



پیشگفتار.....	۹
فصل ۱: نانوتکنولوژی.....	۱۱
۱-۱ مقدمه.....	۱۱
۱-۲ شاخه‌های فناوری نانو.....	۱۳
۱-۳ تفاوت فناوری نانو با فناوری دیگر.....	۱۴
۱-۴ روش‌های ساخت در فناوری نانو.....	۱۷
۱-۵ خود آرایی.....	۱۸
۱-۶ مشاهده مولکول‌ها با استفاده از میکروسکوپ.....	۲۳
۱-۷ لیتوگرافی.....	۲۷
۱-۸ اهمیت نانوتکنولوژی.....	۲۹
منابع.....	۳۰
فصل ۲: ساختارهای زیستی و نانوبیوتکنولوژی.....	۳۳
۲-۱ ماشین‌های مولکولی.....	۳۳
۲-۲ نانوبیوتکنولوژی.....	۳۸
۲-۳ خاصیت خودتمیزشوندگی و سطوح خود تمیز شونده.....	۴۱
۲-۴ تولید سطوح ابر آبگریز با استفاده از نانو تمشک.....	۴۳
منابع.....	۴۵
فصل ۳: نانوبیوتکنولوژی و میکروبیولوژی.....	۴۷
۳-۱ پردازنده‌های نانو بیو.....	۴۷
۳-۲ استفاده از باکتری‌ها در نانو بیوتکنولوژی.....	۴۸
۳-۳ باکتری‌ورودوپسین و نانوبیوتکنولوژی.....	۶۷
منابع.....	۷۱

فصل ۴: نانو ماشین ها و نانوموتورهای زیستی..... ۷۳

- ۴-۱ فناوری نانومولکولی؛ به سوی ماشین ها و موتورهای مولکولی مصنوعی..... ۷۴
- ۴-۲ خواص ماشین ها و موتورهای مولکولی..... ۷۵
- ۴-۳ گریزی بر نانوماشین های زیستی..... ۷۵
- برای مطالعه بیشتر..... ۷۵
- ۴-۴ موتورهای زیست مولکولی..... ۷۶
- ۴-۵ ماشین های مولکولی پیشرفته..... ۸۵
- ۴-۶ چگونه می توان یک نانو ماشین ساخت؟..... ۸۸
- ۴-۷ طراحی حرکت سیستم های نانوبیوماشینی..... ۸۹
- ۴-۸ جداسازی سلول های سرطانی با نانوماشین زیستی..... ۹۰
- ۴-۹ تصویربرداری از نانو ماشین های زیستی با هدف تولید آنتی بیوتیک ها..... ۹۱
- منابع..... ۹۳

فصل ۵: نانو فیلترهای زیستی..... ۹۵

- ۵-۱ نانو حفره ها..... ۹۶
- ۵-۲ نانوفیلترهای بیولوژیکی..... ۱۱۴
- منابع..... ۱۱۴

فصل ۶: DNA نانو تکنولوژی..... ۱۱۵

- ۶-۱ مقدمه..... ۱۱۵
- ۶-۲ DNA به عنوان ماده ی ساختمانی..... ۱۱۶
- ۶-۳ پیش زمینه ی نظری..... ۱۱۸
- ۶-۴ توالی های DNA خواص مشترکی دارند..... ۱۱۹
- ۶-۵ تحقیقات و کاربردهای فعلی..... ۱۱۹
- ۶-۶ چالش ها و فرصت ها..... ۱۲۰
- ۶-۷ جهت گیری آینده..... ۱۲۱
- منابع..... ۱۲۱

فصل ۷: حسگرهای زیستی نانو..... ۱۲۳

- ۷-۱ بیوسنسور (حسگر زیستی)..... ۱۲۴
- ۷-۲ روش های آزمایشگاهی..... ۱۲۴
- ۷-۳ کیت های آزمایشگاهی..... ۱۲۵

