٩٢١٢٥

دانشگاه مازندران
مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی نوشیروانی

موضوع:

سنتز و بهینه‌سازی نانو لوله‌های کربنی

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

مهندسی شیمی

استاد راهنما:

دکتر محسن جهانشاهی

۱۳۸۷/۴/۱۷

نگارش:

راضیه جباری سرشت

اسفند۱۳۸۶

۹۶۱۴۵

دانشگاه مازندران
مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی نوشیروانی

موضوع:

سنتز و بهینه‌سازی نانو لوله‌های کربنی

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

مهندسی شیمی

استاد راهنما:

دکتر محسن جهانشاهی

استاد مشاور:

دکتر جهانبخش رئوف

نگارش:

راضیه جباری سرشت

اسفند۱۳۸۶

باسمه تعالی

دانشگاه مازندران

معاونت آموزشی

تحصیلات تکمیلی

ارزشیابی پایان نامه در جلسه دفاعیه

مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی نوشیروانی

نام و نام خانوادگی دانشجو: راضیه جباری سرشت — شماره دانشجوئی: ۸٤٥۱۳۷۱۰۰٤

رشته تحصیلی: مهندسی شیمی — مقطع: کارشناسی ارشد

سال تحصیلی: نیمسال دوم ۸۷ – ۱۳۸۶

عنوان پایان نامه :

«سنتز و بهینه سازی نانو لوله های کربنی برای استفاده در سنسورها»

تاریخ دفاع: ۱۳۸٦/۱۲/٦

نمره پایان نامه (به عدد): ۲۰

نمره پایان نامه (به حروف): بیست

هیات داوران :

استاد راهنما: دکتر محسن جهانشاهی — امضا

استاد مشاور: دکتر جهانبخش رئوف — امضا

استاد مدعو: دکتر سید علی اصغر قریشی — امضا

استاد مدعو: دکتر کورش صدیقی — امضا

نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی: دکتر مجید تقی زاده — امضا

تقدیم به :

چشمان زلال و سرشار ازمعصومیت **مادرم،**

بیکرانگی دریایی دل **پدرم،**

دل گرمی‌ها و امید بخشی‌های مهربانانه **برادرم**

و

صمیمیت، صداقت و نجابت آرامش بخش **همسرم**

سپاسگزاری:

بی‌تردید تدوین این رساله مرهون زحمات و کمک‌های بی‌دریغ اساتید و بزرگوارانی است که اینجانب را در تهیه و ارائه آن یاری نموده‌اند. پس وظیفه خود دانسته صمیمانه از راهنمایی‌های موثر و بی‌دریغ جناب آقای **دکتر محسن جهانشاهی** که راهنمایی این رساله را بر عهده داشتند و همچنین راهنمایی‌های گرانقدر جناب آقای **دکتر جهانبخش رئوف** استاد محترم مشاور تشکر و قدردانی نمایم.

وظیفه خود می‌دانم مراتب تشکر و قدردانی خود را به آقای مهندس مجید عباسی(دانشجو دکترای مکانیک) و آقای مهندس محمد یاقوتی نیا از شرکت آریانا مدرن صنعت که مرا در ساخت دستگاه استفاده شده در این پروژه یاری نمودند، تقدیر نمایم.

همچنین از اعضا آزمایشگاه تحقیقاتی نانوبیوتکنولوژی دانشگاه مازندران، مجتمع فنی و مهندسی نوشیروانی بابل به سبب همکاری بی‌شائبه‌شان سپاسگزاری می نمایم.

جا دارد از دوست و خواهر عزیزم خانم لیدا علیزاده که همواره مرا مرهون محبت صمیمانه خود نموده‌اند، تشکر نمایم.

موفقیت هر چه بیشتر آن بزرگواران را در کلیه مراتب زندگی از خداوند متعال خواستارم.

چکیده

نانولوله‌های کربنی شکل جدیدی از عنصر کربن هستند. که از ورقه‌های گرافیتی لوله شده‌ای درون سیلندرهای متحدالمرکز با قطر نانومتری وطول میکرومتری تشکیل شده‌اند. نانولوله‌های کربنی کاربردهای بسیاری از جمله سیم‌های کوانتومی، نانو وسیله‌ها، ترانزیستورها، ذخیره کننده‌های گاز و نوک میکروسکوپ نیرو اتمی و... دارند. این کاربردهای وسیع نانولوله‌های کربنی به‌واسطه ساختار منحصر به‌فرد و خصوصیات فیزیکی و الکتریکی فوق‌العاده آن‌ها است. سه روش تابش لیزر، تخلیه قوس الکتریکی و رسوب دهی بخار شیمیایی معمولاً برای سنتز نانولوله‌های کربنی استفاده شده‌اند. روش تخلیه قوس الکتریکی در محیط مایع اخیراً برای سنتز انواع مختلفی از ساختارهای کربنی از جمله نانوپیازهای کربنی، نانوشاخ‌های کربنی و نانولوله‌های کربنی گزارش شده‌اند. این فن از لحاظ اقتصادی روش مقرون به صرفه‌ای می‌باشد. زیرا به تجهیزات گران قیمت و پیچیده نیاز ندارد.

