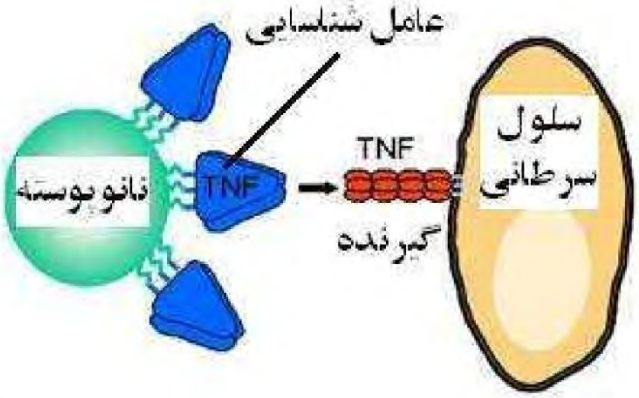
کاربرد فناوری نانو در پزشکی را نانوپزشکی می گویند که شامل فرایند تشخیص، درمان، پیشگیری از بیماری ها و آسیب های روانی، کاهش درد، محافظت کردن و بهبود سلامت انسان به کمک نانو تکنولوژی می باشد. مانند استفاده از نانوذرات TiO_2 در ژن درمانی و استفاده از نانو ذرات دارای خواص مغناطیسی برای بهبود کیفیت تصویربرداری.

نانوذرات رایج در پزشکی عبارتند از: فولرن، کریستال مایع، لیپوزم، مایسل، دندریمر، نانولوله ها، نانوپوسته‌ها، نقاط کوانتومی، نانوذرات ابررسانا.

نانو لوله های کربنی جهت آشکارسازی، نابود سازی سلول های سرطانی و بالا بردن کیفیت شیمی درمانی استفاده می شود و کریستال مایع و لیپوزم برای رسانش دارو استفاده می شود. دارو های سرطان معمولاً از جنس چربی هستند و در نتیجه در خون باقی نمی مانند و توسط کبد جذب می شوند در نتیجه در نانوپزشکی نابودسازی سلول های سرطانی طی سه مرحله صورت می‌گیرد:

مرحله اول: نانو ذرات به سلول های سرطانی متصل می شوند
مرحله دوم: با تابش نور و جذب نور توسط نانو ذرات گرمایی شدیدی ایجاد می شود
مرحله سوم: چون سلول های سرطانی نسبت به سلول های سالم حساسیت بیشتری نسبت به دما دارند این گرما باعث مرگ آن ها می شود بدون اینکه سلول های سالم آسیب ببینند.
برای رسانش هوشمند دارو به جایی خاص(محل تومر یا سلول های سرطانی) از خاصیت مغناطیسی برخی نانو ذرات و هدایت به کمک میدان مغناطیسی و همچنین عامل دار کردن استفاده می شود.(شکل ۲۲)

