بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی شیمی

شبیه سازی تولید و طراحی اندازه نانومواد با فرآیند ذرات از محلول فوق بحرانی اشباع گازی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی پیشرفته

فاطمه احمدی فرسنگی

اساتید راهنما
دکتر سیدمحمد قریشی
دکتر مهدی پورمدنی

۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی پیشرفته

تحت عنوان

شبیه سازی تولید و طراحی اندازه نانومواد با فرآیند ذرات از محلول فوق بحرانی اشباع گازی

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر سید محمد قریشی

۲- استاد راهنمای پایان نامه دکتر مهدی پورمدنی

۳- استاد مشاور پایان نامه دکتر علی اکبر دادخواه

۴- استاد داور دکتر مسعود حق شناس فرد

۵- استاد داور دکتر مهرداد علی بوری

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده دکتر حمید زیلویی

مَنْ لَمْ یَشْکُرِ الْمَخْلوق لَمْ یَشْکُرِ الْخالِق

- سپاس و ستایش خداوندی که لایتناهی بودنش را در لایتناهی بودن نعمتهایش می توان نظاره کرد. خداوند را سپاسگزارم به شکرانه الطافش و به درگاهش شکر می گزارم به واسطه تمامی داشته ها و نداشته هایم.
- می ستایم حمایت خانواده ام را که تا رسیدن به این مرحله همواره مشوقم بوده اند و جز با مهر و عطوفت با من رفتار نکرده اند و بوسه می زنم بر دستان پدر و مادرم که همواره موجب دلگرمی ام بوده اند.
- از زحمات بی‌دریغ، تلاش‌های بی‌وقفه و راهنمایی‌های ارزشمند استاد گرامی جناب آقای **دکتر سید محمد قریشی** جهت انجام این پروژه تشکر و قدردانی نمایم. استادی که تنها مدرس نبود، بلکه با رفتار دل انگیز و منش انسانی خود برایم چون قهرمانی افسانه ای الگو شده است.
- از زحمات و راهنمایی های ارزشمند آقایان دکتر مهدی پورمدنی و دکتر علی اکبر دادخواه کمال تشکر را دارم.
- از حمایتها و الطاف بی دریغ جناب آقای مهندس حیدری مدیرعامل محترم نیروگاه حرارتی زرند، کمال تشکر را دارم و تاثیر حمایت، محبت و راهنمائیشان را چون گوهری شب چراغ در زندگی خود هویدا می بینم.
- از دلگرمی ها و محبتهای دوستان عزیزم سرکار خانم مهندس صمدی و مهندس علیزاده کمال تشکر را دارم و امیدوارم همواره در تمامی مراحل زندگیشان چون امروز موفق باشند.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به پدر و مادر و برادر عزیزم

به پاس همه خوبیها و ازخودگذشتگی شان که شکوه بودن است و تعبیر زیبا و دلفریب ایثار
به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان
که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است
به پاس وجود گرانقدرشان که به استظهار آن سرگردانی و ترس به شجاعت می گراید
به پاس محبتهای بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند
و به پاس پروراندن فکر و اندیشه ام در باغ دانائیشان
این پایان نامه را به پدر و مادر و برادر عزیزم که بودنشان همه مهر است و صفا تقدیم می کنم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت
چکیده ۱
فصل اول: مقدمه
فصل دوم: گذری بر نانوتکنولوژی و نانومواد
۲-۱-مقدمه ۹
۲-۲-تاریخچه نانوتکنولوژی ۶
۲-۳-مفهوم نانوتکنولوژی ۷
۲-۴-کاربردهای نانوتکنولوژی ۷
۲-۵-دسته بندی نانومواد ۱۱
۲-۶-تولیدنانوذرات ۱۴
۲-۷-کاربردنانوذرات ۱۵
۲-۸-محصولات تولیدی با استفاده از فناوری نانو ۲۰
فصل سوم: سیال فوق بحرانی
۳-۱-تاریخچه ۲۴
۳-۲-مفهوم سیال فوق بحرانی ۲۵
۳-۳-کاربرد سیالات فوق بحرانی در صنایع ۲۶
۳-۴-پرکاربردترین سیال فوق بحرانی ۳۰
۳-۵-دانسیته سیالات فوق بحرانی ۳۰
۳-۶-گرانروی سیالات فوق بحرانی ۳۱
۳-۷-نفوذپذیری در سیالات فوق بحرانی ۳۲
فصل چهارم: روش های تولید نانوذرات بر پایه سیال فوق بحرانی
۴-۱-مقدمه ۳۳
۴-۲-فرآیند انبساط سریع محلول فوق بحرانی(RESS) ۳۴
۴-۳-فرآیند ضدحلال فوق بحرانی(SAS) ۳۵
۴-۴-فرآیند محلول اشباع گازی(PGSS) ۳۷
۴-۵-فرآیند کاهش فشار محلول آلی مایع منبسط شده(DELOS) ۳۸