در این تحقیق برای اولین بار در ایران دستگاه روش تخلیه قوس الکتریکی در محیط مایع به صورت تمام اتوماتیک برای ساخت نانولوله‌های کربنی طراحی و ساخته شده است. این دستگاه قادر به ثابت نگه داشتن فاصله بین دو الکترود و میزان ولتاژ به‌طور اتوماتیک می‌باشد. در پی سنتز با این روش یک مرحله خالص‌سازی چند قسمتی برای از بین بردن ناخالصی‌های همراه با نانولوله‌های کربنی به‌کار برده شد. خصوصیات و بازده تولید نانولوله‌های کربنی به‌دست آمده با این روش تحت تأثیر پارامترهای مختلفی از جمله ولتاژ، جریان، نوع محلول و نوع و نسبت کاتالیست می‌باشد. برای بهینه‌سازی فرآیند، روش طراحی آزمایش ها، روش تاگوچی با به کار بردن ۴ عامل در ۴ سطح و تعیین ۱۶ آزمایش با کاربرد نرم افزارQualitek-۴ به کار برده شد. نتایج آنالیز تاگوچی در این بررسی حاکی از این بود که پارامترهای ولتاژ و کاتالیست بیشترین تأثیر را روی بازده تولید نانولوله‌های کربنی دارند. بر اساس این یافته‌ها، بیشینه بازده نانولوله‌های کربنی در شرایطی که ولتاژ ۲۵ ولت به همراه کاتالیست نیکل و مولیبیدن به ترتیب با نسبت ۱و۲ درصد درون محلول LiCl (۴/۱۲۱ mg/min) به دست آمد. هم چنین در این تحقیق، برای تعیین ریخت شناسی ذرات از میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی و میکروسکوپ الکترونی عبوری و طیف سنج رامان استفاده شد. نتایج حاصله نشان دادند که نانولوله‌های کربنی تک دیواره و چند دیواره سنتز شده بصورت بسیار بلند و نازک با ساختاری کشیده و درجه خلوص بالا بودند.

کلمات کلیدی: تخلیه قوس الکتریکی مایع، روش تاگوچی، نانولوله‌های کربنی، سنتز، بهینه سازی.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل اول: نانو فناوری ۱

۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ تعریف نانو فناوری ۳
۱-۳ تاریخچه نانو فناوری ۵
۱-۴ برخی از خواص مواد نانومتری ۷
۱-۵ کاربردهای نانو فناوری ۸
۱-۵-۱صنعت نساجی ۸
۱-۵-۲ الکترونیک ۹
۱-۵-۳ صنعت خودرو و هوا فضا ۹
۱-۵-۴ کشاورزی ۱۰
۱-۵-۵ محیط زیست ۱۰
۱-۵-۶ زیستی و پزشکی ۱۰
۱-۵-۷ صنایع غذایی ۱۱
۱-۵-۸ صنایع نظامی و امنیت ملی ۱۱

فصل دوم: نانولوله های کربنی ۱۲

۲-۱ مقدمه ۱۳
۲-۲ گرافیت ۱۳
۲-۳ الماس ۱۴
۲-۴ فولرین ۱۵
۲-۵ پیازهای کربنی ۱۶
۲-۶ نانولوله‌های کربنی ۱۶
۲-۶-۱ تاریخچه پیداش نانولوله‌های کربنی ۱۷
۲-۶-۲ انواع نانولوله‌های کربنی براساس تعداد دیواره‌ها ۱۹
۲-۶-۲-۱ نانولوله‌های کربنی تک دیواره ۲۰
۲-۶-۲-۲ نانولوله‌های کربنی چند دیواره ۲۲
۲-۶-۳ انواع نانولوله‌های کربنی براساس ساختار مولکولی ۲۳
۳-۶-۳-۱ نانولوله صندلی ۲۵
۳-۶-۳-۲ نانولوله زیگ زاگ ۲۵
۳-۶-۳-۳ نانولوله کایرال ۲۶
۲-۷ خواص نانولوله‌های کربنی ۲۶
۲-۷-۱ خواص مکانیکی ۲۶
۲-۷-۲ خواص الکتریکی ۲۷
۲-۷-۳ خواص حرارتی ۲۹