www.Prozheha.ir



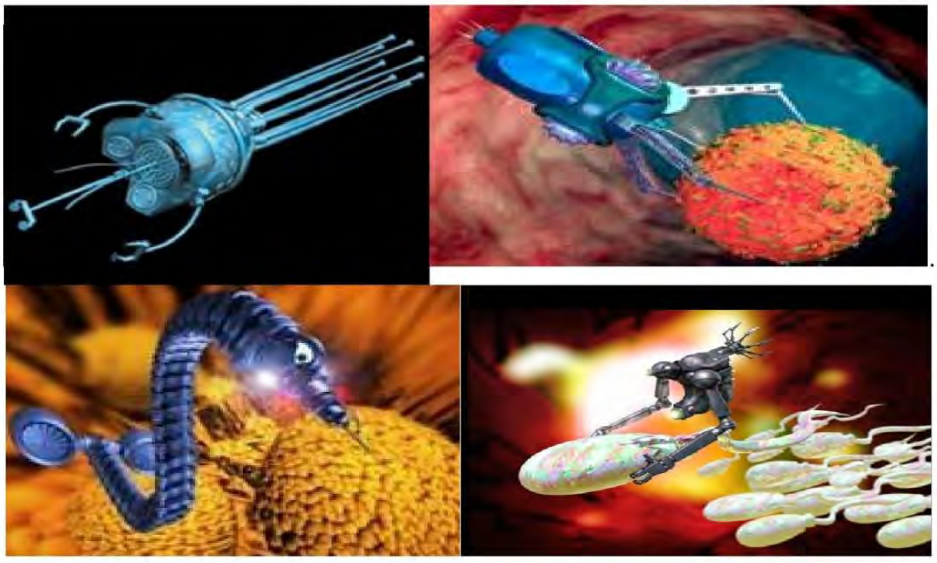
شکل ۲۲

دندریمر

نانو ذرات شاخه داری هستند که از طریق عامل دار کردن به سلول های خاصی متصل می‌شوند و به دو صورت هسته دار و بدون هسته هستند. معمولاً دارو بین شاخه های آن ها به دام می‌افتد. کاربرد دندریمرها در ژن درمانی، تصویربرداری، ساخت حسگر شیمیایی، رسانش دارو و درمان است. تکتودندریمر شامل چند دندریمر هست که هر کدام یک مسئولیت (تصویربرداری، هدفمند کننده، رسانش دارو و حسگر) به عهده دارد مانند یک تیم پزشکی اما داخل بدن بیمار.

نانو رباط ها

رباط های زیستی (میکروب های مصنوعی) جهت تولید ویتامین، ترشح هورمون، تولید آنزیم در بدن، درمان (باز کردن رگ های خونی) و تشخیص بیماری ها قبل از بروز علائم بیرونی استفاده خواهند شد



www.Prozheha.ir

چه انتظاری باید از نانوتکنولوژی داشت:

این تکنولوژی جدید توانایی آن را دارد که تاثیری اساسی بر کشورهای صنعتی در دهه های آینده بگذارد. در اینجا به برخی از نمونه های عملی در زمینه نانوتکنولوژی که بر اساس تحقیقات و مشاهدات بخش خصوصی به دست آمده است، اشاره می شود .

انتظار می رود که نانو ساختارها با کارایی بالا و ویژگی های منحصربه فرد ، طوری ساخته شوند که روش شیمی سنتی پاسخگوی این امر نباشد.

نانوتکنولوژی می تواند باعث گسترش فروش سالانه ۳۰۰ میلیارد دلار برای صنعت نیمه هادی ها و ۹۰۰ میلیون دلار برای مدارهای مجتمع ، طی ۱۰ تا ۱۵ سال آینده شود.

نانوتکنولوژی، مراقبت های بهداشتی، طول عمر، کیفیت و توانایی های جسمی بشر را افزایش خواهد داد. تقریبا نیمی از محصولات دارویی در ۱۰ تا ۱۵ سال آینده متکی به نانوتکنولوژی خواهد بود که این امر، خود ۱۸۰ میلیارد دلار نقدینگی را به گردش درخواهد آورد.

کاتالیست های نانوساختاری در صنایع پتروشیمی دارای کاربردهای فراوانی هستند که پیش بینی شده است این دانش، سالانه ۱۰۰ میلیارد دلار را طی ۱۰ تا ۱۵ سال آینده تحت تاثیر قرار دهد.

نانوتکنولوژی موجب توسعه محصولات کشاورزی برای یک جمعیت عظیم خواهد شد و راه های اقتصادی‌تری را برای تصویه و نمک زدایی آب و بهینه سازی راه های استفاده از منابع انرژی های تجدیدپذیر همچون انرژی خورشیدی ارائه نماید. بطور مثال استفاده از یک نوع انباره جریان گذرا با الکترودهای نانولوله کربنی که اخیرا آزمایش گردید، نشان داد که این روش ۱۰ بار کمتر از روش اسمز معکوس ، آب دریا را نمک زدایی می کند .

انتظار می رود که نانوتکنولوژی نیاز بشر را به مواد کمیاب کمتر کرده و با کاستن آلاینده ها، محیط زیستی سالم تر را فراهم کند. برای مثال مطالعات نشان می دهد در طی ۱۰ تا ۱۵ سال آینده، روشنایی حاصل از پیشرفت نانوتکنولوژی، مصرف جهانی انرژی را تا ۱۰ درصد کاهش داده، باعث صرفه جویی سالانه ۱۰۰ میلیارد دلار و همچنین کاهش آلودگی هوا به میزان ۲۰۰ میلیون تن کربن شود.