فصل پنجم: فرآیند ذرات از محلول اشباع گازی
۵-۱-شناخت فرآیند ذرات از محلول اشباع گازی ۴۱
۵-۲-کاربرد فرآیند ذرات از محلول اشباع گازی ۴۲
۵-۳-تجهیزات فرآیند ذرات از محلول اشباع گازی ۴۴
فصل ششم: تولید و رشد ذرات
۶-۱-مفهوم هسته زایی ۴۸
۶-۲-روش های هسته زایی و تولید ذرات در فرآیند ذرات حاصل از محلول فوق بحرانی اشباع گازی ۵۰
۶-۳-کریستالیزاسیون از طریق فوق خنک سازی ۵۰
۶-۴-کریستالیزاسیون از طریق فوق اشباع سازی ۵۳
۶-۵-محاسبه متغیرهای نهایی ناشی از کریستالیزاسیون ۵۹
۶-۶-اتمیزاسیون ۵۹
فصل هفتم: مدلسازی ریاضی
۷-۱-فرضیات مدل ۶۲
۷-۲-ارائه روابط حاکم بر سیال در نازل ۶۴
۷-۳-ارائه معادله حالت مناسب ۷۲
۷-۴-انتخاب معادله حالت مناسب ۷۶
۷-۵-محاسبه مشتقات جزئی مورد نیاز ۷۶
۷-۶-محاسبه ظرفیت های گرمایی ویژه ۷۷
۷-۷-روش محاسبه عدد ماخ ۷۹
۷-۸-محاسبه در لوله موئینه ۸۰
۷-۹-متغیرها ۸۰
۷-۱۰-حل مدل ۸۰
۷-۱۱-انجام محاسبات مربوط به تشکیل ذره ۸۶
فصل هشتم: برنامه کامپیوتری مدل
فصل نهم: نتایج و بحث
۹-۱-نتایج برای یک مورد خاص ۹۱
۹-۲-بررسی صحت مدل ۹۸
۹-۳-بحث و بررسی اثر پارامترها روی اندازه ذرات ۱۰۵

۹-۴-نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۱۱
مراجع ۱۱۲

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ زمینه های مختلف کاربرد نانوذرات در صنعت..... ۱۶
جدول۳-۱ خواص بحرانی مواد پرکاربرد در فرآیندهای سیال فوق بحرانی..... ۲۶
جدول۴-۱ مقایسه انواع فرآیندهای تولید نانوذرات بر پایه سیال فوق بحرانی ۴۰
جدول ۵-۱ گزارشاتی از تولید مواد توسط فرآیند محلول اشباع گازی..... ۴۳
جدول ۷-۱ ضرایب معادله حالت بندر..... ۷۵
جدول ۹-۱ نتایج مدل و آزمایشات نیفدیپین ۱۰۳
جدول ۹-۲ محاسبه خطا در هر آزمایش..... ۱۰۴