۲-۷-۴ خواص شیمیایی ۲۹
۲-۸ کاربرد نانولوله‌های کربنی ۳۰
۲-۸-۱ ذخیره سازی هیدروژن ۳۰
۲-۸-۲ ترانزیستورها ۳۱
۲-۸-۳ نانو کاوشگرها و حسگرها ۳۱
۲-۸-۴ پایه کاتالیست‌های فلزی ۳۲
فصل سوم : روش های تولید و خالص سازی نانولوله های کربنی ۳۳
۳-۱ روش‌های سنتز نانولوله‌های کربنی ۳٤
۳-۱-۱ مکانیسم رشد نانولوله‌های کربنی ۳٤
۳-۱-۲ تخلیه قوس الکتریکی ۳٦
۳-۱-۲-۱ معرفی روش تخلیه قوس الکتریکی در محیط گازی ۳۷
۳-۱-۲-۲ معرفی روش تخلیه قوس الکتریکی در محیط مایع ٤۱
۳-۱-۳ تابش لیزر ٤٥
۳-۱-۴ رسوب بخار شیمیایی ٤٦
۳-۱-۵ تحلیلی بر روش‌های تولید نانولوله‌های کربنی ٤۸
۳-۲ خالص‌سازی نانولوله‌های کربنی ٤۹
۳-۲-۱ روش‌های خالص سازی ٥۰
۳-۲-۱-۱ اکسایش ٥۰
۳-۲-۱-۲ آماده سازی اسیدی ٥۱
۳-۲-۱-۳ حرارت دهی ٥۱
۳-۲-۱-۴ تابش امواج مافوق صوتی ٥۲
۳-۲-۱-۵ میکروپالایش ٥۲
۳-۲-۱-۶ کروماتوگرافی ٥۲
۳-۲-۲ جمع بندی ٥۳
۳-۳ تجهیزات مطالعه میکروسکوپی نمونه‌ها ٥۳
۳-۳-۱ میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ٥۳
۳-۳-۲ میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) ٥٤
۳-۳-۳ میکروسکوپ نیرو اتمی (AFM) ٥٤
۳-۳-۴ طیف سنج پراکنش پرتو ایکس (XRD) ٥٥
۳-۳-۵ طیف سنج رامان ٥٥
فصل چهارم : روش‌ها و نتایج آزمایشگاهی ٥۷
۴-۱ مقدمه ٥۸
۴-۲ طراحی و ساخت دستگاه ٥۸
۴-۲-۱ تجهیزات دستگاه ٥۸
۴-۲-۲ شرح عملکرد دستگاه: ٦۲
۴-۳ نحوه انجام آزمایش ٦۳
۴-۳-۱ مواد اولیه ٦۳
۴-۳-۲ نحوه انجام آزمایش ٦۳

۴-۴ بررسی عوامل موثر بر سنتز ٦٦
۴-۴-۱ بررسی اثر ولتاژ ٦٦
۴-۴-۲ بررسی اثر کاتالیست ٦٧
۴-۴-۳ بررسی اثر محیط ٦٩
۴-۵ بهینه سازی ٧٠
۴-۵-۱ روش تاگوچی ٧٢
۴-۵-۲ استفاده از روش تاگوچی برای بهینه‌سازی بازده سنتز نانولوله‌های کربنی ٧٣
۴-۵-۳ تجزیه و تحلیل نتایج ٧٥
۴-۶ ریخت شناسی نانولوله‌های کربنی سنتزشده ٨٠
فصل پنجم : جمع بندی و نتیجه گیری کلی ٨٤
۵-۱ جمع بندی و نتیجه گیری کلی ٨٥
۵-۲ پیشنهادها ٨٨
منابع و ماخذ ٩٠
چکیده انگلیسی

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ مقایسه ابعادی آنچه به صورت طبیعی وجود دارد و آنچه به‌دست انسان ساخته شده است ۵

شکل ۲-۲ ساختار بلور الماس با آرایش چهار وجهی ۱۴

شکل ۲-۳ ملکول فولرین(C_{60}) ۱۶

شکل۲-۴ انواع نانولوله‌های کربنی بر اساس نحوه پیچش صفحات گرافن ۲۰

شکل ۲-۵ نانولوله کربنی تک دیواره ۲۱

شکل ۲-۶ نانولوله کربنی چند دیواره ۲۲

شکل ۲-۷ نمایش صفحه‌ی گرافن و بردارهای کایرال Cn و بردار T ۲۴

شکل ۲-۸ سه نوع مشخص از نانولوله‌های کربنی براساس نحوه پیچش صفحات گرافنی ۲۶

شکل ۲-۹ نمایش دو بعدی گرافیت و فلز و نیمه رسانا بودن نانولوله‌ها با پارامترهای مختلف (n,m) ۲۸

