معرفی فناوری نانو

در واقع نانوتکنولوژی ایجاد و بهره‌برداری از مواد، قطعات و سیستم‌ها در مقیاس‌های بسیار ریز و در حد نانومتری یعنی همان مقیاس‌ها و اندازه‌های اتمی و مولکولی می‌باشد. نانوتکنولوژی به روش‌های مناسب برای ساخت و سرهم بندی ساختارهای کـــارآمد که دارای حداقل یک بعد در ابعـــاد نانومتری می‌باشند می‌پردازد.

این نانو ساختارها که از کوچکترین بلوک‌های ساختمانی شناخته شده ساخته می‌شوند کوچکترین اشیای ساخت بشر بوده، دارای خصوصیات و رفتارهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی جدیدی هستند. هدف نانوتکنولوژی آگاهی و بهره‌گیری از این خصوصیات و ساخت و استفاده موثر از آنها می‌باشد.

معرفی فناوری نانو

- به علت اینکه نانوساختارها خیلی کوچک هستند، می‌توانند در ساخت سیستم‌هایی به کار برده می‌شوند که چگالی خیلی بیشتری نسبت به انواع مقیاس میکرون دارند. بنابراین مفاهیم تازه قطعات الکترونیکی با مدارات سریعتر، عملکردهای پیچیده‌تر و مصرف بسیار کمتر را می‌توان با کنترل واکنش و پیچیدگی نانوساختارها به طور همزمان بدست آورد.
- اینها تنها مزایای اندکی از ساخت مواد در مقیاس نانو می‌باشد.

حوزه های کاربردی نانوتکنولوژی
(Application of nanotechnology)

۱-مواد و ساخت و تولید

۲-نانوالکترونیک و فناوری کامپیوتر

۳-هوانوردی و اکتشافات فضایی

۴-محیط زیست و انرژی

۵-پزشکی و بهداشت

نانو مواد و دسته بندی آنها

Nano materials and their classification

ماده نانوساختاری به هر ماده‌ای اطلاق می‌شود که حداقل یکی از ابعاد آن در مقیاس نانومتری (زیر ۱۰۰ نانومتر) باشد.

طبقه‌بندی نانومواد
(Classification of nanomaterials)

- Nano layer thin Films
- Nano Coatings
- Nano Clusters
- Nano Tubes
- Nano Particles

نانوذرات (Nano particles)

- آخرین دسته از نانو مواد که بررسی می‌کنیم نانو ذرات می‌باشند. نانو ذرات از مدتها قبل مورد استفاده بوده‌اند شاید اولین موارد استفاده از آنها در لعاب ظروف سفالی سلسله‌های اولیه چین باشد.
- نانوذرات از دهها یا صدها اتم یا ملکول با سایزها و مورفولوژیهای مختلف ساخته شده است.
- برای رسیدن به یک توزیع پایدار و همگن از نانوذرات باید مواد و عاملهای شیمیایی همانند سورفاکتانتها و دیسپرسنتها را به آن بیفزائیم.

طبقه بندی نانوذرات

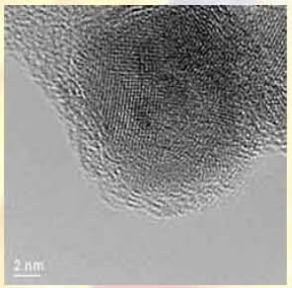
Classification of nanoparticles

اکسید فلزات/ فلزات (Metal/ Metal oxide)

- نانوذرات فلزی با استفاده از روش‌های چگالش بخار و سیم انفجاری بدست میآیند این نانوذرات می‌توانند بدون اینکه ذوب شوند در دماهای پائین‌تر از دمای ذوب فلز، در یک جامد آمیخته شوند
- این کار منجر به سهل‌تر شدن فرآیند تولید روکش‌ها و بهبود کیفیت آنها، خصوصاً در کاربردهای الکترونیکی نظیر خازن‌ها می‌گردد.

اکسید فلزات/ فلزات (Metal/ Metal oxide)

- همچنین نانوذرات فلزی، در دماهای کمتر از دمای همتاهای غیر نانومقیاسی خود به سطوح و مواد توده‌ای تبدیل می‌شوند و هزینه ساخت را کاهش می‌دهند.



نانوذرات آهن ساخته شده به روش چگالش گاز

اکسید فلزات/ فلزات (Metal/ Metal oxide)

- کاربردهای بالقوه نانوذرات در پزشکی در تستهای صفحه‌ای بیولوژیک همانند طلا یا نیمه هادیها، به عنوان عاملهای تمایز در تصاویر رزنانس مغناطیسی (MRI) و به عنوان یک پوشش ضدمیکروبی، در حال توسعه می‌باشد
- در مورد کاتالیتها، حجم زیادی از کاتالیتهای متخلخل در صنعت اتومبیل‌سازی بکار می‌رود آلومینای نانومتخلخل یک ماده پشتیبان و محافظ برای فلزات نجیب می‌باشد که روی ماده پخش می‌گردد.
- همچنین نانوذرات به عنوان کاتالیستی در سلولهای سوختنی (PEM و reform) هیدروژنی بکار برده می‌شود .

نانوذرات سرامیکی

- معمول‌ترین نانوذرات، نانوذرات سرامیکی هستند که به سرامیک‌های اکسید فلزی، نظیر اکسیدهای تیتانیوم، روی، آلومینیوم و آهن و نانوذرات سیلیکاتی (سیلیکات‌ها یا اکسیدهای سیلیکون نیز سرامیک هستند)، که عموماً به شکل ذرات نانومقیاسی خاک رس، تقسیم می‌شود.
- . نانوذرات سرامیکی فلزی یا اکسید فلزی تمایل به داشتن اندازه یکسانی در هر سه بعد، از دو یا سه نانومتر تا ۱۰۰ نانومتر دارند که به وسیله نیروهای الکترواستاتیک به یکدیگر چسبیده و به شکل پودر بسیار ریزی رسوب می‌کنند.

نانوذرات سرامیکی

- نانوذرات و اکسید روی که در ترکیبات جاذب نور UV بکار می‌روند. این ذرات شفاف می‌باشند و به علت سایز کوچکشان اثر حفاظتی مناسبی را فراهم می‌نمایند.
- مزیت دیگر ذرات غیرآلی ، توانایی آنها در تولید و فراهم نمودن حفاظ در تهیه صفحات آفتابی غیرتشعشعی می‌باشد.
- کاربرد دیگر نانوذرات اکسیدی فلزی در جذب تابش UV می‌باشد که رادیکالهای آزاد را رها می‌نماید و باعث تخریب و اختلاط در زنجیره DNA می‌گردد. از اینرو به نانوذرات را پوشش می‌دهند تا این رادیکالهای آزاد وارد پوست نگردد و آسیبهای جسمی و ژنی را فراهم ننماید.

کربن نانوساختار

- کربن نانوساختار شامل موادی همانند کربن سیاه است که با ترکیب جدیدی همانند فلوئرنها و نانوتیوپهای کربنی (CNT) مرتبط است.
- کربن سیاه شامل مجموعه زنجیرواری از نانوذرات کربنی است که میانگین سایز ذرات اولیه آن در حدود چند نانومتر است و به عنوان پر کننده برای لاستیکها در تایر اتومبیل یا رنگدانه‌ها برای کپی استفاده می‌شود.

کربن نانوساختار

- CNT به صورت منفرد و یا چند لایه می‌تواند باشد و دارای ویژگیهای منحصر به فردی همانند استحکام کششی خیلی بالا (از لحاظ تئوری ۱۰۰ بار قویتر از فولاد) و رسانایی الکتریکی و حرارتی فوق‌العاده‌ای می‌باشد .
- علت اصلی منع بکارگیری این مواد در تکنولوژی، سنسورها، الکترونیک (ترانزیستورها، اتصالات بر پایه CNT)، مواد کامپوزیتی (پلیمرهای رسانای الکتریسیته) یا صفحات صاف (ایمترهای الکترونی در نمایش میدان نشری) قیمت بالای آنها می‌باشد. و این بها به علت فرایندهای تولیدی صنعتی و خالص‌سازی آن می‌باشد.

نانو رسها (Nano Clays)

- لایه‌های سلیکاتی نانوساختاری آلی شده واصلاح شده (نانو رسها) به عنوان پرکننده در پلیمرها برای بهبودی ویژگیهای آن بکار می‌رود. تا اینکه استحکام لازم را به پلیمر بدهد. شکل زیر نمایشی از این نانو رسها است.