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ شمایی از یک نانو خوشه ۱۲
شکل ۲-۲ شمایی از یک نانولوله ۱۳
شکل ۲-۳ دسته بندی فرآیندهای تولید نانوذرات ۱۵
شکل۳-۱ شمایی از دیاگرام فازی ۲۵
شکل۳-۲ دیاگرام فازی دی اکسید کربن ۳۱
شکل ۳-۳ گرانروی دی اکسید کربن در دماها و فشارهای مختلف ۳۲
شکل۴-۱ شمایی از فرآیند انبساط سریع محلول فوق بحرانی ۳۴
شکل۴-۲ شمایی از فرآیند ناپیوسته آنتی حلال فوق بحرانی ۳۵
شکل۴-۳ شمایی از فرآیند پیوسته ضد حلال فوق بحرانی ۳۶
شکل ۴-۴ شمایی از تولید ذره از طریق فرآیند محلول اشباع ۳۷
شکل۴-۵ شمایی از فرآیند DELOS ۳۹
شکل ۵-۱ شمایی از تولید ذره از طریق فرآیند محلول اشباع گازی ۴۲
شکل ۵-۲ شماتیک فرآیندPGSS ۴۴
شکل ۵-۳ تصویر واحد PGSS ۴۵
شکل ۵-۴ نمونه ای از استاتیک میکسر مورد استفاده در فرآیند PGSS ۴۵
شکل ۵-۵ شمایی از دو مدل میکرونازل ۴۶
شکل ۶-۱ شماتیک تقسیم بندی هسته زایی ۴۸
شکل ۷-۱ شمایی از نوعی نازل مورد استفاده در فرآیند PGSS ۶۱
شکل ۷-۲ شمایی از دو فاز تشکیل شده در فرآیند ۶۲
شکل ۷-۳ شمایی از الگوی حباب های پخش شده برای جریان دو فازی در نازل ۶۳
شکل ۸-۱ الگوریتم برنامه کامپیوتری مدل ۹۰
شکل ۹-۱ تغییرات فشار بدون بعد در طول نازل بر اساس مدل ۹۲
شکل ۹-۲ تغییرات دانسیته مولی بدون بعد در طول نازل بر اساس مدل ۹۳
شکل ۹-۳ تغییرات دمای بدون بعد در طول نازل بر اساس مدل ۹۴
شکل ۹-۴ تغییرات سرعت بدون بعد در طول نازل بر اساس مدل ۹۵
شکل ۹-۵ تغییرات عدد ماخ در طول نازل بر اساس مدل ۹۶
شکل ۹-۶ توزیع سایز ذرات حاصل از فرآیند ۹۷
شکل ۹-۷ توزیع سایز ذرات حاصل از فرآیند PGSS برای شرایط خاص ۹۸

شکل ۹-۸ برخی اشکال خوراکی داروی نیفدیپین ۹۹

شکل۹-۹ شماتیک شکل مولکولی نیفدیپین ۱۰۰
شکل ۹-۱۰ تجهیز آزمایشگاهی جهت ریزسازی با فرآیند PGSS ۱۰۱

شکل ۹-۱۱ مورفولوژی های ممکن جهت ذرات تولیدشده در فرآیندPGSS ۱۰۲
شکل ۹-۱۲ توزیع سایز ذرات بر حسب دماهای مختلف قبل از انبساط بر اساس مدل ۱۰۵
شکل ۹-۱۳ میانگین قطر ذرات بر حسب دماهای مختلف قبل از انبساط بر اساس مدل ۱۰۵
شکل ۹-۱۴ تاثیر دما بر سایز ذره در روشPGSS ۱۰۶
شکل ۹-۱۵ توزیع سایز ذرات بر حسب فشارهای مختلف قبل از انبساط بر اساس مدل ۱۰۷
شکل ۹-۱۶ میانگین قطر ذرات بر حسب فشارهای مختلف قبل از انبساط بر اساس مدل ۱۰۷
شکل ۹-۱۷ تاثیر دما بر سایز ذره در روشPGSS ۱۰۸
شکل ۹-۱۸ توزیع سایز ذرات بر حسب شارهای حرارتی مختلف بر اساس مدل ۱۰۹
شکل ۹-۱۹ میانگین قطر ذرات بر حسب شارهای حرارتی مختلف بر اساس مدل ۱۰۹
شکل ۹-۲۰ توزیع سایز ذرات بر حسب قطرهای مختلف نازل بر اساس مدل ۱۱۰
شکل ۹-۲۱ میانگین قطر ذرات بر حسب قطرهای مختلف نازل بر اساس مدل ۱۱۰