شکل ۳-۱ طرحی از مکانیسم محتمل برای رشد نانولوله کربنی ۳۵

شکل ۳-۲ نمایی از دستگاه تخلیه قوس الکتریکی برای سنتز نانولوله‌های کربنی ۴۱

شکل ۳-۴ نمای از دستگاه تابش لیزر ۴۵

شکل ۴-۱ تصویری از منبع تغذیه دستگاه ۵۹

شکل۴-۲ تصویری از تابلو برق دستگاه ۵۹

شکل۴ -۳ تصویری از موتور ۶۰

شکل ۴-۴ تصویری از محفظه شیشه‌ای دستگاه ۶۰

شکل ۴-۵ تصویری از الکترودها و نگهدارنده‌های آن‌ها ۶۱

شکل ۴-۶ نمایی از صفحه اصلی برنامه ۶۱

شکل ۴-۷ نمایی کلی از دستگاه اتوماتیک تخلیه قوس الکتریکی در محیط مایع و تصویری از ناحیه قوس ۶۲

شکل ۴-۹ تصویر SEM از نمونه‌های سنتز شده با روش تخلیه قوس الکتریکی در NaCl در در ولتاژهای الف: ۱۰ ولت ، ب: ۲۰ ولت و پ: ۳۰ ولت ۶۷

شکل ۴-۱۰ تصویرSEM از نمونههای سنتز شده با روش تخلیه قوس الکتریکی در NaCl باکاتالیزورهای الف: Ni، ب: Fe ، پ: Co و ت: Mo ۶۸

شکل ۴-۱۱ اثرات متقابل بین پارامترها ی موثر ۷۸

شکل ۴-۱۲ نمودارهای نشان دهنده اثر منفرد هر پارامتر ۷۹

شکل ۴-۱۳ نمودارهای الف: نرخ تولید نانولوله‌های کربنی و ب : نرخ مصرف الکترودها بر اساس تعداد آزمایش ها ۷۹