۷-۴ سنسورها.....	۱۲۵
۷-۵ بیوسنسورهای مبتنی بر میکروارگانیسم‌ها.....	۱۲۷
۷-۶ توسعه سریع حسگرها برای آشکارسازی سلاح‌های کشتار جمعی.....	۱۲۸
۷-۷ آنتی‌بادی‌ها.....	۱۲۹
۷-۸ ساخت یک آپتوحسگر آمپرومتریک برای تعیین میزان باقیمانده آنتی بیوتیک در شیر.....	۱۳۰
منابع.....	۱۳۳
فصل ۸: نانوبیوتکنولوژی و چالش‌های سیستم دارورسانی در مسیر درمان سرطان.....	۱۳۵
۸-۱ نانوبیوتکنولوژی و نانوذرات.....	۱۳۵
۸-۲ طبقه‌بندی نانوذرات.....	۱۳۶
۸-۳ مزایای استفاده از نانوذرات.....	۱۴۳
۸-۴ نانوبیوتکنولوژی در پزشکی.....	۱۴۳
۸-۵ درمان سرطان با استفاده از نانوبیوتکنولوژی.....	۱۵۰
۸-۶ مروری بر مطالعات انجام شده در حوزه نانوتکنولوژی و سرطان.....	۱۵۸
۸-۷ نتیجه‌گیری و آینده نگری.....	۱۶۲
منابع.....	۱۶۲
واژه‌یاب.....	۱۶۷

تقدیم

ماحصل آموخته‌هایم را تقدیم می‌کنم به آنان که مهر آسمانی‌شان آرام بخش آلام
زمینی‌ام است

به استوارترین تکیه‌گاهم، دستان پرمهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان سبز مادرم

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره‌ای از دریای
بی‌کران مهربانیتان را سپاس نتوانم بگویم.

امروز هستی‌ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشت‌م رضای شما

زه آوردی گران‌سنگ‌تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم، باشد که
حاصل تلاشم نسیم گونه غبار خستگی‌تان را بزدايد.

و در انتها، تقدیم به

برادران و خواهرانم؛ همسفران مهربان زندگیم، که با هم آغاز کردیم، در کنار هم
آموختیم و به امید هم به آینده چشم می‌دوزیم. قلبم لبریز از عشق به شماست و
خوشبختی‌تان منتهای آرزویم.

بوسه بر دستان پرمهرتان

نانوبیوتکنولوژی یک حوزه نوین ناشی از تلفیق علوم زیستی و مهندسی در حوزه نانو است که افق‌های جدیدی را در زمینه ساخت و توسعه سامانه‌های تلفیقی به وجود آورده و محققان را امیدوار کرده است که بتوانند از این تلفیق، در ساخت نانو ساختارهایی استفاده کنند که در آن‌ها از مولکول‌های زیستی به عنوان اجزای سامانه مورد نظر استفاده شود. این علم در واقع کاربرد علم نانوفناوری در علوم مربوط به زیست بوده و شامل دو دستاورد مهم می‌باشد، یکی از آن‌ها کاربرد ابزار در مقیاس نانو است که می‌تواند در سامانه‌های زیستی به کار رود و دیگری به کارگیری سامانه‌های زیستی به عنوان الگوی گسترش محصول‌های در مقیاس نانو می‌باشد. مهندسی سلولی و زیر ساخت‌های آن، مهندسی در سطوح ملکولی مانند مهندسی پروتئین، DNA و یا سایر بیومولکول‌ها در مقیاس نانو در حوزه این علم است. تنها تفاوتی که بین نانوزیست فناوری و زیست فناوری وجود دارد این است که طراحی و ساخت در مقیاس نانو جزء لاینفک پروژه‌های نانوزیست فناوری است در حالی که در زیست فناوری، نیازی به فهم و طراحی در مقیاس نانو نیست. تحقیقات گسترده و سرمایه‌گذاری‌های جهانی در ساخت سیستم‌ها، فرایندها یا فراورده‌های ریز، نشان دهنده رویکرد جدید محققین علوم و صنایع زیستی، صاحبان سرمایه و دولت‌هایی همچون آمریکا، ژاپن، روسیه و کشورهای اروپایی به نانوبیوتکنولوژی است. اجزای سازنده بدن از مولکول‌هایی چون پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، لیپیدها و کربوهیدرات‌ها با خواص منحصر به فرد تشکیل شده است. اعمال فیزیکیوشیمیایی داخل سلول‌ها و اجزای بدن در مقیاس نانو، کنترل و هدایت می‌شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تحقیقات در بخش نانوبیوتکنولوژی تاثیرات زیادی در حوزه‌های پزشکی، داروسازی، ژنتیک مولکولی و بیوتکنولوژی داشته و خواهد داشت. با توجه به کاربردهای گسترده و ارزشمند نانوزیست فناوری