چکیده

یکی از روشهای تولید نانوذرات، فرآیند ذرات حاصل از محلول اشباع گازی است. این روش بدلیل مزایای متعدد از جمله: تولید ذرات بسیار ریز با اندازه یکسان، توزیع اندازه باریک، قابلیت کنترل اندازه ذرات با تغییر شرایط فرآیند، تولید ذرات با خلوص بالا و عاری از حلال، روشی منحصر بفرد برای تولید ذرات می باشد. از بین انواع روشهای موجود برای تولید نانوذرات به کمک سیالات فوق بحرانی، با توجه به اینکه فرآیند ذرات حاصل از محلول اشباع گازی، دارای مزایایی نسبت به سایر روشها می باشد، برای مدلسازی انتخاب شده است. از مزایای مهم این فرآیند در مقایسه با سایر روشها نیاز آن به فشار پایین، مصرف پایین تر گاز به دلیل نسبت های کمتر گاز در مایع و توانایی تشکیل ذرات بدون نیاز به حلال است. از دیگر مزایای این فرآیند، توانایی تشکیل نانوکامپوزیت ها یا نانوذرات دارویی کپسوله شده است. اهداف عمده از انجام این پایان نامه تدوین مدلسازی جامع برای فرآیند فوق الذکر، اثبات مدل از طریق مقایسه با نتایج آزمایشگاهی، شناخت پارامترهای مؤثر، مطالعه نحوه اثر پارامترهای مذکور بر اندازه ذرات، بررسی سیستم در شرایط طراحی و کارکردی که در حال حاضر داده های آزمایشگاهی وجود ندارد و متعاقبا ارائه شرایط بهینه در راستای دستیابی به اندازه نانوذرات جدید می باشد. در پایان نامه با مقایسه نتایج مدل، با یک مورد آزمایشگاهی خاص(داروی نیفدیپین) صحت مدل ارزیابی می گردد، که با توجه به شرایط مختلف ورودی که به برنامه مدل اعمال می گردد، نتایج حاصل میزان خطای نسبی در محدوده ٪۳۰-۱ را نشان می دهد. با توجه به اینکه در حال حاضر مدلی با خطای کمتر در دسترس نمی باشد، می توان از نتایج حاصل از این مدل جهت بررسی اثرات پارامترهای مستقل بر قطر میانگین ذرات استفاده نمود و نیز با استفاده از این مدل می توان نحوه تاثیر پارامترهای مستقل بر پروفایل های خواص ترمودینامیکی در طول نازل را بررسی نمود. در نتایج حاصل از مدل با توجه به شرایط مختلف ورودی نانوذراتی با قطر میانگین حدود ۲۳-۲۰ میکرومتر حاصل می گردد. و نیز توزیع سایز ذرات حاصل از مدل به صورت منحنی توزیع نرمال(منحنی گاوس) می باشد که با نتایج حاصل از تجربه همخوانی دارد و شکل منحنی تائیدی است بر این ادعا که در این فرآیند با توزیع یکنواختی از ذرات رو به رو هستیم. نتایج مدل نشان می دهد که افزایش دمای قبل از انبساط باعث کاهش اندازه ذرات در وسیله انبساط می شود. دما در روابط مربوط به تولید و رشد ذرات پارامتر بسیار موثری است. فشار قبل از انبساط نیز رابطه معکوسی با اندازه ذره دارد به طوریکه افزایش آن، کاهش قطر ذره را ایجاد می کند. نتایج مدل نشان می دهد که اگر شار حرارتی ورودی به نازل کاهش یابد، یعنی فرآیند به سمت مسیر آدیاباتیک حرکت کند، ذرات ریزتری تولید خواهد شد. از جمله پارامترهای مؤثر دیگر در این فرآیند شکل هندسی نازل است. نتایج مدل نشان می دهد که هر چه قطر نازل بزرگتر شود، ذرات بزرگتری ایجاد می شود. پس پیشنهاد مدل، استفاده از نازلی با قطر کم می باشد.