شکل ۴-۱۴ تصاویر SEM از نمونه نهایی قبل از مرحله خالص‌سازی ۸۰

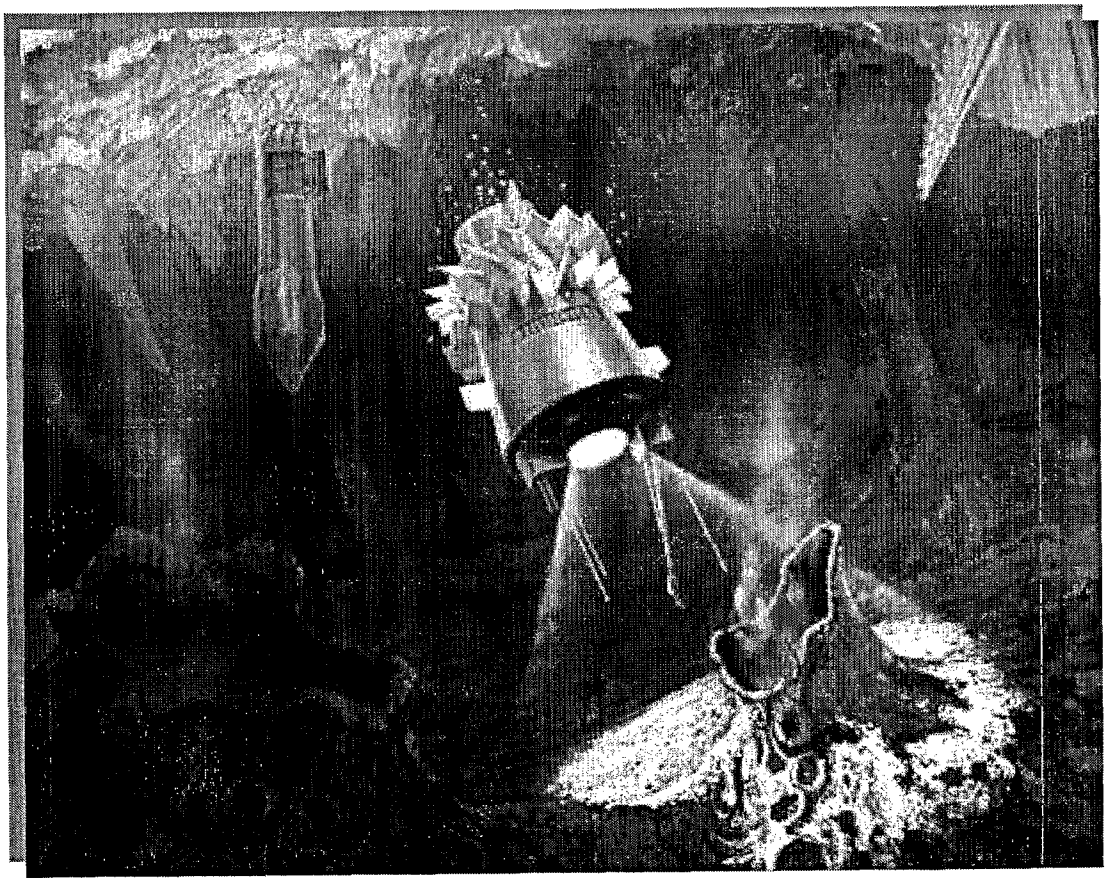
شکل ۴-۱۵ تصاویر SEM از نمونه نهایی بعد از خالص‌سازی..... ۸۱
شکل ۴-۱۶ تصاویر TEM از نانولوله‌های کربنی سنتز شده با روش تخلیه قوس الکتریکی در مایع..... ۸۲
شکل ۴-۱۷ طیف رامان از نمونه نهایی..... ۸۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۲ -۱ روند تاریخی کشف نانولوله‌های کربنی..... ۱۹
جدول۲ -۲ مقایسه چگالی وخواص مکانیکی نانولوله های کربنی با برخی مواد متداول. ۲۷
جدول۴-۱ هدایت الکتریکی اکیوالان چند الکترولیت..... ۶۹
جدول۴-۲ مقایسه‌ای بین روش فاکتوریل کامل و روش تاگوچی..... ۷۱
جدول۴-۳ عوامل و سطوح موثر در نرخ تولید تولید نانولوله‌های کربنی..... ۷۴
جدول۴-۴ طراحی آرایه متعامدL_{16} و نتایج آزمایش ها..... ۷۵
جدول۴-۵ تحلیل واریانس داده‌ها برای نانولوله‌های کربنی سنتزشده..... ۷۷
جدول۴-۶ نرخ تولید نانولوله‌های کربنی و نرخ مصرف الکترودها..... ۸۰

فصل اول: نانو فناوری



۱-۱ مقدمه

نانو فناوری[1] نگاهی تازه به علوم از زوایای مرموز طبیعت است و چندین دهه است که این فناوری جدید پا به عرصه‌ی ظهور گذاشته و علوم مختلفی از جمله مواد، شیمی و مهندسی را به هم پیوند داده و انقلابی را به وجود آورده که دورنمای زیبایی را برای آیندگان ترسیم می‌نماید.

نانوفناوریی فنی است که به وسیله‌ی آن در خواص ملکول‌های تشکیل دهنده‌ی مواد تغییر ایجاد کرده تا بتوان از این مواد استفاده بهینه نمود. در نگاه اول این گونه جلب نظر می‌نماید که نانوفناوری یک علم نوین در کنار باقی علوم همچون شیمی است، اما از این فن به عنوان یک فناوری نوین نام برده می‌شود.

نانو فناوری با نگاهی جدید به مواد و سیستم‌هایی که تاکنون ساخته شده‌اند، درصدد رفع عیوب[2] موجود در آن‌هاست. پس با کمک این فناوری می‌توان با تغییر در خواص مولکولی مواد، کارایی آن‌ها را بهبود بخشید.

دراین قلمرو، اتم‌ها و ذرات رفتار غیرمتعارفی را از خود نشان می‌دهند و قابلیت‌های این علم فقط توانایی کوچک نمودن اجسام نیست. دانشمندان با استفاده از این مواد در تلاش‌اند دستگاه‌ها و ابزارهایی بسازند که از قابلیت‌های بسیار شگفت‌انگیز و متعارف برخوردار باشند و به نوبه خود فهرست بی‌شماری از محصولات را دربرگیرند. در واقع، متخصصان نانو می‌کوشند که با کار بر روی چگونگی حرکت اتم‌ها و نوع قرار گرفتن آن‌ها در کنار یکدیگر و نیز با تغییرات خاص به ترکیبات مفیدتری از مواد دست‌یابند وکیفیت مواد تولیدی را بهبود بخشیده و در نهایت تولید مواد مختلف را اقتصادی‌تر کنند. طبیعت خود از دیر باز از نانو فناوری بهره گرفته و در این زمینه مهارت یافته است.