در حوزه‌های مختلف زندگی بشری، تربیت نیروی انسانی متخصص در این زمینه بسیار ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، هدف اصلی از راه اندازی این رشته، تربیت متخصصانی است که بتوانند در امور پژوهش و آموزش در راستای نقشه جامع علمی کشور و در جهت بر طرف کردن نیازهای کشور در زمینه نانوزیست فناوری فعالیت کنند. دانش آموختگان این رشته در زمینه‌های زیر مهارت داشته و می‌توانند به رفع نیازهای آموزشی و پژوهشی در موسسه‌های پژوهشی و تولیدی، فعالیت در صنایع مرتبط با پزشکی، داروسازی، صنایع غذایی و محیط زیست در قالب شرکت‌های خصوصی، دولتی و یا دانش بنیان مستقر در مراکز رشد و پارک‌های علم و فناوری بپردازند.

زمستان ۱۴۰۰

نانوتکنولوژی

۱-۱ مقدمه

در طول تاریخ بشر از زمان یونان باستان، مردم و به‌خصوص دانشمندان آن دوره بر این باور بودند که مواد را می‌توان آنقدر به اجزاء کوچک تقسیم کرد تا به ذراتی رسید که خردناشدنی هستند و این ذرات بنیان مواد را تشکیل می‌دهند، شاید بتوان دموکریتوس فیلسوف یونانی را پدر فناوری و علوم نانو دانست چرا که در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح او اولین کسی بود که واژه اتم را که به معنی تقسیم‌نشدنی در زبان یونانی است برای توصیف ذرات سازنده مواد به کار برد. با تحقیقات و آزمایش‌های بسیار، دانشمندان تاکنون ۱۰۸ نوع اتم و تعداد زیادی ایزوتوپ کشف کرده‌اند. آن‌ها همچنین پی برده‌اند که اتم‌ها از ذرات کوچکتری مانند کوارک‌ها و لپتون‌ها تشکیل شده‌اند. با این حال این کشف‌ها در تاریخ پیدایش این فناوری پیچیده زیاد مهم نیست. انسان از دیرباز به طور غیر مستقیم تا حدودی به خاصیت ذرات ریز پی برده بود. به عنوان مثال، افزودن طلا و نقره به خمیر ظروف چینی یا سفالی و تاثیر آن در ایجاد خاصیت رنگ چند گانه در این ظروف، از حدود قرن چهارم میلادی برای انسان شناخته شده بوده است. جام مشهور لیکر گوس از جمله این ظروف می‌باشد که در نور غیر مستقیم برنگ سبز و در نور مستقیم خورشید نقوش برجسته آن بر رنگ قرمز و بدنه‌ی آن تقریباً شفاف دیده می‌شود. از نگاه لغوی، کلمه نانو به معنای یک میلیاردم است و در اصل از یک واژه یونانی به معنای کوتوله گرفته شده است. نانوذرات را می‌توان به صورت ذرات کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر تعریف کرد که خواص وابسته به اندازه جدید یا تقویت شده با ذرات بزرگتر را نشان می‌دهند. نانوذرات در جهان طبیعی به طور گسترده وجود دارند. (مثال، محصولات فتوشیمیایی و فعالیت آتشفشانی) دانشمندان قرن‌ها در مطالعه و کار با نانوذرات بوده‌اند، اما از آن جا که نمی‌توانستند ساختار نانوذرات