شکل، مورفولوژی نمونه نانورسی را نشان می دهد که به عنوان پرکننده پلیمرها استفاده می گردد.

نانو ذرات آلی (Organic nanoparticles)

نانو ذرات آلی از لحاظ اقتصادی به صورت زیر درجه‌بندی و تقسیم‌بندی می‌گردند.

۱- نانوذرات پلیمری/ دیسپرسها

۲- داروهای میکرونیزه شده و شیمیایی (ویتامینها، رنگدانه‌ها و داروها)

۳- ملکولهای درشت (دندریمرها)

نانو ذرات آلی (Organic nanoparticles)

- داروهای میکرونیز شده و ویتامینها در حال توسعه و رشد می‌باشند. این ترکیبات اغلب حلالیت پایینی در آب و نیاز به پروسه و فرمولاسیون ویژه‌ای دارد افزایش نسبت سطح به حجم باعث افزایش قابلیت حلالیت می‌گردد. چنین نانو ذراتی می‌توانند به وسیله آسیاب مکانیکی یا رسوب‌گیری و یا به صورت تغلیظ محلول کلوئیدی ساخته گردند.
- ماکروملکولهای آلی همانند دندریمرها و پلیمرهای چند شاخه‌ای برای کاتالیتها یا مواد فعال دارویی در سیستم رهایش دارو و یا به عنوان مواد اتصال دهنده عرضی برای لاکهای ضدخراش یا جوهر در پرینترها کاربرد مناسبی دارند.

نانوذرات نیمه‌رسانا (نقاط کوانتمی)

- نقطه کوانتومی یک ناحیه از بلور نیمه‌رسانا است که الکترونها، حفرها یا هر دو آنها (که اگزیستون خوانده می‌شود) را درسه بعد در برمی‌گیرد. این ناحیه از چندنانومتر تا چندصدنانومتر را شامل می‌شود.
- در نقاط کوانتومی الکترونها درست مثل وضعیت یک اتم موقعیت‌های گسسته‌ای از انرژی را اشغال می‌کنند. به همین علت به آنها لفظ اتمهای مصنوعی نیز اطلاق می‌شود.

نانوذرات نیمه‌رسانا (نقاط کوانتمی)

کاربردهای بالقوه برای نقاط کوانتومی عبارتند از:

- لیزرهای دارای طول موج‌های بسیار دقیق
- کامپیوترهای کوانتومی
- نشانگرهای زیستی

نانوکامپوزیتها (Nano composites)

نانوذرات و نانوفیبرها به عنوان استحکام دهنده برای طبقه‌ای از مواد همانند پلیمرها، سرامیکها یا فلزات بکار برده می‌شود تا ویژگیهای جدیدی حاصل آید و شامل دو دسته زیر می باشند:

۱-نانوکامپوزیتهای سرامیکی

۲-نانو کامپوزیتهای پلیمری

نانوکامپوزیتهای سرامیکی

نانو مواد سرامیکی به عنوان پوشش، عملکردهای مناسبی روی سطح ماده دارند و بر روی تافنس شکست و توانایی شکل‌پذیری تأثیرگذارند. در مجموع با بکارگیری نانو ذرات سرامیکی، زمان قوام مواد سرامیکی می‌تواند کاهش یابد

نانوکامپوزیتهای سرامیکی

این نانو پودرها می‌توانند با درصد خلوص بالا و سایز دانه‌های مناسب تولید گردند. پروسه‌های فاز گازی و مایع برای تولید نانو پودرهای سرامیکی به کاربرده می‌شود. (برای پودرهای غیراکسیدی همانند SiC , Si3N4 , TiCn از پروسه فاز گاز و برای پودرهای اکسیدی همانند از پروسه فاز مایع همانند Sol-gel بهره می‌برند) این مواد در تولید ساختارهای فوتونیک در داده‌های اپتیکی یا در تولید مواد میکرومکا نیکال و میکروالکترونیک با سایز مینیاتوری بالا بکار برده می‌شوند.

نانو کامپوزیتهای پلیمری

نانو کامپوزیتهای پلیمری، کوپلیمرهای متصل به هم با سرامیکها، سیلکاتها، فلزات یا نانو ذرات نیمه‌هادی‌های فرو رفته می‌باشند و تهیه نانوذرات درون قالب پلیمری باعث ویژگیهای جدیدی می‌شود:

نانو کامپوزیتهای پلیمری

- نانو رسهای فرورفته با پلیمرها: برای بهبود خصوصیات همانند سختی و استحکام بکار می‌رود.
- نانو ذرات فرورفته با پراکسیدها: به عنوان ضدعایق برای کابل ماشین الکتریکی و یا برای بهبود رزینها درسیم پیچها
- پلیمرهای رسانای الکتریسته فرورفته با کربن سیاه یا با نانوتیوپهای کربنی؛ برای کاربردهایی همانند حفاظهای الکترواستاتیک و طراحیهای الکترونیک و ...
- نانوذرات نقره با پلیمرها برای ویژگیهای ضدمیکروبی برای کاربردهای پزشکی.

روشهای تولید

Production process

دو راه معمول برای تولید نانوذرات وجود دارد. راه اول این است که از ماده بالک شروع نموده و با شکستن آن به ابعاد ریز با استفاده از فرآیندهایی همانند مکانیکی، شیمیایی و یا انرژیهای دیگر، نانوذرات را تهیه نماییم. (نظریه بالا به پایین)

نظریه دیگر (پایین ـ بالا) سنتز نانو مواد از نمونه‌های ملکولی یا اتمی با واکنشهای شیمیایی است که اجازه رشد ذرات را می‌دهد. هر دوی این نظریه‌ها در حالتهای گازی، مایع، سیال سوپر الکتریکال و جامد انجام‌پذیر می‌باشند. تولیدات از لحاظ a) اندازه ذرات b) شکل ذرات c) توزیع سایز ذرات d) ترکیب ذرات e) درجه الگومراسیون مورد توجه می‌باشند.

سنتز ذرات (Particles synthesis)

نظریه اول (بالا ـ پایین)(Up-Down)

- روشهای شکست ماده بالک شامل آسیاب مکانیکی با انرژی بالا، پروسه مکانوشیمیایی، اچینگ (etching) ، انفجار الکترونی، صوت، پراش و تابش لیزری می‌باشد. این پروسه‌ها در محیط اتمسفر خنثی و یا در خلاء انجام می‌گیرند.
- مشکلی که ممکن است سریعاً بعد از پروسه برای نانوذرات اتفاق بیفتد آلگوموراسیون ذرات می‌باشد که با پایدارکردن نانوذرات می‌توان این مشکل را برطرف نمود. در زیر روشهای مختلف تولید نانوذرات آورده شده است.

فرآوری مکانیکی

فراوری مکانیکی یک روش مرسوم و مثال واضحی از تکنیک بالا به پایین در سنتز مواد نانوساختار است که برخلاف روش پایین به بالا، مواد از خوشه‌های اتمی اولیه تشکیل نشده و تنها از طریق خردشدن و تغییر فرم پلاستیک شدید تهیه می‌شوند. به دلیل سهولت و تجهیزات نسبتاً ارزان قیمت (در مقیاس آزمایشگاهی) و قابلیت سنتز اکثر مواد، این روش کاربرد فراوانی یافته است. در عین حال می‌توان این روش را به سادگی برای تولید در مقیاس صنعتی به کار گرفت. عمده محدودیت‌های این روش، آلودگی ناشی از محیط و اتمسفر آسیاب، نیز متراکم شدن و تجمع ذرات در حین آسیاب است.

تغییرشکل‌دهی پلاستیکی شدید

برای ایجاد مواد توده‌ای که با فشرده‌سازی پودر نانوساختاری می‌شوند، روش‌های فرآوری تغییر شکل پلاستیکی شدید فرآوری تغییر شکل پلاستیکی شدید متبلورسازی مواد آمورف اولیه و از روش‌های پیشگام هستند. این روش‌ها به خاطر مشکلات کنترل آلودگی یا اکسیداسیون سطح مؤثر بالایی از ذرات اولیه محدود می‌شوند، اما این مزیت را دارند که با ترکیب ذرات مختلف می‌توانند نانوکامپوزیت را به وجود آورند.