[1] Nanotechnology
[2] Defects

نانو فناوری یا کاربرد فناوری در مقیاس یک میلیاردم متر، جهان حیرت انگیزی را پیش روی دانشمندان قرار داده است. این فناوری چونان یک تیغ دو لبه می‌تواند در مسیر خیر و صلاح یا نابودی و فنا به کار رود.

اثرات تحول آفرین، معجزه آسا و باورنکردنی فناوری نانو در روند تحقیق و توسعه سبب گردید که نظر تمامی کشورهای بزرگ به این موضوع جلب گردد و فناوری نانو را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اولویت‌های تحقیقاتی خویش طی دهه‌ی اول قرن بیست و یکم محسوب نمایند[۱].

۱-۲ تعریف نانو فناوری

تعریف نانو فناوری با توجه به اهمیت و کاربرد آن در کلیه علوم، در بدو امر، ساده به نظر می‌رسد اما در واقع بسیار دشوار است. نانو از لغت یونانی «نانوس»[۱] به معنای «کوتوله»[۲] گرفته شده و در اصل، علمی است که درباره‌ی اجسام بسیار ریز مطالعه می‌کند[۵]. اما نانو در کاربردهای عملی به عنوان یک پیشوند به معنی یک میلیاردم واحدی که پس از آن قرار می گیرد، استفاده می‌شود. موسسه مبتکر ملی نانو فناوری، نانوفناوری را به صورت‌های زیر تعریف کرده است[۶]:

۱- توسعه‌ی فناوری و تحقیقات در سطوح اتمی و مولکولی (۱ تا ۱۰۰ نانومتر)؛

۲- خلق و استفاده از ساختارها، ابزار و سیستم‌هایی که به خاطر اندازه‌ی کوچک، خواص و عملکرد نوینی دارند.

۳- توانایی کنترل یا دستکاری در سطوح اتمی.

بنابراین نانو فناوری، فناوری جدیدی است که تمام دنیا را فرا گرفته و به تعبیر دقیق‌تر: «نانو فناوری بخشی از آینده نیست بلکه همه‌ی آینده است»[۷].