را مشاهده کنند، استفاده لازم را نمی‌توانستند از نانوذرات کنند تا اینکه میکروسکوپها توسعه یافتند: دانشمندان توانستند با استفاده از میکروسکوپهایی که ذرات اتم را به نمایش می‌گذارند، عملکرد ذرات را در واحد اتمی ببینند. فناوری نانو واژه‌ای است کلی، که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود. معمولاً منظور از مقیاس نانو ابعادی در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد (۱ نانومتر یک میلیاردیم متر است). فناوری نانو یا نانوتکنولوژی رشته‌ای از دانش کاربردی و فناوری است که جستارهای گسترده‌ای را پوشش می‌دهد. موضوع اصلی آن نیز مهار ماده یا دستگاه‌های در ابعاد کمتر از یک میکرومتر، معمولاً حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. در واقع نانو تکنولوژی فهم و به کارگیری خواص جدیدی از مواد و سیستم‌هایی در این ابعاد است که اثرات فیزیکی جدیدی - عمدتاً متأثر از غلبه خواص کوانتومی بر خواص کلاسیک - از خود نشان می‌دهند. نانوفناوری یک دانش به شدت میان رشته‌ای است و به رشته‌هایی چون مهندسی مواد، پزشکی، داروسازی و طراحی دارو، دامپزشکی، زیست شناسی، فیزیک کاربردی، ابزارهای نیم رسانا، شیمی ابرمولکول و حتی مهندسی مکانیک، مهندسی برق و مهندسی شیمی نیز مربوط می‌شود. تحلیل گران بر این باورند که فناوری نانو، فناوری زیستی (Biotechnology) و فناوری اطلاعات (IT) سه قلمرو علمی هستند که انقلاب سوم صنعتی را شکل می‌دهند. نانو تکنولوژی می‌تواند به عنوان ادامه دانش کنونی به ابعاد نانو یا طرح ریزی دانش کنونی بر پایه‌هایی جدیدتر و امروزی‌تر باشد. نقطه شروع و توسعه اولیه فناوری نانو به طور دقیق مشخص نیست. شاید بتوان گفت که اولین نانوتکنولوژیست‌ها شیشه‌گران قرون وسطایی بوده‌اند که از قالب‌های قدیمی (Medieval forges) برای شکل دادن شیشه‌هایشان استفاده می‌کرده‌اند. البته این شیشه‌گران نمی‌دانستند که چرا با اضافه کردن طلا به شیشه رنگ آن تغییر می‌کند. در آن زمان برای ساخت شیشه‌های کلیساهای قرون وسطایی از ذرات نانومتری طلا استفاده می‌شده است و با این کار شیشه‌های رنگی بسیار جذابی بدست می‌آمده است. این قبیل شیشه‌ها هم اکنون در بین شیشه‌های بسیار قدیمی یافت می‌شوند. رنگ به وجود آمده در این شیشه‌ها بر پایه این حقیقت استوار است که مواد با ابعاد نانو دارای همان خواص مواد با ابعاد میکرو نمی‌باشند. در واقع یافتن مثال‌هایی برای استفاده از نانو ذرات فلزی چندان سخت نیست. فناوری نانو، توانمندی تولید مواد، ابزار و سیستم‌های جدید با درست گرفتن کنترل در سطوح مولکولی و اتمی و استفاده از خواص آنها است که در آن سطوح ظاهر می‌شود. فناوری نانو یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته‌هاست. فناری نانو فناوری است که بر پایه دستکاری تک تک اتم‌ها و مولکول‌ها استوار است، بدین منظور که بتوان ساختاری پیچیده را با خصوصیات اتمی تولید کرد. برخی اهداف فناوری نانو را می‌توان به شکل زیر تشریح کرد:

۱. توسعه فناوری و تحقیقات در سطوح اتمی، مولکولی و یا ماکرو مولکولی در مقیاس اندازه‌های ۱ تا ۱۰۰ نانومتر.
۲. خلق و استفاده از ساختارها، ابزار و سیستم‌هایی که به خاطر اندازه کوچک آنها، خواص و عملکرد جدیدی دارند.
۳. توانایی کنترل یا دستکاری در سطوح اتمی.

۱-۲ شاخه های فناوری نانو

فناوری نانو منحصر به یک رشته خاص نیست، بلکه رشته های میان رشته ای است، یعنی به علوم مختلف وابسته است و با استفاده از پیشرفت های علوم مختلف می توان به پیشرفت های فناوری نانو دست یافت. بنابراین کاربردهای متفاوتی را می توان برای این فناوری متصور شد. مانند کاربردهای الکترونیکی پزشکی، زیستی و... که از نظر رشته ای ارتباط خاصی با یکدیگر ندارند. لذا ممکن است فناوری نانو رشته ای کاملاً گسسته به نظر آید که موضوعات آن هیچ ارتباطی با هم ندارند.