تغییرشکل‌دهی پلاستیکی شدید

- روش‌های فرآوری تغییر شکل پلاستیکی شدید تنها برای فلزات قابل کاربرد هستند. در تمامی این روش‌ها تا هنگامی که بلورهای داخل فلزات تحت فشار زیاد در معرض تنش برشی بالا قرار می‌گیرند، از توانایی تبدیل شدن به ذرات کوچکی به اندازهٔ ۲۰ نانومتر بهره می‌برند. کاهش اندازهٔ بلور تقریباً در هر فلز چند بلوری باعث افزایش چشمگیراستحکام، و در بسیاری مواد نیز باعث افزایش چکش‌خواری می‌شود. به خاطر اینکه چنین روش‌هایی می‌توانند در مقیاس بزرگ اجرا شوند، بسیار بیشتر از سایر روش‌های دیگر برای تجاری‌سازی تحت توجه هستند.

فشرده سازی پودر

در روش فشرده‌سازی پودر ابتدا ذرات نانومقیاسی تولید می‌شوند که متعاقباً توسط روش‌های استاتیکی یا دینامیکی به هم فشرده می‌شوند. روش فشرده‌سازی پودر نیز به دلیل مشکلات کنترل آلودگی و یا اکسیداسیون سطح مؤثر ذرات دارای محدودیت می‌باشد

روش شیمیایی اچ کردن (Etching)

آرایه‌های منظم با ساختارهای نانوسایز درون ماده مسطح می‌تواند تولید گردد. اچینگ فوتوالکتروشیمیایی یا الکتروشیمیایی بدون پوشش می‌تواند برای تولید آرایه‌های منظم از شکلها با محدوده نانومتری بکاربرده شود. برای مثال لایه‌های سلیکونی متخلخل با اچینگ الکتروشیمیایی وافرهای سلیکونی کریستالی که از یک مخلوط هیدروفلوریک اسید و اتانول به عنوان یک الکترولیت استفاده می‌کند ساخته می‌گردد مثال دیگر تهیه آلومینای متخلخل با این روش می‌باشد.

انفجار الکترونی (Electron explosive)

انفجار الکترونی شامل تولید در یک زمان خیلی کوتاه در بین سیستمهای فلزی نازک درون گاز فعال یا خنثی می‌باشد تا اینکه دماهای فوق‌العاده‌ای حاصل و سیستم به حالت پلاسما درآید. جریانهایی خیلی بالا ، دمای سیم را ۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ درجه سانتیگراد گرم می‌نمایند در این دما مقاومت سیم بی‌اندازه بالا می‌رود و در این نقطه، میدان مغناطیسی محو می‌شود و فلز فوق گرم شده به حالت پلاسمایی که گازهای یونیزه شده اطراف آن را فرا گرفته است فوق‌العاده سریع سرد می‌گردد تا شرایط لازم برای پایداری ساختارهای کم ثباتفراهم شود. پروسه انفجار الکترونی سیم، پودرهای فلزی حدود ۱۰۰ نانومتر را جاییکه یک نیروی الکتریکی با سیم تحت فشار گاز آرگون بکاربرده می‌شود ایجاد می‌گردد.

نظریه پایین ـ بالا (Down-Up)

روشهای تولید نانوذرات از اتمها، پروسه‌های شیمیایی بر پایه تغییر شکل یافتن در محلولها می‌باشد که شامل فرایندهایی همانند سل- ژل (Sol-gel) ، رسوب تبخیر شیمیایی (CVD)، سنتز پلاسما (flame spraying) ، پیرولیز لیزری و تغلیظ و تراکم ملکولی یا اتمی می‌باشد. این پروسه‌های شیمیایی برای تهیه ملکولهای آلی ـ فلزی بکاربرده می‌شوند. پروسه سل - ژل نسبت به بقیه پروسه‌های شیمیایی به علت نیاز به دمای نسبتاً پایین ترجیح داده می‌شود. و این پروسه را مفید و ارزان قیمت می‌سازد.

نظریه پایین ـ بالا (Down-Up)

در پروسه اسپری، جریان واکنشگرها (گاز، مایع و یا به شکل آئروسل) توسط دستگاههایی همانند پلاسما اسپری یا لیزر دی‌اکسیدکربن با شعلهٔای با انرژی بالا تولید و سپس تجزیه می‌گردند. و ذرات در شعله با هسته‌زایی و همگن‌سازی ، رشد می‌نمایند . محصول سرد نمودن سریع فرایند، نانوذرات می‌باشد. این پروسه‌های شیمیایی اغلب برای تولید ملکولهای آلی - فلزی بکاربرده می‌شوند.

روش میکروامولسیون (Micro emulsion)

با استفاده از این روش نانو پودرهای سرامیکی شامل هیدروکسی آپاتایت، زیرکونیهای ناخالص شده و نشده، فریت ها، تیتانات سرب و تیتانات روی تهیه شده‌اند. هنگامیکه مواد در میکروامولسیون با ترکیب مناسب با یکدیگر مخلوط می‌شوند واکنش‌های هم رسوبی در سامانه های آبی نانومتری شکل می‌گیرند که منجر به تشکیل ذرات پیش سازنده نانومتری مانند هیدروکسیدها و یا اکسالات‌ها می‌شود سپس با کلسیناسیون پیش سازنده بدست آمده از روش میکروامولسیون می‌توان به ذرات فوق‌العاده ریز سرامیکی دست یافت.

پیرولیز شعله‌ای (Spraying Pyrolize)

از پیرولیز آئروسلهایی از محلول‌های مواد اولیه آتش‌گیر در شعله‌ای از اکسیژن و هیدروژن می‌توان پودرهای اکسیدی بسیار پراکنده تولید کرد . وابسته به شرایط واکنش، میانگین اندازه ذرات سنتز شده معمولاً ما بین ۱۵ الی ۵۰ نانومتر خواهد بود. پودرهای تولیدی به طریقه پیرولیز شعله‌ای نسبت به سایر روش‌هایی چون پیرولیز افشانه از توزیع اندازه ذرات بسیار نزدیکی برخوردار می‌باشند و همچنین تمایل کمتری برای الگومره شدن دارند. در این روش امکان تنظیم دقیق نسبت‌های استوکیومتری و نیز اضافه کردن دقیق افزودنی‌ها در مقادیر کم مسیر می‌باشد.

هیدروترمال (Hydro thermal)

روش هیدروترمال انجام فرآیندهایی برروی محلول‌های آبی یا سوسپانسیون‌های پیش سازنده در دماها و فشارهای بالاست. این روش یک روش شیمیایی آبی برای تولید پودرهای کریستالی سرامیکی است و به دلیل انجام واکنش‌های سنتز در دماها و فشارهای بالا به سادگی می‌توان این روش را از سل- ژل و هم رسوبی تشخیص داد.

هیدروترمال (Hydro thermal)

معمولاً دامنه دمایی از نقطه جوش آب تا دمای بحرانی ۳۷۴ و فشار تا میزان ۱۵Mpa است. شرایط ویژه‌ای که در این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد باید قادر باشد یک مسیر انتقال جرم متغیر ایجاد کند تا استحاله فازی به سرعت انجام شود. وجود دما و فشار بالا می‌تواند باعث کاهش انرژی آزاد فازهایی شود که در شرایط اتمسفر از نظر تعادلی پایدار نیستند.

هیدروترمال (Hydro thermal)

سنتز هیدروترمال پودرهای سرامیکی دو امتیاز اصلی دارد:

- یکی حذف مرحله کلسیناسیون یا کاهش دمای آن
- استفاده از مواد اولیه نسبتاص ارزان

بنابراین این روش به ویژه برای تولید پودرهای الکتروسرامیکی مناسب است.

هم رسوبی از محلول (Coprecipitation)

هم رسوبی از محلول یکی از قدیمی‌ترین روش‌های تر برای تهیه اکسیدهای چند جزئی است. رسوب‌دهی فاز مایع به هر فرآیندی که طی آن مواد در حالت مایع یا محلول از طریق تراکم، واکنش و یا تبدیل، به حالت جامد بر می‌گردد، اطلاق می‌شود این فرآیند برای تشکیل پوشش و رسیدن به خواص مختلف نظیر رسانایی، گرمایی، نوری و مقاومت در برابر خوردگی و هوچنین خواص مکانیکی به کار می‌رود. این روش شامل تهیه یک محلول آبی دارای عامل رسوب کننده است محصول رسوب کرده به وسیله فیلتر از مایع جدا شده، سپس خشک و در نهایت تحت تجزیه حرارتی قرار گرفته تا ترکیب مورد نظر بدست آید.