---

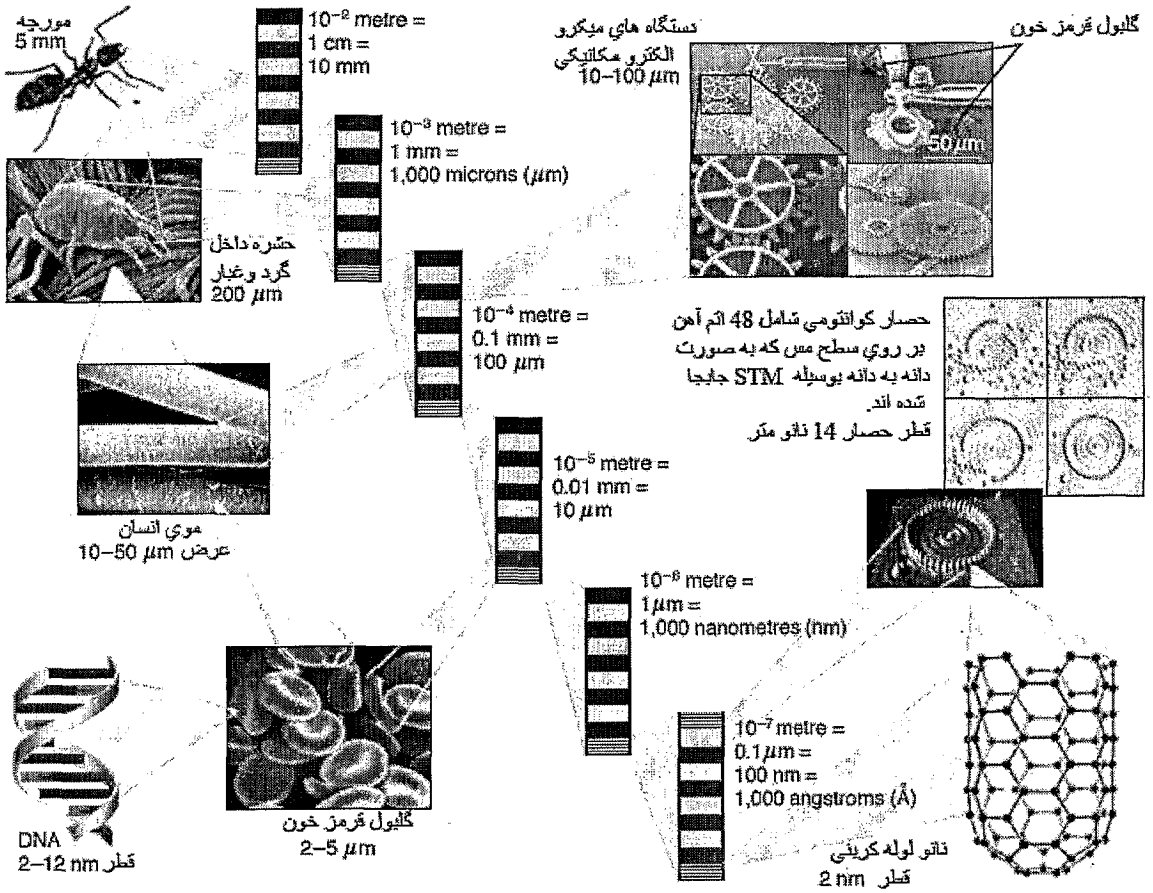
[1] Nanos
[2] Dwarf

آنچه موجب اهمیت نانو فناوری شده است، تفاوت‌های مهمی است که خواص مواد در مقیاس نانومتری با خواص مواد توده‌ای دارند. با کاهش ابعاد مواد به مقیاس نانومتری، پدیده‌های جدیدی ظهور می‌کنند که متفاوت از پدیده‌های متعارف فیزیک کلاسیک هستند. در بعد نانو، خواص کوانتومی ظاهر شده و قوانین حاکم بر خواص مواد در این مقیاس با آنچه بر ابعاد درشت (ماکرو) حاکم است، متفاوت می‌باشد. معمولاً منظور از مقیاس نانو، ابعادی در حدود ۱۰۰-۱ نانومترمی‌باشد. یک نانومتر برابر قطر ۱۰ اتم هیدروژن و یا ۵ اتم سیلسیم می‌باشد؛ به عبارت دیگر برابر یک میلیاردم متر است. تصور کنید که اگر موی انسان مانند یک تنه درخت با قطر یک متر باشد. در این صورت یک باکتری با طول متداول (یک میکرومتر) مانند یک هزارپا بر روی آن درخت و یک ویروس (که درحدود ۱۰۰ نانومتر طول دارد) مانند یک مورچه برروی آن درخت می‌باشند. در شکل ۱-۱، مقایسه ابعادی آنچه به صورت طبیعی وجود دارد با آنچه به‌دست انسان ساخته شده است، ارائه گردید [۸].

آنچه نانوفناوری به دنبال آن است، بهره‌برداری و استفاده کنترل شده از این خواص، کنترل ساختارها و سیستم‌ها در مقیاس اتمی و تجمع نمودن نانو ساختارها و نانوسیستم‌ها به صورت اجزاء و ادوات میکرومتری و ماکروسکوپی است [۹].

کاربرد نانوفناوری در حوزه‌های مختلف علوم نظیر غذا و دارو، تشخیص پزشکی و فناوری زیستی، الکترونیک و کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، مواد، هواوفضا و امنیت ملی سبب گردیده است تا جهان را به سوی آینده‌ای رهنمون سازد که در آن، فناوری‌نانو و مراقبت‌های بهداشتی سبب افزایش طول عمر و توانایی‌های جسمی می‌گردند. تقریباً نیمی از محصولات دارویی تا ۱۰ الی ۱۵ سال آینده وابسته به نانو فناوری خواهند بود. همچنین این فناوری موجب توسعه‌ی محصولات کشاورزی، ارائه‌ی راه‌های اقتصادی‌تر جهت تصفیه و نمک زدایی آب و بهینه‌سازی راه‌های استفاده از

منابع انرژی تجدیدناپذیر همچون انرژی خورشید خواهد شد و نیز با کاهش آلاینده‌ها، محیط زیستی سالم‌تر و پاک‌تر را به ما هدیه خواهد کرد[۲].



شکل ۱-۱ مقایسه ابعادی آنچه به صورت طبیعی وجود دارد با آنچه به‌دست انسان ساخته شده است [۸].