کلمات کلیدی : مدلسازی، سیال فوق بحرانی، نانوذره، نیفدیپین، محلول اشباع گازی

فصل اول

مقدمه

امروزه نانوذرات کاربردهای گسترده ای در صنایع داروسازی، شیمیایی، غذایی، آرایشی و الکترونیک دارند. با توجه به پتانسیل کاربرد گسترده نانوذرات در زمینه های علمی مختلف، توجه تحقیقاتی فراوانی روی روشهای تولید نانوذرات تمرکز یافته است. روشهای رایج جهت کاهش اندازه ذرات شامل آسیاب کاری، خشک کردن پاششی و تبخیر حلال است، که هر کدام از این روشها دارای معایبی نظیر تغییر کیفیت به علت اثرا ت حرارتی یا شیمیایی، توزیع گسترده اندازه ذرات، مصرف زیاد حلال و مشکلات زدودن حلال می باشند. بنابراین تولید ترکیبات خاص مانند مواد دارویی، منفجره و واسطه های شیمیایی به دلیل حساسیت زیاد به کیفیت با چنین فرآیندهایی با دشواریهای فنی خاصی روبه رو است. در یک دهه اخیر سیالات فوق بحرانی[۱] به عنوان یک محیط مناسب برای انجام فرآیند تبلور و تولید نانوذارت پیشنهاد شده‌اند[۱].

روش فوق بحرانی جز معدود روشهای مناسبی است که توانایی تولید ذرات با ابعاد نانو را دارد. استفاده از سیال فوق بحرانی، کنترل دقیق فرآیند تبلور و توانایی تولید ذرات بسیار ریز و با مورفولوژی‌های مناسب را فراهم می‌آورد، همچنین وجود خواص ارزشمندی نظیر نفوذ شبه گازی، چگالی شبه مایع سیالات فوق بحرانی و امکان حذف کامل آنها در انتهای فرآیند، باعث جلب توجه زیاد محققین شده است[۱].

از بین انواع روشهای موجود برای تولید نانوذرات به کمک سیالات فوق بحرانی، با توجه به اینکه فرآیند ذرات حاصل از محلول اشباع گازی[۲]، دارای مزایایی نسبت به سایر روشها می باشد، برای مدلسازی انتخاب شده است. از مزایای مهم این

---

[۱] Supercritical Fluids (SCF)

[۲] Particles from Gas Saturated Solution (PGSS)

فرآیند در مقایسه با سایر روشها نیاز آن به فشار پایین، مصرف پایین تر گاز به دلیل نسبت های کمتر گاز در مایع و توانایی تشکیل ذرات بدون نیاز به حلال است. از دیگر مزایای این فرآیند، توانایی تشکیل نانوکامپوزیت ها یا نانوذرات دارویی کپسوله شده است[۱].

در تولید ذره از طریق فرآیند محلول فوق بحرانی اشباع گازی، از یک سیال فوق بحرانی، به عنوان یک جسم حل‌شونده برای ایجاد تبلور در یک محلول استفاده می‌شود. فرآیند PGSS برای ساخت نانوذراتِ با توانایی کنترل توزیع اندازه ذرات به کار برده می‌شود[۲].

نیروی محرکه فرآیند PGSS، افت ناگهانی دمای محلول تا زیر نقطه ذوب حلال است. با این عمل، محلول از فشار کاری به شرایط اتمسفری تغییر وضعیت می‌دهد، که در نتیجه آن می‌توان اثر ژول ـ تامسون را مشاهده کرد. سرمایش سریع محلول موجب تبلور جسم محلول شده، و هسته‌زایی هموژن برای تشکیل ذرات به وجود می‌آید. فرآیند PGSS یک فرآیند دو مرحله‌ای است. در این فرآیند، محلولی از ذوب کردن محصول مورد نظر، تحت اثر سیال فوق بحرانی ایجاد می‌شود. این شرایط موجب افزایش حلالیت SCF در محلول مایع حاصل می‌شود، به طوری که یک محلول اشباع گازی به دست می‌آید. در این مرحله محلول به تعادل و یکنواختی می‌رسد و سپس تا شرایط اتمسفر منبسط می‌شود. یک فیلتر در محفظه انبساط، پودرهای تولید شده را جمع‌آوری می‌کند. محصول به دلیل عاری بودن از حلال نیاز به شست‌وشو ندارد و می‌توان SCF را در صورت نیاز به صورت جریان برگشتی مورد استفاده مجدد قرار داد[۵-۳].