روش سل – ژل (Sol – Gel)

- این تکنیک یک پروسه مناسب صنعتی برای تولید نانوذرات کلوئیدی از فاز مایع می‌بـــاشد که برای تولید نانوذرات و پوششها مورد استفاده زیاد قرار می‌گیرد.
- این فرآیند شامل تشکیل ژل آمورف از یک محلول است که پس از آن ، ژل در دماهای نسبتاً پایین آب‌گیری می شود.
این فرآیند از یک محلول آغازگر آغاز می‌شود که تمام اجزاء تشکیل دهنده محصول در آن به صورت محلول وجود دارند به همین دلیل مخلوط شدن در هنگام تشکیل ژل نیز در مقیاس ملکولی باقی می‌ماند

روش سل – ژل (Sol – Gel)

مزایا:

- سنتز در دمای پائین
- تهیه محصولاتی با خلوص بالا
- تهیه موادی با ترکیبات جدید
- سنتز ترکیبات یکنواخت به صورت اکسیدهای کامپوزیت‌ها
- تهیه فیبر، تهیه پوشش سطوح
- راندمان تولید
- امکان استفاده از فرایند برای سنتز مواد در حالت آمورف و به کارگیری آنها جهت تهیه لایه‌های نازک
- واکنش پذیری شیمیایی بالا.

روش سل – ژل (Sol – Gel)

معایب:

- قیمت زیاد مواد اولیه
- زمان طولانی پروسه
- احتمال باقیماندن آب یا مواد آلی
- تشکیل ترک در حین خشک کردن و گرم نمودن.

سنتز بر پایه آئروسل

فرایندهای بر پایه آئروسل، روش‌هایی رایج برای تولید صنعتی نانوذرات می‌باشند. آئروسل‌ها ذرات حامد و مایع در فاز گازی هستند که ابعاد آنها تا ۱۰۰ میکرومتر می‌رسد، قبل از اینکه اساس علمی و مهندسی آئروسل‌ها فهمیده شود، این ترکیبات در صنعت کاربرد داشتند، برای مثال، ذرات کربن در رنگدانه‌ها و تایرهای ماشین استفاده می‌شود، با سوختن هیدروکربن به دست می‌آید، رنگدانه تیتانیوم که در پلاستیک‌ها و رنگ‌ها کاربرد دارد از اکسیداسیون تتراکلرید تیتانیوم حاصل می‌شود همچنین فوم سیلیکا و تیتانیوم از تتراکسیدهای مربوطه با روش پیرولیز شعله‌ای به دست آید، فیبرهای نوری نیز با روش مشابه ساخته می‌شوند

سنتز بر پایه آئروسل

به طور مرسوم، اسپری کردن برای خشک کردن و یا رسوب پوشش‌ها استفاده می‌شود اسپری ترکیبات شیمیایی بر روی سطح گرم یا داخل اتمسفر گرم باعث پیرولیز ترکیب شیمیایی و تشکیل نانوذرات می‌شود برای مثال، فرآیند الکترواسپری در دمای اتاق برای نانوذرات ترکیبات نیمه هادی و فلزات دیگر در دانشگاه آکسفورد انجام شده است.نانوذرات CdS با روش سنتز بر پایه آئروسل با قطرات میکرونی که شامل نمک Cd در اتمسفری که دارای هیدروژن سولفید است، به وجود می‌آید.

پایدار کردن نانوذرات (Stability)

به علت واکنش‌پذیری بالای نانوذرات،آنها تمایل به جمع شدن یا الگومراسیون بالایی را دارند. این ذرات تجمع یافته باعث از دست رفتن ویژگیهای منحصربه فرد نانوذرات می‌گردند از اینرو برای جلوگیری از این عامل ضروری است تا نانوذرات را با عاملهای افزودنی پایدار نماییم. موفقیت یا عدم موفقیت نانوذرات در یک کاربرد ویژه به توانایی ایجاد دیسپرسنتهای (توزیع کننده‌های) پایدار در آب یا سیال آلی وابسته است. این توانایی تولید با پوششهای نانو ذره‌ای مناسب قابل استفاده است. پوشش نانوذرات با مواد دیگر باعث تغییر خصوصیات سطحی نانوذرات می‌شود. نانوذرات با ساختار هسته ـ پوسته ویژگیهایی مغناطیسی مکانیکی و اپتیکی و ... پیشرفته‌ای را از خود نشان می‌دهند.

پایدار کردن نانوذرات (Stability)

یک روش متداول برای پایدار کردن یا اصلاح نمودن نانوذرات، انکپسولاسیون آنها با یک لایه پلیمری یا ملکولی است. این پوشش پلیمری نازک قادر است سازگاری مناسب ذرات را با سیال رزین و پلیمر فراهم نماید با این روش نانوذرات ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی واقعی خود را حفظ می‌نمایند. روش دیگر برای پایدار نمودن نانوذرات، جمع کردن نانوذرات در سوسپانسیون مایع می‌باشد. برای ذرات نیمه هادیها این پایداری در سوسپانسیون مایع با افزودن در حلال‌های قطبی ایجاد می‌شود ملکولهای سورفاکتانت برای پایدار کردن نانوذرات فلزی در حالت سوسپانسیون مایع بکار می‌رود.

پایدار کردن نانوذرات (Stability)

دو روش معمول پایدار کردن نانوذرات در محلولهای آبی در زیر آمده است :

- با تنظیم pH سیستم بار سطحی نانوذرات را می‌توان تغییر داد در این روش یک لایه دوقطبی الکتریکی در اطراف ذره ایجاد می‌شود که این باعث ایجاد نیروی دافعه بین ذرات می‌گردد و ازتجمع ذرات جلوگیری می‌نمایند این نیروی دافعه را با پتانسیل می‌سنجند.

روش دوم، جذب پلیمرها روی نانوذرات می‌باشد که از ایجاد نیروی جاذبه واندروالسی بین ذرات جلوگیری می‌کنند .

ترکیب این دو مکانیزم پایدار کننده، electrostatic نامیده می‌شود و وقتیکه پلی‌الکترولیتها روی سطح نانوذرات جذب می‌شوند اتفاق می‌افتد.

نانو مواد در سیستم دارورسانی
Nano material in drug delivery system

صنعت داروسازی دردنیا ازصنایع بسیار پویا ودرآمدزا محسوب می شود ولذا شرکتهای مختلف داروساز ی درسراسر دنیا درجهت حفظ موجودیت خود دراین بازار پررقابت ناچار به سرمایه گذاری گسترده در تحقیقات و بخصوص در زمینه فناوریهای جدید می باشند. از جمله این فناوریها که در طی چند سال اخیر توجه بسیار از محققین واز جمله صنایع داروسازی رابه خود جلب نموده نانو فناوری می باشد.

نانو مواد در سیستم دارورسانی

افزایش ساخت وتوسعه مولکول های بزرگ، داروهای با پایه زیستی مانند پپتیدها، پروتئین ها وسایر محصولات زیستی دارویی نیاز به ساخت ودست یابی به سیستم های جدید دارورسانی راایجاد کرده اند . این مولکول های درشت معمولاً دارای فراهم زیستی پایین می باشند چرا که دارای نفوذپذیری و پایداری کم دردستگاه گوارش هستند و قبل از این که به محل اثر خود برسند دچار ناپایداری می شوند.

نانو مواد در سیستم دارورسانی

نانوفناوری به معنی استفاده از ذراتی دراندازه های نانومتری به مقاصد خاص می باشد. نانوتکنولوژی، تکنولوژی نوینی درزمینه دارویی فراهم نموده است. این داروها باویژگی سایز کوچک نیاز دارند تا هنگام انتقال هدفمند، اثرات درمانی مفیدی رابگذارند. البته باید علاوه بر هدفمند بودن ویژگیهای شیمیایی وبیولوژیکی خود را حفظ بنمایند. بعضی از داروها اثرات سمی بر بدن دارند و می توانند درحین رهایش تجزیه شوند و اثرات درمانی دارو کاهش یابد.

نانو مواد در سیستم دارورسانی

ازاینرو یک دارو باید ازلحاظ مکانی و زمانی هنگامی رهایش یابد تا اثر مناسب خود را بجا گذارد. سرعت زیاد رهایش دارو ممکن است باعث شود دارو بطور کامل جذب نگردد و یا باعث تحریک وحساسیت درسیستمهای دیگر مثلاً در روده و یا معده گردد. سیستم رهایش دارو به عواملی مانند سرعت جذب، توزیع ، متابولیسم ودفع دارو مرتبط است. این سیستم باید اجازه دهد تا دارو به گیرنده هدف خود بطور مثبتی اتصال یابد.