تهیه کنندگان: طاهره السادات موسوی نژاد - معصومه قدرتیان

www.Prozheha.ir

مضررات فناوری نانو

هر چند که گفته می شود نانوفناوری قابلیت تولید و کاربرد فناوری های تمیزتر را دارا است؛ اما در کاربرد نانومواد یا ریزمواد باید احتیاط لازم را به عمل آورد. مطالعات نشان می دهد افرادی که در معرض انتشار نانومواد قرار دارند ممکن است به عارضه هایی دچار شوند و همچنین تخلیه نانوذرات به آب نیز سبب آلودگی های سمی زیست محیطی می شود. ویژگی بارز نانوفناوری استفاده آن از ذرات بسیار کوچکی است که حداقل یکی از ابعاد آنها کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد. گفته شده است که نانوفناوری می تواند مواد زائد و آلودگی ها را از محیط حذف کند حتی می تواند به طور فزاینده ای از مصرف و هدر رفتن منابع جلوگیری کند که این خود می تواند سبب شود قیمت تمام شده بسیاری از محصولات و فرآیندها کاهش یابد. از سوی دیگر نانوفناوری این قابلیت را دارد که با فراهم آوردن امکان انتخاب گری بالا در واکنش های شیمیایی، بهره وری در مصرف انرژی و کاهش تولید مواد زائد را موجب شود. با این وجود مطالعات نشان می دهد که این فناوری نوظهور آنچنان که گفته می شود بی خطر نیست. اصولاً ما با سه دسته نانومواد سروکار داریم. دسته اول که مهم ترین و قدیمی ترین آنها کربن سیاه یا کربن بلاک است که در ساختن لاستیک و نیز در صنایع چاپ به کار می رود. کاربردهای جدید این نانوماده در صنایع دیگری چون صنایع پوششی، نساجی، سرامیک، شیشه و... گزارش شده است. تنها افرادی که در این صنایع کار می کنند می توانند در معرض این دسته از نانومواد قرار بگیرند. دسته دوم شامل نانوذراتی است که در مواد دارویی و آرایشی بهداشتی به کار می روند که بالنسبه عموم افراد ممکن است از آنها استفاده کنند. دسته سوم نانوذراتی هستند که به صورت ناخواسته به عنوان محصول فرعی بعضی از فرآیندها- مانند سوختن سوخت های دیزلی، گداختن فلزات و حرارت دادن پلیمرها تولید می شوند، که به این دسته نانوذرات غیرتولیدی نیز گفته می شود. امروزه بیشتر نانوذرات تولیدی از اکسیدهای فلزی، سیلیکون و کربن ساخته می شوند. بیشتر نانوذرات دارورسان از چربی ها و ساختارهایی با پایه پلی اتیلن گلیکول ساخته شده اند. یکی از راه های ورود نانومواد به داخل بدن موجودات زنده استنشاق است. این امر یکی از موضوعاتی بوده است که بسیار مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. مدارک معتبری وجود دارد که ثابت می کند ذرات پایدار با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر پس از استنشاق می توانند مسمومیت اساسی ایجاد کنند. ذرات استنشاق شده تمایل زیادی به رسوب کردن در مجاری تنفسی و ریه ها دارند که این تمایل در افراد مبتلا به آسم و سایر عارضه های تنفسی بیشتر است. التهاب ریه که از استنشاق نانوذرات حاصل می شود در حیواناتی مانند موش مشاهده شده و اثر آن در حیوانات پیر بیشتر است. مطالعه اثر نانوذرات کربن و اکسید تیتانیم با اندازه های بین ۲۲۰- ۱۲ نانومتر روی موش ها نشان داده است که قدرت دفاعی را در شش های آنها پایین می آورد. تماس مداوم و زیاد با نانوذرات ممکن است سبب تصلب بافت ها شود. کار در مکان هایی که در آنجا از کربن سیاه استفاده می شود به مرور زمان سبب بروز بیماری های تنفسی از قبیل برونشیت و یا حتی سرطان ریه می شود. این بیماری ها در حیواناتی که در تماس دائم با نانوذرات بوده اند مشاهده شده است. شواهد زیادی وجود دارد که نشان می دهد سطح فعال و تعداد نانوذرات استنشاق شده در اثرات مخربی که ایجاد می کنند نقش تعیین کننده دارند. طبیعت شیمیایی و بار الکتریکی