در این پایان نامه کوشیده شده است تا پس از ارائه مقدمه و تاریخچه ای مختصر از فرآیند PGSS ، در مورد نانوتکنولوژی، نانومواد و تقسیم بندی آنها شناختی کلی حاصل گردد. تکنولوژی سیالات فوق بحرانی را می توان به سمت روش های تولید نانوذرات با سیال فوق بحرانی هدایت کرد. درادامه مسیر با بررسی دقیق تر فرآیند مورد نظر، PGSS، به ترسیم مبانی مورد نیاز برای تولید و رشد ذرات پرداخته شده است. این بررسی ها به ارائه مدل مناسب،کمک شایانی خواهد نمود. سپس با ارائه روابط هیدرودینامیکی مورد نیاز و مدل تولید و رشد ذره در وسیله انبساط (نازل، موبینه) ، مدل ریاضی جامعی برای تولید نانو ذرات در فرآیند ذرات حاصل از محلول اشباع گازی ارائه خواهد شد. در پایان با مقایسه نتایج مدل، با یک مورد آزمایشگاهی خاص، صحت مدل ارزیابی می گردد و با بررسی و بحث در مورد پارامترهای مؤثر روی قطر ذرات، پیشنهاداتی در جهت تولید نانوذرات در این روش ارائه می گردد. به دلیل وجود هزینه های بالا جهت انجام کارهای آزمایشگاهی، هدف این پروژه ایجاد مدل جامع ریاضی می باشد که پس از اثبات صحت

مدل، کاربرد آن جهت انجام بررسیها در شرایط کارکرد جدید به جای انجام آزمایش در راستای بررسی پارامترهای مختلف بر راندمان سیستم می باشد.

فصل دوم
گذری بر نانوتکنولوژی و نانو مواد

۲-۱-مقدمه

نانوفناوری در تعریف بسیار ساده، یعنی تکنولوژی هایی که در ابعاد نانومتر عمل می کنند. نانومتر واحد اندازه گیری است و برابر با یک میلیاردم متر یا $۱۰^{-۹}$ متر است. اندازه اتم ها و مولکول ها در این محدوده قرار دارد. بنابراین با ورود به این فضای کوچک، بشر می تواند در نحوه آرایش و چینش اتم ها و مولکول ها دخالت کند و به ساخت مواد جدید و ساختارهایی متفاوت با آن چه تاکنون وجود داشته است، بپردازد. نانوفناوری که از دو کلمه «نانو» و «فناوری» تشکیل شده است به معنای توسعه، ساخت، طراحی و استفاده از محصولاتی است که اندازه آنها در محدوده یک تا صد نانومتر قرار دارند. در حقیقت نانوفناوری یک فناوری جدید نیست. بلکه یک مقیاس جدید در فناوری ها و رویکردی تازه در تمام رشته‌ها است، که این توانایی را به بشر می دهد که بتواند دخالت خود را در ساختار مواد گسترش دهد و در ابعاد بسیار ریز، به ساخت و طراحی اقدام کند. این توانایی می تواند در تمام فناوری هایی که بشر تاکنون به آن دست یافته است، اثرگذار باشد[۶].

به کمک فناوری نانو می توان اتم ها و مولکولها را به دلخواه چیدمان کرد تا به ماده مورد نظر با خواص ویژه نائل شد. با ایجاد نانو ساختارها امکان تغییر خواص ذاتی مواد از جمله دمای ذوب، خواص مغناطیسی، رنگ و غیره وجود دارد[۶].