نانو مواد در سیستم دارورسانی

موادی که درسیستم رهایش دارو بکار برده می شوند باید زیست سازگاری مناسب با بدن وهم چنین اتصال آسان ومحکمی با دارو داشته باشند،البته قابل تجزیه هم باید باشد. روی پروسه های تولید این مواد باید توجه شود که مبادا روی خود دارو اثر منفی بگذارد وآنها را تجزیه نماید درنهایت اینکه این مواد باید از لحاظ اقتصادی به صرفه باشد.

نانو مواد در سیستم داروررسانی

امروزه این فناوری درتمام عرصه های صنعت داروسازی وارد شده ودرمواردی محصولات آن (ازجمله ضدآفتابهای فرموله شده با نانوذرات اکسید تیتانیوم) در بازارهای دارویی موجود می باشد. درخصوص داروهای جدید تحقیقات بی شماری درسراسر دنیا درحال انجام است.

سیستم رهایش دارو
(Drug delivery system)

همه مواد زیستی(فلزات , سرامیکها و پلیمرها) برای رساندن دارو و تاثیرگذاری هدفمند بر بافت مورد نظر بکاربرده می شوند. یکی از پرمصرفترین مواد برای بکارگیری در صنعت دارورسانی پلیمرها می باشند که در زیر به آنها پرداخته می شود.

پلیمرها در سیستم رهایش دارویی کنترل شده

رهایش کنترل شده دارو وقتی اتفاق می افتد که یک پلیمر طبیعی یا مصنوعی با دارو یا مواد فعال دیگر ترکیب گردد بطوری که عامل فعال از مواد پلیمری بتواند رهایش یابد . رهایش ماده فعال ممکن است در طول دوره زمانی ثابت و پایدار باشد و یا ممکن است به صورت چرخشی رهایش یابد و یا اینکه توسط عوامل خارجی دیگر رهایی یابد در همه این موارد هدف، کنترل رهایش دارو می باشد تا بیشترین اثر درمانی را بگذارد . مزیت استفاده از سیستم کنترل رهایش دارو حفظ سطح دارو در درصد مورد نظر و سلامتی و بهبودی بهتر و کارایی بیشتر دارو می باشد.

پلیمرها در سیستم رهایش دارویی کنترل شده

همچنین نیاز به یک سیستم رهایش آرام دارویی محلول در آب یا رهایش سریع داروها با حلالیت کم , رهایش دارو به مکانهای ویژه , رهایش دارو با بکار گیری سیستمهای نانو ذره ای , رهایش دو یا چند عامل با چند فرمولاسیون و سیستمهای بر پایه حاملهایی که می توانند حل یا تجزیه یا حذف شوند.

پلیمرها در سیستم رهایش دارویی کنترل شده

سیستمهای رهایش دارویی باید خنثی , زیست سازگار و از لحاظ مکانیکی مناسب و راحت و برای بیمار باشند و به آسانی تولید و استریلیزه گردند . هدف بیشتر سیستمهای کنترل رهایش دارویی این است تا پروفیل رهایش بدست آمده، یک سطح خونی بالایی از دارو را روی دوره زمانی طولانی بدهد با مصرف قرصهای تجاری یا تزریقها , سطح دارو در خون از پروفیل شکل زیر پیروی می کند . این سطح ابتدا بعد از رهایش دارو بالا می آید و مجددا افزایش می یابد

سیستمهای دارورسانی بر پایه نانوفناوری

nanotechnology in drug delivery system

سیستم های مبتنی بر نانوذرات از تجزیه داروها محافظت کرده و مقادیر قابل توجهی از دارو را در خود جای می دهند .همچنین زمان توقف طولانی تری رابه وجود می آورند و دفعات مصرف دارو را کاهش می دهند. ذرات نانو می توانند با حرارت استریل شوند و درنتیجه عمر ذخیره سازی بهتری نسبت به ذرات معمولی خواهند داشت.

سیستمهای دارورسانی بر پایه نانوفناوری

نانوذرات پلیمری قابل تجزیه زیستی و سازگار با بدن بهترین کاندیداهای حاملهای ذره ای جهت انتقال پپتیدها می باشند. این نانو ذرات بایستی بعد از مصرف خوراکی بصورت دست نخورده جذب شوند. چندین روش تاکنون جهت ساخت نانوذرات پلیمری ارائه شده است که ازآن جمله پلیمریزاسیون و انتشار درحلال می باشند. این نانو ذرات بروش جداسازی فازی نیز تهیه می شوند.

سیستمهای دارورسانی بر پایه نانوفناوری

باکمک فناوری نانو تغییرات بنیادی درتولید دارو ودارورسانی روی می دهد نانوفناوری درزمینه های زیر می تواند کاربرد داشته باشد:

۱- کوچک کردن ذرات به اندازه نانو باعث فراهم شدن امکان استفاده ازداروهای با حلالیت کم می شود واین مسئله باعث می شود که داروهای دردسترس شرکت های دارورسانی حدود دو برابر شود.

۲- پلیمرهای درخت سان (دندریمرها) خواص زیادی دارند که حلالیت بالا در محلول های آبی، ساختار مشخص، توزیع یکنواخت ، سمیت کم از این جمله اند. این ویژگیها باعث شده که از این مواد در طراحی سیستم های نانوزیستی حامل دارو استفاده شود.

سیستمهای دارورسانی بر پایه نانوفناوری

۳- هدف قراردادن تومورها بوسیله نانوذرات با اندازه های بین ۵-۱۰ نانومتر. این درحالی است که ذرات بزرگتر از نانوذرات قادر به عبور از منافذ تومورها نیستند.

۴- هدف قرار دادن فعال با افزودن لیگاند به سطوح نانوذرات جهت اتصال به هدف خاص صورت می گیرد. این لیگاندها مانند گیرنده ای بافت های آسیب دیده را شناسایی کرده و به آن متصل شده و داروی خود را آزاد می سازند.

۵- افزایش تجمع نقطه ای داروها بدلیل افزایش اتصال نانوذرات به بافت ها .

۶- شناساگر های نانو قادر به تشخیص سرطان دراولین مراحل آن که هنوز تعداد سلولهای سرطانی کم می باشند، هستند.

نانو سوسپانسیون های ذره ای جهت درمان

داروهای کم محلول درآب یکی از بزرگترین مشکلات صنعت داروسازی می باشند. مشکلات عمده در فرمولاسیون اینگونه داروها فراهم زیستی بسیار کم و دفع آنها می باشد که مصرف خوراکی دارو فراهم زیستی مناسبی ایجاد نکرده است ومصرف تزریقی دارو (به دلیل حلالیت کم، تزریق داخل وریدی دارو نیز امکان پذیر نیست) و روش تزریق عضلانی (بدلیل وجود مایع حلال کم در اطراف دارو غلظتهای بالایی از دارو در خون ایجاد نمی شود مگر درمواردی که دارو بسیار فعال باشد) راه حل مناسبی نمی باشند.

نانو سوسپانسیون های ذره ای جهت درمان

تلاش ها جهت افزایش حلالیت اشباعی و بالتبع حل این مشکلات ادامه دارد. یکی ازروش های بکاررفته ، استفاده ازروش Solubilization است که درحقیقت استفاده از سورفاکتانت ها جهت افزایش حلالیت ماده مورداستفاده می باشد. روش های دیگر عبارتند از:

- کمپلکس کردن اختصاصی یا غیراختصاصی بااستفاده از پلی اتیلن گلیکول یاسیکلودکسترین ها
- استفاده از مخلوط های حلالی همانند آب- اتانول

کپسولاسیون دارویی
(Drug of encapsulasion)

- طبقه ای از سیستمهای رهایش دارویی موادی هستند که دارو را احاطه (کپسوله) می کنند این موادشامل لیپوزومها و پلیمرهایی مانند پلی لاکتیداسید(PLA) وکوپلیمر لاکتید – گلیکولیداسید (PLGA) و غیره می باشد.
- دارو اطراف مواد ذکرشده مانند پلیمرها را احاطه و کپسوله می کند این مواد درسیستم رهایش دارو به دارو اجازه رهایش مکانی و زمانی خاص ومناسب را می دهد تا اثر خود را بگذارد این مواد در بدن درنهایت تجزیه می گردد و از سیستم بدن دفع می شوند.