برخی محققین فناوری نانو، این حوزه را به سه رشته تقسیم بندی می کنند که عبارتند از:

- نانو فناوری مرطوب
- نانو فناوری خشک
- نانو فناوری محاسباتی

۱-۲-۱ نانو فناوری مرطوب

این شاخه به مطالعه سیستم های زنده ای می پردازد که اساساً در محیط های آبی وجود دارند. در این شاخه ساختمان مواد ژنتیکی، غشاءها و سایر ترکیبات سلولی در مقیاس نانو متر مورد مطالعه قرار می گیرند. پژوهشگران موفق شده اند ساختارهای زیستی فراوانی تولید کنند که بتوان نحوه عملکرد آنها را در مقیاس نانویی کنترل کرد. این شاخه در برگیرنده علوم پزشکی، دارویی و به طور کلی علوم و روش های مرتبط با زیست فناوری است.

۱-۲-۲ نانو فناوری خشک

این شاخه از علوم پایه مانند شیمی و فیزیک مشتق می شود و به مطالعه ساختارهای مواد از قبیل کربن، سیلیکون و مواد غیر آلی و فلزی می پردازد. نکته قابل توجه این است که الکترون های آزاد که در فناوری مرطوب موجب انتقال مواد و انجام واکنش ها می شوند، در فناوری خشک خصوصیات فیزیکی ماده را پدید می آورند. در نانو فناوری خشک کاربرد مواد نانویی در الکترونیک، مغناطیس و ابزارهای نوری مورد مطالعه قرار می گیرد. برای مثال طراحی و ساختن میکروسکوپ هایی که بتوان با استفاده از آنها مواد را در ابعاد نانو متر مورد مطالعه قرار داد.

۱-۲-۳ نانوفناوری محاسباتی

در بسیاری از مواقع ابزار آزمایشگاهی موجود برای انجام برخی از آزمایش های نانومتریک مناسب نیستند و لذا در مواردی چنین، از رایانه ها برای شبیه سازی فرآیندها و واکنش های اتم ها و مولکول ها استفاده می شود. شناختی که به وسیله محاسبه به دست می آید، باعث می شود که زمان لازم برای پیشرفت نانو فناوری خشک بطور محسوسی کاهش یابد و البته تاثیر مهمی در نانو فناوری مرطوب نیز خواهد داشت.

۱-۳ تفاوت فناوری نانو با فناوری دیگر

در فناوری نانو تنها کوچک بودن اندازه مد نظر نیست بلکه زمانی که اندازه مواد در این مقیاس قرار می‌گیرد، خصوصیات ذاتی آنها از جمله رنگ، استحکام، مقاومت در برابر خوردگی و... تغییر می‌یابد. در واقع اگر بخواهیم تفاوت این فناوری را با فناوری‌های دیگر بیان نماییم، می‌توانیم وجود "عناصر پایه" را به عنوان یک معیار ذکر کنیم.

عناصر پایه در حقیقت همان عناصر نانو مقیاسی هستند که خواص آنها در حالت نانو مقیاس با خواص شان در مقیاس بزرگتر فرق می‌کند.

۱-۳-۱ عناصر پایه

نانو ذرات

اولین و مهمترین عنصر پایه، نانو ذره است. منظور از نانو ذره، ذراتی با ابعادی در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانو متر و در هر سه بعد می‌باشد. نانو ذرات می‌توانند از مواد مختلفی تشکیل شوند، مانند نانو ذرات فلزی، سرامیکی و...

نانو لوله‌های کربنی

این عنصر پایه در سال ۱۹۹۱ توسط دانشمندان ژاپنی کشف شد و در حقیقت لوله‌هایی از جنس گرافیت می‌باشند. این نانو لوله‌ها دارای اشکال و اندازه‌های مختلفی هستند و می‌توانند تک دیواره یا چند دیواره باشند. این لوله خواص بسیار جالبی دارند که منجر با ایجاد کاربردهای قابل توجهی از آن‌ها می‌شوند.

نانو کیسول‌ها

سومین عنصر پایه، نانو کیسول است. همان طوری که از اسم آن مشخص است، کیسول‌هایی هستند که قطر نانومتری دارند و می‌توان مواد مورد نظر را درون آن‌ها قرار داد و کیسوله کرد.