۲-۲-تاریخچه نانوتکنولوژی

چهل سال پیش ریچارد فینمن[۱] ، متخصص کوانتوم نظری و دارنده جایزه نوبل، در سخنرانی معروف خود در سال هزار و نهصد و پنجاه و نه میلادی با عنوان «آن پایین، فضای بسیاری هست» ، به بررسی بعد رشد نیافته علم مواد پرداخت. او فرض را بر این قرار داد که اگر دانشمندان فرا گرفته اند چگونه ترانزیستورها و دیگر سازه ها را با مقیاس های کوچک بسازند، پس ما خواهیم توانست که آن ها را کوچک و کوچکتر کنیم. در واقع آن ها به مرزهای حقیقی خود در لبه های نامعلوم کوانتوام نزدیک خواهند بود. به نحوی که اتم را در مقابل دیگری به گونه ای قرار دهیم که بتوانیم کوچک ترین محصول مصنوعی و ساختگی ممکن را ایجاد کنیم. فایمن در ذهن خود یک «دکتر مولکولی» تصور کرد که صدها بار از یک سلول منحصر به فرد کوچک تر است و می تواند به بدن انسان تزریق شود و درون بدن برای انجام کاری یا مطالعه و تأیید سلامتی سلول ها و یا انجام اعمال ترمیمی و به طور کلی برای نگهداری بدن در سلامت کامل به سیر بپردازد. فینمن اصرار داشت که دانشمندان ساخت وسائلی را که برای کار در مقیاس اتمی لازم است، شروع کنند. این موضوع مسکوت ماند تا اینکه اریک درکسلر[۲]، دانشجوی تحصیلات تکمیلی ام.ای.تی.[۳] ، ندای فینمن را شنید و یک قالب کاری برای مطالعه وسایلی که توانایی حرکت دادن اشیاء مولکولی و مکان آنها را با دقت اتمی دارند، ایجاد کرد و در سپتامبر ۱۹۸۱م. در مقاله ای با نام " پروتئین راهی برای تولیدانبوه مولکولی ایجاد می کند " آن را ارائه داد. درکسلر آن را با کتابی به نام" موتورهای خلقت " دنبال کرد و توسعه مفهوم نانوتکنولوژی را همانند یک کوشش علمی ادامه داد. اولین نشانه های ثبت شده از این مفهوم نانوتکنولوژی تغییر مکان دادن اشیا مولکولی، در سال ۱۹۸۹م. بود، موقعی که دانشمندی در مرکز تحقیقات آلمادن ای.بی.ام.[۴] اتمهای منفرد گزنون را روی صفحه نیکل حرکت داد، تا نام IBM را روی سطح نیکل نقش کند [۷].

۲-۳-مفهوم نانوتکنولوژی

---

۱ Richard Finman
۲ Eric Drexler
۳ M.I.T
۱ I.B.M

نانوتکنولوژی در واقع توصیف همه جانبه ی فعالیت ها و تلاش هایی است که با دست بردن در اساسی ترین فرم ماده (اتم ها) باعث می شود تا به خواص خارق العاده ای از ماده دست یافته، چرا که اگر مواد به کوچکترین ابعادشان (اتم ها یا مولکول ها) شکسته شوند، می تواند خصوصیات بنیادیشان را تغییر داده و به ماده ای تبدیل شودکه در حالت عادی تهیه و تولید آن به هیچ عنوان امکان پذیر نیست. یعنی تولید ساختارهای جدید از مواد با سازماندهی جدید مولکولی. بنابراین نانوتکنولوژی علمی است که به دنبال دستیابی به روش ها، فنون، مواد لازم و ابزارهای مورد نیازی است که بتواند چنین تحولاتی را در مواد مختلف ایجاد کند، به عبارت بهتر نانوتکنولوژی نگرشی جدید به انواع رشته های علمی است و تمام عرصه های مختلف علم و فناوری را در بر می گیرد نانوتکنولوژی با الهام از طبیعت نویدبخش ابداع روشهایی در ساخت سامانه‌های کوچکتر، سبکتر، مقاومتر، کارآمدتر و ارزانتر است. نانوتکنولوژی، خود یک فن آوری نیست بلکه یک فن آوری توانمندسازی است بطوری که می‌تواند در محصولات بسیار متنوعی نمود پیدا کند [۸].

هدف این است که اگر بشر بتواند به اتمها بگوید که چطور خودشان را مرتب کنند و چگونه رفتار کنند، بسیاری از خواص یک ماده قابل کنترل می گردد. همان طور که در طبیعت اتمهای کربن موجود در ذغال سنگ را با تغییر دادن ترتیب قرار گرفتن آنها به الماس تبدیل می کنند. بنابراین خواصی مانند رنگ، استحکام و شکنندگی نیز در سطح اتمی قابل تعیین خواهند بود. دانشمندان بر این عقیده اند که اگر بتوانند یک آجر را اتم به اتم بسازند، مولکولهایش را نیز می توان طوری تعلیم داد تا هنگامی که یک ترک ظاهر می شود آن را تعمیر کنند یا اینکه با کم یا زیاد کردن تخلخل، خود را با شرایط مرطوب هوا وفق دهند [۸].

بنابراین نانوتکنولوژی امید ساخت هر چیز قابل تصور را می دهد. برای نخستین بار در تخیلات علمی، به لطف پیشرفتهای اخیر دیدن جهان در مقیاسهای نانو این سناریوها درست و معقول به نظر می رسند. انواع جدید میکروسکوپها و برنامه های قدرتمند کامپیوتری شبیه ساز که در ۱۰ سال اخیر توسعه پیدا کرده اند، نانوتکنولوژی را دچار یک نوع انقلاب نموده اند. میکروسکوپها نه تنها به دانشمندان اجازه می دهند که اتمها را ببینند، بلکه به آنها اجازه می دهند که حتی آنها را جا به جا کنند [۸].

۲-٤-کاربردهای نانوتکنولوژی

مفهوم جدید نانوتکنولوژی آنقدر گسترده و ناشناخته است که ممکن است روی علم و تکنولوژی در مسیرهای غیرقابل پیش بینی تأثیر بگذارد. محصولات موجود نانوتکنولوژی عبارتند از: لاستیکهای مقاوم در برابر سایش که از ترکیب ذرات خاک رس با پلیمرها بدست آمده اند، مواد دارویی که در مقیاس نانو ذرات درست شده اند، هد دیسکهای

لیزری و مغناطیسی که با کنترل دقیق ضخامت لایه ها از کیفیت بالاتری برخوردارند، چاپگرهای عالی با استفاده از نانوذرات با بهترین خواص جوهر و رنگدانه[۹]. بسیاری از ساختارهای دیگر که هم اکنون در مرحله تحقیق و یا توسعه هستند عبارتند از:

- ✓ پزشکی: در روش های معمولی درمان دارویی، بدین صورت است که ماده موثر را وارد بدن می کنند و این ماده علاوه بر سلول های مریض به سلول ها و بافت های سالم بدن نیز سرایت می کند. این امر باعث مصرف بسیار بالای دارو شده و مهمتر اینکه موجب سرایت دارو به بافت های سالم بدن نیز می گردد. محققان با استفاده از فناوری نانو، در حال ساخت کپسول هایی با ابعاد نانومتر هستند که علاوه بر اندازه غیر قابل تصورشان قدرت تشخیص بافت های مریض را داشته، دقیقاً روی این بافت ها قرار گرفته و مقدار داروی لازم را به آن ها می رسانند. فناوری نانو همچنین راه را برای ساخت اندامک های سازگار برای جایگزینی بدن بسیار هموارتر ساخته و بسیاری از امراض غیر قابل علاج را درمان پذیر خواهد کرد. در مورد درمان سرطان نیز محققان در حال ساخت نانو ذراتی هستند که به محض ورود به بدن، بافت های سرطانی را حتی اگر به اندازه چند سلول باشند، شناسایی کرده و از بین می برند. این امر موجب خواهد شد که بافت های سرطانی در همان روزهای ابتدایی شکل گیری، شناسایی شده و از بین بروند[۱۰].
- ✓ کشاورزی: استفاده از فناوری نانو در صنعت کشاورزی، آینده روشنی در شکل گیری فرآیندهای کشاورزی و افزایش دقت در این کار، ترسیم نموده است. به عنوان مثال نانوحسگرهای پراکنده شده در یک مزرعه می توانند وجود بیماری ها، قارچ ها و آفت های دیگر را اندازه گیری کنند. این حسگرها می توانند برای رساندن مقدار مشخص و دقیقی از یک آفت کش یا کود، با نانو ذرات یا نانو کپسول ها بر هم کنش داشته باشند. این کار می تواند منجر به کاهش هزینه و میزان پراکندگی این مواد شیمیایی در محیط های کشاورزی شود. علاوه بر این به کمک نانو تراشه ها در مزرعه ها، می توان حیوانات مضر را شناسایی و ردیابی کرد و از آن تصویر برداری نمود. چنین تراشه هایی می توانند در رساندن میزان مشخصی از داروهای واکسیناسیون و مواد درمانی دیگر نیز مورد استفاده قرار گیرند[۱۰].