کپسولاسیون دارویی

وقتی مواد ذکر شده بصورت ذرات ریز درحد نانومتر(۱۰۰nm-۱) درآید دارای نسبت سطح به حجم بزرگی می گردد هم چنین سایز سوراخها، حلالیت وخصوصیات ساختاری آنها نیز بهبود می یابد. این اثرات درعملکرد تجزیه وهم چنین نفوذ مواد مؤثر می باشند. موادی همانند لیپوزومها ، پلیمرها وهم چنین موادی همانند سلیکون، فسفات کلسیم(HAP) درابعاد نانو می توانند تأثیرات مناسبی درسیستم رهایش دارویی بگذارند.

کپسولاسیون دارویی

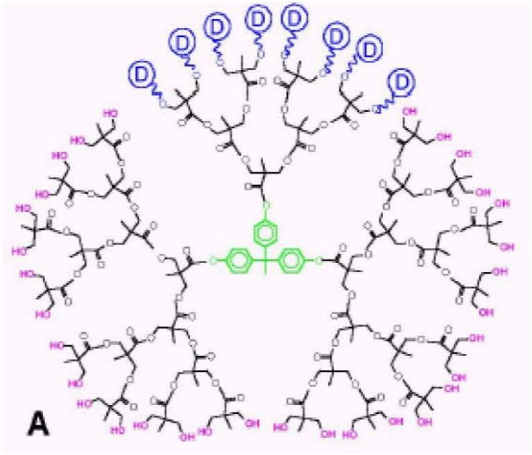
- کپسولاسیون داروها با ابعاد ریز (نانومتر) دردرمان عوارض عصبی درسیستم عصبی مرکزی باعبور از حصار خون- مغز و هم چنین درمورد عوارض چشمی با عبور از حصار خون - شبکیه مؤثر هستند.
- علم دارویی درسیستم رهایش دارو بر پایه نانوذرات دردرمان تومورهای مغزی نیز موثر می باشند درتحقیقی داروی آنتی تومور doxorabicin به نانو پلیمر PBCA (پلی بوتیل سیانواکریلات) متصل گردید و با Polysorbat 80 پوشیده گردید این دارو از طریق وریدی تزریق شد پوشش پلی سوربات 80 ، پلی آپولوپروتئینهای پلاسما را جذب می نماید و با جریان خون حرکت و لیپدها راحمل می کند این عمل همانند عملکرد کلسترول LDL می باشد که به دارو اجازه عبور از سد خون –مغز را می دهد.

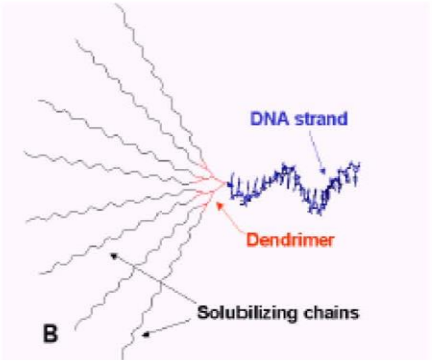
حاملهای دارویی عملکردی

طبقه دیگر از مواد سیستم رهایش دارویی که نانوتکنولوژی پیشنهاد می نماید در زمینه موادی است که داروها را می تواند به مکانی مورد نظر حمل و اثرات خود را بگذارد. این نانو ساختار ها به یک داروی مورد نظر اتصال می یابند و سلولهای ویژه ای راجذب می نمایند تا در زمان موردنظر رهایش یابند. مواد نانوساختاری که دراین سیستم بکار برده می شوند شامل فلوئرنها، دندریمرها و نانوپوسته ها هستند .
.فلوئرنها همانطور که قبلا ذکر شد ذرات کروی با ترکیب کربنی C60 می باشند این مواد درسیستم رهایش دارو بکاربرده می شوند فلوئرنها با آنتی بادیها یا عاملهای دیگراتصال می یابند این عاملها شامل اتصال وکاربرد فلوئرن ها درشیمی درمانی، فلوئرنها-رادیوداروها و سیستمهای لیپوزومی بر پایه فلوئرن که نامیده میشود می باشد.

حاملهای دارویی عملکردی

ماده دیگر بکار رونده در سیستم رهایش دارویی دندریمرها می باشند تا دردرمان تومورهای درون سلولی یا گیرایش مواد ژنتیکی بدون داشتن هیچ اثر منفی و پاسخ ایمنی بکاربرده شود. به علت سایز کوچک و شاخه ای بودن دندریمرها، آنها می توانند طراحی گردند تا ترکیبات اتصال یافته به خود را در حین پاسخ به ملکول ویژه یا واکنش شیمیایی رها نمایند.

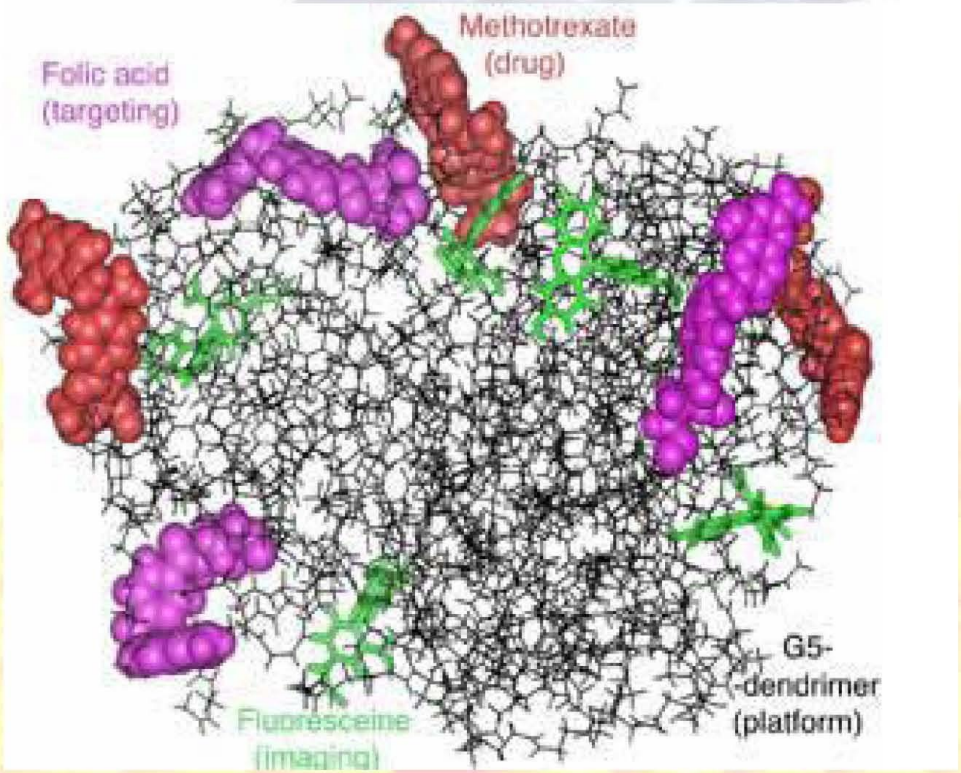




- یک دندریمر تک ملکولی بعنوان حامل رهایش دارویی زیست : A شکل
  یک دندریمر نانوبعدی را برای ژن : B سازگار و چند ظرفیتی . شکل
  درمانی نشان می دهد

حاملهای دارویی عملکردی

مثالی از کاربرد دندریمرهای نانو ذره ای در درمان و از بین بردن سلولهای سرطانی با استفاده از داروهای شیمی‌درمانی است تا آنها را به درون سلول‌های سرطانی هدایت کند و فعالیت ضد سرطانی دارو را افزایش دهد. مطالعات در محیط کشت سلولی نشان می دهد که اتصال یک داروی ضد سرطان به نانوذرات به منظور انتقال هدفمند دارو به سلول‌های سرطانی باعث افزایش اثرات درمانی آن می‌شود.



مدل ساده شده نانوذره درخت‌سان و نحوه اتصال مولکول‌ها و داروها به آن

نانو ذرات آلی در سیستم رهایش دارویی

- کوپلی اتیلن اکساید-L- لاکتیداسید / پلی B- بنزیل- L- آسپارات (PBLA)

این ماده پلیمری از مواد زیست سازگار می باشند . گروه های آلدئیدی روی سطح میسلهای PEO-PLA با پسماندهای لیزینی از پروتئینهای سلولی واکنش می دهند اینها ممکن است برای اتصال لیگاندهای محتوی آمینها بکار روند. گروه های هیدروکسیلی روی سطح میسلها به ملکولهای مناسب اتصال یافته تا به مکانهای ویژه از ارگانهای بدن هدایت گردند. چنین نانوذراتی درسیستم رهایش داروهای ضدالتهابی و ضد سرطانی کاربرد دارد.