۱-۳ تاریخچه نانو فناوری

استفاده از نانو فناوری بر خلاف تصور عمومی، دارای سابقه تاریخی طولانی می باشد. چنان‌که در جام لیکورگاس[1] متعلق به قرن چهارم کشف شد که این شئ دارای ذرات نانومتری طلا ونقره است که در هنگام قرار گرفتن در نورهای مختلف، رنگ های گوناگون از خود نشان می دهد. ریشه‌ی بعضی از

[1]Lycurgas

نانوذرات به قرن دهم برمی‌گردد، از آن‌جمله می‌توان به ذرات طلا و نقره با قطر نانومتری اشاره کرد که در رنگ شیشه و سرامیک برای تولید رنگ‌های مختلف استفاده شده است. به‌علاوه، مصریان طلای کلوئیدی را با این باور که سبب افزایش حیات و سلامتی می‌گردد، مصرف می‌کردند[۱۰]. یکی از اولین گزارش‌های علمی در این رابطه، گزارش ساخت کلوئید طلا در سال ۱۸۵۷ توسط مایکل فارادی می‌باشد. در اوایل دهه۱۹۴۰، ذرات نانومتری تبخیر و ته‌نشین شده سیلیکا ساخته شد و در مقاوم سازی لاستیک به مصرف رسید و در دهه‌ی ۱۹۶۰ و۱۹۷۰، پودرهای نانومتری فلزات برای ذخیره اطلاعات بر روی نوار ساخته شده است. در سال ۱۹۷۶، بلورهای نانومتری برای ذخیره اطلاعات روی نوار ساخته شد که این بلورهای نانومتری توسط گرانکویست[۱] و بورمن[۲] با استفاده از روش تبخیر گاز کامل تولید گردید[۱۱].

بزرگترین تحول در تاریخ نانوفناوری در سال ۱۹۵۹ در پی سخنرانی ریچاد پی. فاینمن[۳]، نظریه-پرداز مکانیک کوانتوم، برنده‌ی جایزه‌ی نوبل فیزیک در سال ۱۹۶۵ با عنوان "فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد"، در دنیا ایجاد شد. امروزه این مقاله به عنوان بخشی از آیین‌نامه انجمن‌های نانوتکنولوژی در آمده است. بنابراین، فاینمن پدر علم نانو فناوری است.

نانو فناوری با تلاش‌های کی اریک درکسلر[۴] بسیار رشد یافت و به عنوان یک فناوری نوین به بشریت معرفی گردید. اریک درکسلر اولین مقاله‌ی علمی خود را در مورد «نانو فناوری ملکولی» (MNT)[۵] در سال ۱۹۸۱ ارائه داد [۱۲].

[1]Granqvist
[2]Buhrman
[3]Richard P.Feynman
[4]K. Eric Drixler
[5]Molecular nano technology

واژه‌ی نانو فناوری، اولین‌بار توسط نوریوتاینگوچی[1] استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۴۷ بر زبان‌ها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد و ابزارهای دقیق که تغییرات ابعادی آن‌ها در حد نانومتر می‌باشد، به کار برد. اما در آن زمان، بشر هنوز قادر به مشاهده یا احساس نمودن اتم‌ها و مولکول‌ها نبود. اوج تحولات در عرصه نانو، اختراع میکروسکوپ تونل زنی روبشی(STM)[2] در سال ۱۹۸۱ توسط روهروبینگ[3] از شرکت IBM در زوریخ بود. این اختراع محققین را قادر به دیدن مولکول‌ها و اتم‌ها نمود. واژه‌ی نانو فناوری را یک فارغ التحصیل انستیتو فناوری ماساچوست (MIT)[4] در کتاب «موتور آفرینش، آغاز نانو فناوری» ارائه کرد که این کتاب در سال ۱۹۸۶ به چاپ رسید.

پس از اختراع میکروسکوپ تونل زنی روبشی (STM)، تحقیقات علمی در مقیاس نانومتری شدت گرفت تا اینکه در سال ۱۹۹۱ پروفسور ایجیما[5] از شرکت NEC ژاپن، ساختاری جدید از اتم کربن را کشف کرد که تا آن زمان دیده نشده بود. وی این ساختار را که به صورت لوله‌هایی از جنس کربن با قطر نانومتری بود، نانولوله‌های کربنی نامید [۱۳].

۱-۴ برخی از خواص مواد نانومتری

مواد نانو به دلیل دارا بودن درصد بالای اتم‌های موجود در سطح، نسبت بالای حجم مرز ذرات به حجم واحد و نزدیکی اندازه دانه‌ها به اندازه اتم‌ها، دارای خواص ویژه‌ای می‌باشند. برخی از این خواص عبارتند از: استحکام، واکنش پذیری شیمیایی بالا، خواص الکتریکی و مغناطیسی جالب توجه است. برخی از مواد که در مقیاس نانو تولید شده‌اند، خاصیت ابرکشسانی[6] (بازگشت الاستیک به حالت اولیه

[1]Norio Taniguchi
[2]Scanning Tunneling Microscopy
[3]Rohrobing
[4]Masachoset Institate Technology
[5]Somio Iijima
[6]Superplasticity