www.Prozheha.ir

نانوذرات نیز از دیگر عوامل تعیین کننده در میزان خطرناک بودن آنها در صورت استنشاق است. نانوذرات علاوه بر بیماری های تنفسی که ایجاد می کنند، می توانند بروز بیماری هایی را در سیستم قلبی عروقی انسان ایجاد کنند. اثر مخرب این ذرات روی سیستم قلبی حیوانات با آزمایشاتی که انجام شده به اثبات رسیده است. این بیماری های قلبی ممکن است از تغییر در عملکرد شش ها نشأت گرفته باشد و یا به نفوذ نانوذرات به بافت ریه مرتبط باشد. در مورد احتمال دوم شواهد نشان داده اند که نانوذرات جامد توانایی جابه جا شدن در مخاط و بافت های تنفسی انسان و سایر پستانداران را دارا هستند. حضور نانوذرات استنشاقی در سیستم گردش خون و در کبد مشاهده شده است. از سوی دیگر مطالعات نشان داده که تماس دائم و کامل با نانوذرات سبب ورود این مواد به مغز حیوانات شده است. نفوذ نانوذرات کربنی به قسمت بویایی مغز موش از طریق عبور از مخاط بویایی و عصب بویایی به اثبات رسیده است. در بعضی از موارد ممکن است اثر یک ماده ویژه اثر منفی نانوذرات را تشدید کند. به عنوان مثال حضور ذرات بزرگ نیکل در کنار نانوذرات این ماده صدمات ریوی و التهاب آن را افزایش می دهد. این مطالعه نشان می دهد که نه تنها سطح ویژه نانوذرات نیکل در اثرات مخرب آن نقش دارد بلکه یون های نیکل نیز اثر مهمی در ایجاد مسمومیت در سلول های موش دارند. سرطان ریه در انسان با در معرض نانوذرات نیکل قرار گرفتن ارتباط دارد. این اثر در حضور مواد محلولی که حاوی نیکل هستند بیشتر خود را می نمایاند. از دیگر موادی که اثر تشدید کننده آنها روی فعالیت مخرب نانوذرات اثبات شده است می توان آهن و دوده را نام برد. یکی دیگر از راه های نفوذ نانوذرات به داخل بدن حیوانات و انسان، نفوذ از راه پوست است. این مسئله در انسان اهمیت بیشتری دارد زیرا در مواد حاجب نور خورشید یا همان کرم های ضدآفتاب، از نانوذرات اکسید تیتانیم و اکسید روی استفاده می شود. هم اینک مهم ترین استفاده از نانوذرات در مواد آرایشی بهداشتی استفاده از همین ذرات بسیار ریزاکسیدهای فلزی است. مطالعات نشان داده است که نانوذرات تشکیل دهنده این مواد هشت ساعت پس از مصرف می تواند از طریق غشای سلول وارد سلول شود. این مسئله در مورد خرگوش و موش به اثبات رسیده است. این نانوذرات با ورود به درون سلول و انجام واکنش های کاتالیزشده نوری می توانند سبب از بین رفتن اسیدهای نوکلئیک و سایر اجزای سلولی شوند. راه دیگر نفوذ پوستی نانوذرات به درون سلول های انسان از طریق نقل و انتقال و کار کردن با این مواد در آزمایشگاه ها و صنایع است. مطالعات در مورد نفوذ نانولوله های کربنی به بدن کسانی که در آزمایشگاه های مربوطه کار می کنند موید این مسئله است. راه دیگر در معرض نانوذرات قرار گرفتن ورود آنها به زنجیره غذایی است که منشاء آن آلودگی های زیست محیطی است. اما یکی از آسان ترین و مهم ترین راه های ورود نانوذرات به درون بدن انسان استفاده از سیستم های دارورسان است. تعداد زیادی از مواد نانو به عنوان ترکیبات دارورسان مورد مطالعه قرار گرفته اند هم اینک استفاده از این سیستم ها به عنوان یکی از کاربردهای مهم نانوفناوری مطرح است. یک اثر جانبی معمول بعد از استفاده از این مواد ایجاد حساسیت شدید است. از سوی دیگر هنگامی که از نانوذرات ترکیبات آلی فلزی یا پلیمری استفاده می شود خطر تجزیه ترکیبات وجود دارد که مواد حاصل از این تجزیه ممکن است اثرات زیان آوری را موجب شوند.

www.Prozheha.ir

منابع :

۱ – علوم و فناوری نانو ۱ (مباحث عمومی)

نویسندگان : فرزاد حسینی نسب – محسن افسری ولایتی – سیده معصومه قاسمی نژاد لیتایی

۲ – مجموعه مقالات سایت باشگاه نانو موسسه ستاد ویژه فناوری نانو (باشگاه دانش آموزی نانو)

۳ – پرسشهای نو ار نانو

نویسندگان : اسماعیل کلانتری – امیر دارستانی فراهانی

۴ – سایت باشگاه نانو (بخش آموزش)

۵ – ماهنامه زنگ نانو

۶ – دانشنامه آزاد ویکی پدیا

۷ – مقالات و پاور پوینتهای موجود در اینترنت