نانو ذرات آلی در سیستم رهایش دارویی

- پلی (لاکتید-گلیکولید) – [(پروپیلن اکساید)- (پلی اتیلن اکساید)]

- نانوذرات با سایز ۱۵۰-۸۰ نانومتر از این کوپلیمر زیست سازگار و قابل تجزیه بدست آمده است . نانو ذرات PGA به روش رسوب گیری بدست می آید به اینصورت که توسط استن , ،نانوذرات کلوئیدی روغنی پخش شده در آب رسوب داده می شوند

نانو ذرات آلی در سیستم رهایش دارویی

مشتقات پلی فسفازنها

پلی فسفازنها ومشتقات این پلیمر برای کاربردهای پزشکی و دارویی توسعه یافته اند. از ویژگیهای آن کپسولاسیون مناسب وماندگاری مدید در خون و اندازه ذراتی با قطر ۱۲۰-۱۰۰ نانومتری می باشد نانوذرات پوشیده شده با PEO و پلی ارگانوفسفازنهای حاوی آمینواسید از این نمونه است این کوپلیمر شامل پلی ارگانوفسفازن- PEO یا Poloxanine 908 (یک کوپلیمر با چهار عامل PEO) درروی سطح می باشد.

نانوذرات کیتوسان/ پلی اتیلن اکساید

حاملهای دارویی نانو ذره ای هیدروفیلیکی کاربردهای بالقوه ای دردرمان بیماریها دارند. حاملهای دارویی هیدروفیلیکی / هیدروفوبیکی به حلالهای آلی برای ساخت نیاز دارند و دارای ظرفیت خاصی برای پروتئینها می باشند. calvo وهمکارانش نظریه جدیدی برای تهیه نانوذرات هیدروفیلیکی دادند به این منوال که تکنیک بر پایه فرایند ژلاسیون آنیونی است که از مخلوط کردن دوفاز آبی در دمای اتاق حاصل می آید این سیستم دارای فاز محتوی پلی ساکارید کیتوسان (Cs) ویک کوپلیمر دوتایی از اتیلن اکساید و پلی آنیون تری پلی فسفات سدیم (TPP) می باشد. اندازه ذرات بین ۱۰۰-۲۰۰nm و پتانسیل Zeta بین ۲۰-۶۰mv می تواند از تغییر نسبتهای این دو فاز حاصل آید. بکارگیری آلبومین سرم بووین(BSA) به عنوان مدل پروتئینی نشان می دهد که با استفاده از این نانوذرات جدید ظرفیت جاگیری پروتئینها بالای ۸۰ درصد افزایش می یابد.

استفاده از نانوذرات جهت دارورسانی به مغز

غشاء خونی مغزی ایجاد یک سد نفوذناپذیر در برابر تعداد زیادی از داروها از جمله آنتی‌بیوتیک‌ها، داروهای ضدسرطان و تعدادی از داروهای موثر بر سیستم عصبی مرکزی بخصوص نورو پپتیدها می‌کند. این مانع در سطح سلولهای پوششی مویرگ‌های مغزی وجود دارد و مهمترین مانع بین خون و مغز می‌باشد.

مکانیسم عبور داروها بوسیلهٔ نانوذرات از سد خونی مغزی

- – افزایش زمان باقی‌ماندن نانوذرات در عروق خونی مغزی به همراه اتصال آن‌ها به دیوارهٔ عروق. این مسئله باعث افزایش شیب غلظتی و در نتیجه افزایش عبور دارو از اندوتلیوم عروقی و ورود آن به مغز می‌گردد.
- – اثر کلی سورفکتانت‌ها که باعث افزایش حلالیت چربی‌های غشاء سلولهای اندوتلیوم عروقی شده و باعث افزایش نفوذپذیری از این غشاء می‌شود.
- – نانوذرات قادر به بازکردن اتصالات محکم بین سلولهای اندوتلیوم عروقی می‌باشند. در این حال دارو می‌تواند بصورت آزاد یا بصورت همراه با نانوذره از این اتصالات عبور کند.

مکانیسم عبور داروها بوسیلهٔ نانوذرات از سد خونی مغزی

- نانوذرات می‌توانند بوسیلهٔ آندوسیتوز وارد سلولهای آندوتلیال شوند و بدنبال آن دارو در این سلولها آزادشده و به مغز وارد می‌شود.
- –نانوذرات می‌توانند به درون لایه‌های سلولهای آندوتلیال ترانس‌سیتوز شوند.
- – پلی‌سوربات ۸۰ که برای روکش‌دار کردن نانوذرات استفاده شد قادر به مهار سیستم خارج‌کنندهٔ دارو بخصوص - P گیلکوپروتئین‌ها می‌باشد.

سایر کاربردهای نانو ذرات

کاتالیزورها

کاتالیزورها برقرار کردن تماس با مواد شیمیایی مورد نظر جهت بهبود واکنش‌دهی آنهاست. افزایش سطح ویژه یک کاتالیزور با افزایش تماس و لذا افزایش کارآیی آن متناسب است. هر دو مورد نانوذرات و مواد نانوحفره‌ای موجب افزایش فوق‌العاده سطح ویژه به ازای یک حجم ثابت از ماده و لذا بهبود کاتالیزورها می‌شوند. در واقع، کاتالیزورهایی که سال‌ها بر صنعت نفت حکفرمایی کرده‌اند، مواد نانوحفره‌ای طبیعی موسوم زئولیت‌ها هستند - هر چند نسخه‌های سنتری آنها نیز موجود است.

کاتالیزورها

- کاتالیزورهای نانوذرات به صورت انتخاب پذیر و گزینش پذیر عمل می‌کنند و سبب حذف محصولات جانبی می شوند. به این ترتیب با حذف مراحل جداسازی هزینه ها کاهش می یابند.
- به خاطر سطح ویژه بالای کاتالیزورهای نانوذرات برخوردهای موثر در فرایندهای شیمیایی افزایش می یابد و این خود سبب افزایش راندمان می شود.

مانند نانوذرات نیکل در فرآیند هیدروژنه کردن روغن های مایع

تصفیه ارزان آب

- نانوذرات آلومینا را با قطر ۲ نانومتر و طول دهها تا صدها نانومتری ساخته است. این الیاف بر اثر نیروهای الکترواستاتیک، ویروس‌ها و دیگر ذرات را به خود می‌چسبانند و لذا به این شکل می‌توانند در زیست‌فیلتراسیون مثلاً برای آلودگی‌زدایی به کار روند. این مواد با فرآیند سل‌ژل و حرارت‌دهی بعدی خلق می‌شوند. یک مزیت فیلترهای ساخته شده با این روش این است، که چون فیلتراسیون آنها فقط بر راهکار غربالگری مبتنی نیست، ذرات در بین فیلتر و نه روی سطح آن جمع شده و بنابراین کمتر با انسداد مواجه می‌شوند- این قسم فیلتر، فیلتر عمقی خوانده می‌شود.

تصفیه ارزان آب

فقط بازار فیلتراسیون غشایی (با مصارفی در خالص‌سازی آب، خالص‌سازی داروها و آنزیم‌ها، جداسازی آب و روغن، دفع پساب و دیگر مصارف فرآیندهای تولید از جمله صنعت نیمه‌هادی) صدها میلیون دلار است. شرکت Osmonics یکی از رهبران این بازار (که دیگر محصولات فیلتراسیون را نیز می‌فروشد) در ۹ ماهه اول ۲۰۰۶ ، ۹۵۰ میلیون دلار درآمد داشته است.

روکش ها و رنگ ها

روکش‌های مبتنی بر نانوذرات می‌توانند خواص مختلفی را از خود بروز می‌دهند، استحکام و مقاومت سایشی جزء خواصی هستند که بیشترین کاربرد را دارند. آنچه که در موارد کاربرد روکش‌ها اهمیت دارد، این است که روکش‌های مبتنی بر نانوذرات اغلب شفاف هستند، که این خاصیت در جایی که افزایش سختی بدون کدر شدن سطح مورد استفاده نیاز باشد کاربردهای مختلفی دارد. در حال حاضر بسیاری از چنین کاربردهایی به بازار عرضه می‌شوند.

روکش ها و رنگ ها

کاربردها: روکش های ضد خش، ضد کثیفی، ضد مه و ضد دست نوشته(کاشی ها،شیشه ها، بدنه اتومبیل ها و کشتی ها)

شرکت‌هایی روی روکش‌های دافع آب و غبار کار می‌کنند، که با استفاده از نانوذرات مصارفی در شیرها و کاشی‌های خودپاک‌کن حمام دارند. از آنجایی که بایر دغدغه آن را دارد، ممکن است به زودی کفش‌های خودپاک‌کن نیز به واقعیت مبدل شوند. BASF هم در اواخر ۲۰۰۵ یک روکش اسپری‌شونده بر پایه نانوذرات و پلیمرهای خودآراشونده‌ای را نمایش داد، که در هنگام خشک شدن به صورت یک سطح نانوساختاری اثر نیلوفر آبی را از خود بروز می‌داد. بر پایه این اثر آب روی سطح چسبندگی کمی با آن دارد و به راحتی از روی آن غلط خورده و گرد و غبار سطح را با خود می‌برد- برگ‌های نیلوفرآبی هم دارای این خاصیت هستند.

روکش های عایق حرارتی و مواد شیمیایی

- در پیل‌های خورشیدی از روکش‌های سرامیکی مبتنی بر نانوذرات برای بهبود استحکام استفاده شده است.
- تعدادی از روکش‌های سرامیکی حاوی نانوذرات ساخته شده‌اند که به طرز جالب توجهی یک کامپوزیت را به وجود می‌آورند و به خاطر خواصی چون مقاومت سایشی، مقاومت شیمیایی و عایق حرارت بودن مورد استفاده قرار می‌گیرند. یک نمونه از آن آلومینای حاوی نانوذرات کاربید سیلیکون است. استفاده از نانوذرات دی اکسید تیتانیم در رنگها موجب تأخیر ۵ تا ۶ برابری زوال رنگ آنها می‌شود. روکش‌های سرامیکی نانوبلورین حائز اصطکاک کمتر، سفتی بیشتر و مقاوم بالاتر در برابر حرارت و موادشیمیایی می‌باشند. روکش‌های عایق حرارتی هم ازمواد نانوبلوری به علت رسانش حرارتی کمتر سود می‌برند. این روکش‌ها می‌توانند فلزی یا سرامیکی باشند.

مواد ساختمانی و روکش ها

کامپوزیت‌های نانوذره‌ای سیلیکاتی پیش از این به بازار خودروها وارد شده‌اند- در سال ۲۰۰۱ هم جنرال موتورز و هم تویوتا شروع تولید محصول با این مواد را اعلام کردند. فایده آنها افزایش استحکام و کاهش وزن است که مورد آخر صرفه‌جویی در سوخت را به همراه دارد. محرک صرفه‌جویی در سوخت برای ورود مواد نانو ذرات کامپوزیتی سبک‌تر در مناطق مختلف، متفاوت است.
استفاده از روکش‌ها نیز دوام و استحکام قطعات مختلف خودرو افزایش می‌یابد

صرفه جویی انرژی حاصل از کاهش وزن (بدنه های سبکتر و محکمتر)

انتظار می‌رود با پیشرفت کامپوزیت‌ها ورود مواد قوی‌تر، سبک‌تر و مقاوم به خوردگی به درون خودروها به سرعت توسعه یابد. در هر حال با وجود این‌که کامپوزیت‌های مبتنی بر نانوذرات سیلیکاتی نسبتاً جدید و بنابراین دور از بلوغ هستند، یافتن رقیب سریعی برای این فناوری بعید به نظر می‌رسد؛ چرا که تولیدکنندگان مرسوم پلاستیک با تکیه بر چند تهیه کننده نسبتاً جدید نانوذرات همچون Clay Products پیشتر تسلط بر این فناوری را آغاز کرده‌اند.

حسگرها

- به کارگیری فناوری سنسور در صنعت خودروسازی، مخصوصاً برای نظارت و کنترل موتور بسط زیادی پیدا کرده است. در واقع محرک اقتصادی کمی برای کوچکتر کردن آنها از مقیاس میکرونی فعلی وجود دارد؛ چون وزن سنسورها در وزن کل خودرو اثر چندانی ندارد. بنابراین کاهش بیشتر اندازه منوط به کاهش قیمت است. موازنه اقتصادی مشابهی نیز بر قطعات الکترونیکی درون خودرو حاکم است، که با توسعه راهکارهای ساخت ارزان تعداد اندکی از مدارات به دلخواه طراحی شده به کمک فناوری‌هایی چون چاپ جوهرپاش[۱]، با کاهش اندازه قطعات در حال توسعه است.

[1] ink-jet printing

نیرو محرکه باتری‌ها و پیل‌های سوختی

- عمده تأثیرات بالقوه فناوری نانو در تأمین نیروی خودروها و دیگر اشکال حمل و نقل، احتمالاً در پوشش فناوری رقیب "باتری‌ها" و "پیل‌های سوختی" خواهد بود.
- تلاش برای ساخت خودروهای تجاری متکی بر نیروی الکتریکی باتری‌ها به دهه‌های پیش برمی‌گردد. گذشته از ناوگان وسایل نقلیه کوتاه‌برد، این خودروها تأثیر چندانی نداشته‌اند؛ هر چند خودروهای تلفیقی الکتریسیته و احتراق داخلی اخیراً به موفقیت تجاری دست یافته‌اند.

نیرو محرکه باتری‌ها و پیل‌های سوختی

- مشکل نیروی باتری این بوده، که این فناوری با سرسختی در مقابل بهبود توان بر واحد وزن (دانسیته توان) یا سرعت شارژ و تخلیه مقاومت می‌کرده است. اکنون فناوری نانو نویدبخش پیشرفت در این زمینه شده است.
- یک علت عمده گرایش به فناوری‌های جدید در تأمین نیروی محرکه خودروها احتمالاً اشتیاق به کاهش انتشار آلاینده در شهرهای بزرگ دنیاست، که هنوز هم آلودگی خودروها مسایل فزاینده‌ای را ایجاد می‌کند. همانطور که بیشتر ذکر شد، هر چه انرژی از شبکه نیرو- که با روشهای مرسوم همچون نیروگاههای سوخت فسیلی تأمین می‌شود- برداشت شود، معادلات اقتصادی و آلودگی روی خوشی به خودروهای صرفاً متکی بر باتری نشان نخواهند داد.

صنعت نساجی

خواص و ویژکیهایی که با استفاده از فناوری نانو در انواع لباس به وجود آمده است، بسیار مفید و منحصربه فرد است. لباس‌هایی که عموم مردم از آنها در شرایط محیطی مختلف و فعالیت‌های روزانه استفاده می‌کنند باید دارای ویژگیهای متنوعی باشند که به بررسی آنها می‌پردازیم.

الیاف نفوذ ناپذیر نسبت به روغن، آب و لک

محققان دانشگاه کلمسون از نانوذرات نقره یک پوشش مقاوم در برابر آب ساخته‌اند که می‌توان از آن برای تولید لباس‌ها و پوشاک مقاوم در برابر آلودگی و آب استفاده کرد. چنین لباس‌هایی نسبت به پارچه‌های معمولی نیاز بسیار کمتری به تمیزشدن دارند پوشش تولید شده که یک فیلم پلیمری (پلی گلیسیریل متاکریلات) مخلوط شده با نانوذرات نقره می‌باشد، می‌تواند به هر پارچه معمولی همانند ابریشم، پلی‌استر و کتان وارد شود. این پوشش با کاهش هزینهٔ بالای خشکشویی، در طولانی مدت می‌تواند باعث صرفه‌جویی در وقت و پول گردد. آنها همچنین می‌افزایند که این پوشش، سازگار با محیط زیست است.

الیاف نفوذ ناپذیر نسبت به روغن، آب و لک

در حقیقت این پوشش، خود را تمیز نمی‌کند، بلکه پارچه‌های دارای این پوشش بسیار بهتر از پارچه‌های معمولی دیگر در برابر آلودگی مقاومت می‌کنند. این پوشش همانند برگ‌های گیاه نیلوفر آبی می‌باشد که توانایی آن در تمیز ماندن از طریق دفع آب و آلودگی معروف است، در این پدیده سطح تماس با مواد آلوده کننده کاهش یافته و دفع آب و ذرات جامد به راحتی صورت می‌گیرد که نتیجه آن ضد خیس شدن و نم گرفتن و همچنین شستشوی راحت است. علاوه بر این، آلودگی روی این پارچه‌ها بسیار راحت‌تر شسته می‌شود .البته برای شستشوی آلودگی و لکه‌ها به مقداری آب نیاز است، ولی شست‌وشو سریع‌تر بوده و تعداد دفعات شست‌وشو کاهش می‌یابد.