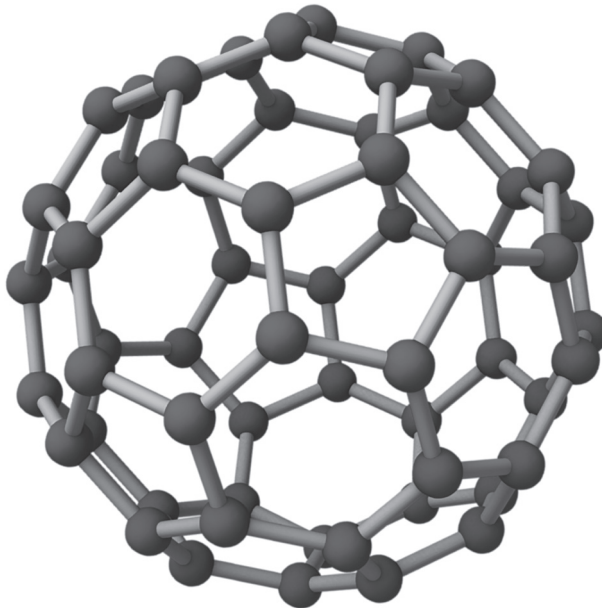
۱-۳-۲ تقسیم‌بندی نانو مواد

نانو مواد صفر بعدی

در تعاریف متداول، برای نقطه، بعدی در نظر نمی‌گیرند؛ زیرا طول و پهنا و ضخامت ندارد. در مورد یک نانو ماده نیز در صورتی که بتوان آن را درون مکعب قرار داد، به نوعی که تمام ابعاد ماده اندازه‌ی کمتر از ۱۰۰ نانو متر داشته باشد، آن را نانو ماده صفر بعدی می‌نامیم. این نانو مواد به شکل‌های مختلفی همچون کروی، خوشه‌ای نامنظم و کیسولی وجود دارند. از نانو مواد صفر بعدی می‌توان فولرن‌ها، نانوپودرها، درخت‌سان‌ها (دندریمرها) و نانو نقاط کوانتومی (کوانتوم دات‌ها) را نام برد.

الف. فولرن

فولرن یکی از دگرشکل‌های مصنوعی عنصر کربن است که از گرما دادن به گرافیت ساخته می‌شود. به جهت شباهت شکل آن به توپ فوتبال، به آن باکی بال (BuckyBall) نیز می‌گویند. فولرن خود انواع گوناگون و متعددی دارد و می‌تواند به صورت کره، بیضی‌گون، یا استوانه باشد. "کروتو" و "کرل" را به عنوان کاشفان فولرن می‌شناسند. در سال ۱۹۹۰ ولفگانگ و دانوالد هافمن و همکارانش توصیفی از نخستین روش عملی C60 ارائه دادند. واژه فولرن از نام "باکمینستر فولر" که طراح گنبد‌های ژئودزیک بود گرفته شده است. اشکال کروی حاوی ۲۸ اتم تا بیش از ۱۰۰ اتم کربن هستند. دسته‌ای از مواد هستند که خواص فیزیکی منحصر به فردی را ارائه می‌کنند. این دسته از مواد می‌توانند در حین فشار تغییر شکل داده و پس از برداشتن فشار، به شکل اصلی خود برگردند. این مولکول‌ها با هم ترکیب نمی‌شوند در نتیجه پتانسیل بالایی در کاربرد آنها به عنوان روان کننده در صنایع وجود دارد. این مواد می‌توانند به انتقال مواد دارویی در مدار الکترونیکی کمک کنند.



شکل ۱ تصویر شماتیک از یک فولرنس

ب. نانو پودر

پودرها ذرات ریزی هستند که از خرد کردن قطعات جامد و بزرگ، یا تهنشین شدن ذرات جامد معلق در محلول‌ها به دست می‌آیند. بنابراین، نانو پودرها را می‌توان مجموعه‌ای از ذرات دانست که اندازه‌ی آنها کمتر از ۱۰۰ نانومتر است. (اگر یک متر را یک میلیارد قسمت کنیم، به یک نانومتر می‌رسیم. طبق تعریف، ساختار نانومتری ساختاری است که اندازه‌ی آن کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد).