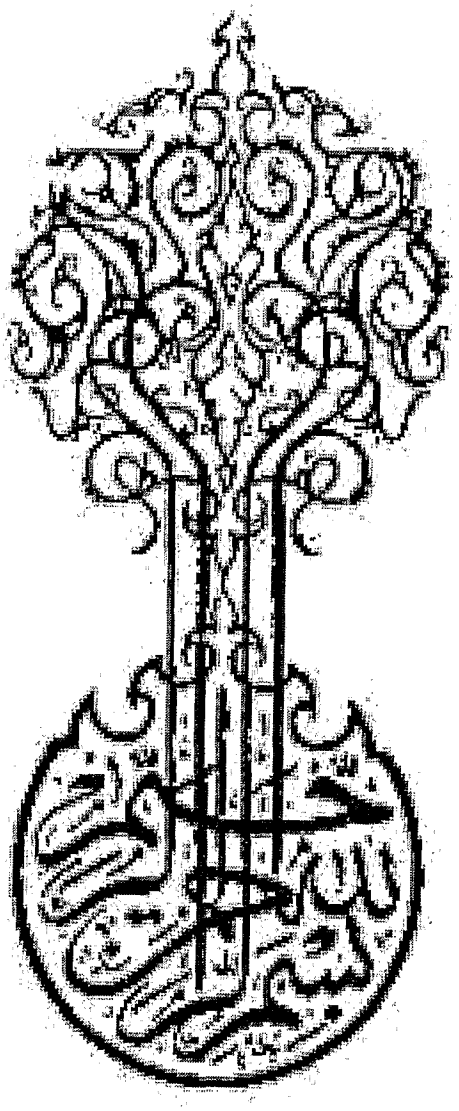


٥٧٤٠١

۸۷/۱/۱۰۰۴۶۷
۸۷۸۰۱۰۸

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی فیزیک

گرایش حالت جامد

عنوان پایان نامه

هدایت گرمایی نانو لوله های کربنی آرمچر ونانوریبون های کربنی آرمچر با استفاده از شبیه سازی دینامیک مولکولی

مرکز اطلاعات علمی

استاد راهنما:

دکتر رستم مرادیان

نگارش:

سحر ناظری

۱۳۸۷ /۹/ ۲۳

مهر ۱۳۸۷

۱۰۴۱۹۵

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.

دانشگاه رازی

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی فیزیک گرایش حالت جامد

سحر ناظری

تحت عنوان:

هدایت گرمایی نانو لوله های کربنی آرمچر ونانوریبون های کربنی آرمچر با استفاده از شبیه سازی دینامیک مولکولی

در تاریخ ۱۳۷۸/۷/۲۲ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید .

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر رستم مرادیان با مرتبه ی علمی دانشیار امضاء

۲- استاد داور داخل گروه دکتر علی فتحعلیان با مرتبه ی علمی استادیار امضاء

۴- استاد داور خارج از گروه دکتر محسن حیاتی با مرتبه ی علمی استادیار امضاء

تقدیم به:

قلب پاک مادرم

به پاس زحمت ها، محبت ها

فداکاری ها و از خودگذشتگی هایش

با تشکر و قدردانی از:

سپاس و آفرین ایزد جهان آفرین راست. آن که اختران رخشان، به پرتو روشنی و پاکی او تابنده اند و چرخ گردان به خواست و فرمان او پاینده. آفرینده ای که پرستیدن اوست سزاوار. دهنده ای که خواستن جز از او نیست خوش گوار.

- تمامی آنان که آموخته های عمر پربار خویش را فراروی پویندگان دانش نهادند.

- دکتر رستم مرادیان، استاد راهنمای خوبم که اعتمادشان به من در این مدت نیروی محرکه ای برای من به حساب می آمد.

- دکتر سید محمد الهی، شاید به جرأت می توانم دلیل ادامه تحصیلم در گرایش حالت جامد را کلاس های فوق العاده این استاد بزرگوار در دوره لیسانس خود ذکر کنم.

- تمام اساتید بزرگوار گروه فیزیک، به دلیل مساعدت های فراوانشان در حضور شش ساله من در این گروه.

- دوستان عزیز و خواهران خوبم در گروه فیزیک

و همه عزیزانی که مرا در به پایان بردن این مقطع تحصیلی یاری دادند.

چکیده

رسانش گرمایی نمونه های مختلفی از نانولوله های کربنی و نانو ریبون های کربنی آرمچر ، در رنج دمایی ۱۰۰- ۵۰۰ درجه کلوین با استفاده از روش شبیه سازی دینامیک مولکولی غیر تعادلی و در نظر گرفتن پتانسیل برهمکنشی Brenner نوع اول محاسبه شده است . همه موارد شبیه سازی با دمای ۱۰۰ درجه کلوین شروع شده و رسانش گرمایی رفتار پیک مانندی را قبل از افت در دماهای بالا نشان می دهد . پیک نمودار به ازای افزایش قطر نانولوله ها به سمت دماهای بالاتر شیفت پیدا می کند . پراکندگی Umklapp را می توان عامل اصلی پیک نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما دانست .همچنین در این کار اثرات در رفتگی و نقص های SW در نقاط مختلف این نانوساختارها ، بر رسانش گرمایی آنها بررسی شده است .

در فصل اول مقدمه ای کلی راجع به نانوفناوری و چگونگی شکل گیری آن آورده شده است . در فصل دوم به معرفی نانولوله ها و نانوریبون ها به همراه ساختار هندسی آن ها پرداخته ایم . در ادامه مطالب در فصل های سوم و چهارم نیز روش دینامیک مولکولی و روش های کلی محاسبه خواص گرمایی نانوساختارها را با استفاده از این روش آورده ایم .

و بالاخره فصل های چهارم و پنجم به معرفی پتانسیل های کلی حاکم بر سیستم و بیان نتایج کلی این کار اختصاص یافته است .

فهرست مطالب

عنوان | **صفحه**

فصل اول : مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- عنصر پایه در فناوری نانو ۴
۱-۳- کاربرد فناوری نانو ۶

فصل دوم : نانولوله های کربنی و خواص فیزیکی آنها

۲-۱- تاریخچه نانو لوله ها ۸
۲-۲- ویژگی های نانو لوله های کربنی ۹
۲-۳- کاربرد های نانو لوله های کربنی ۱۲
۲-۴- روش‌های تولید نانو لوله های کربنی ۱۵
۲-۵- ساختار نانولوله های کربنی و طبقه بندی آنها ۱۷

فصل سوم : دینامیک مولکولی MD

۳-۱- شبیه سازی دینامیک مولکولی ۲۶
۳-۲- ایده اولیه ۲۶
۳-۳- برنامه کامپیوتری ۲۷
۳-۴- ورودی ۲۸
۳-۵- محاسبه نیرو ۳۰
۳-۵-۱- روشهای محدود کردن رنج پتانسیل ۳۲
۳-۶- انتگرالگیری از معادلات حرکت ۳۳
۳-۷- متوسط گیری از کمیت ها ۳۴
۳-۸- بی بعد کردن سیستم ۳۶
۳-۸-۱- بی بعد کردن سیستم های نانو کربنی ۳۷
۳-۹- معادلات حرکت ۳۸
۳-۹-۱- الگوریتم های دیگر ۴۰

فصل چهارم : روش های کلی محاسبه خواص گرمایی

۴-۱- مقدمه ۴۴
۴-۲- دینامیک مولکولی غیرتعادلی (NEMD) ۴۵
۴-۳- دینامیک مولکولی تعادلی (EMD) ۴۵
۴-۴- دینامیک مولکولی غیرتعادلی همگن (HNEMD) ۴۶

عنوان	صفحه

۴-۵- ویژگی های یک روش خوب ۴۷
۴-۶- روش انتخابی ۴۸

فصل پنجم : پتانسیل و نیرو

۵-۱- مقدمه ۵۲
۵-۲- پتانسیل حاکم بر سیستم ۵۲
۵-۲-۱- پتانسیل Tersoff ۵۳
۵-۲-۲- پتانسیل Brenner نوع اول ۵۴
۵-۲-۳- پتانسیل Brenner نوع دوم ۵۷
۵-۳- محاسبه نیروی Brenner ۵۹

فصل ششم : نتایج

۶-۱- مقدمه ۶۵
۶-۲- روش کار ۶۵
۶-۳- نقص ها ۶۸
۶-۳-۱- نقص Stone Wale ۶۸
۶-۳-۲- در رفتگی (تهی جای) ۷۰
۶-۴- بحث و نتیجه گیری ۷۶
۶-۴-۱- فرایند های واگرد ۷۶
۶-۴-۲- بحث آخر ۷۷

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- نانوذرات ۵
شکل ۱-۲- نانولوله کربنی ۶
شکل ۲-۱- انواع نانولوله های چندجداره وتک جداره ۸
شکل ۲-۲- ذخیره سازی درنانولوله ها ۱۱
شکل ۲-۳- صفحه گرافنی و بردارهای نانولوله ۱۸
شکل ۲-۴- ساختارهای مختلف نانولوله ها ۱۸
شکل ۲-۵- محاسبه مکان اتم ها در ساختارشش گوشی ۲۱
شکل ۳-۱- دیاگرام MD ۳۸
شکل ۳-۲- نمودار انرژی ۴۲
شکل ۵-۱- نمودار تابع برش ۵۵
شکل ۶-۱- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۳,۳) درطول ثابت ۱۱,۰۷۵۴آنگسترم ۶۶
شکل ۶-۲- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۳,۳) درطول ثابت ۱۵,۹۹۷۸آنگسترم ۶۶
شکل ۶-۳- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۴,۴) درطول ثابت ۱۱,۰۷۵۴آنگسترم ۶۶
شکل ۶-۴- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۴,۴) درطول ثابت ۱۵,۹۹۷۸آنگسترم ۶۷
شکل ۶-۵- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۵,۵) درطول ثابت ۱۱,۰۷۵۴آنگسترم ۶۷
شکل ۶-۶- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۵,۵) درطول ثابت ۱۵,۹۹۷۸آنگسترم ۶۷
نمودار ۶-۷- رسانش رمایی بر حسب طول نانولوله کربنی (۴و۴)در دمای اتاق ۶۸
شکل ۶-۸- نقص Stone-Wale ۶۹
شکل ۶-۹- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۳,۳) در طول ۱۱,۰۷۵۴ آنگسترم با اعمال نقص Stone-Wale ۶۹
شکل ۶-۱۰- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۴,۴) در طول ۱۱,۰۷۵۴ آنگسترم با اعمال نقص Stone-Wale ۷۰
شکل ۶-۱۱- نقص تهی جای ۷۰
شکل ۶-۱۲- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۳,۳) در طول ۱۱,۰۷۵۴ آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه دوم ۷۱
شکل ۶-۱۳- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۳,۳) در طول ۱۵,۹۹۷۸ آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه دوم ۷۱
شکل ۶-۱۴- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۴,۴) در طول ۱۱,۰۷۵۴ آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه دوم ۷۱

شکل ۶-۱۵- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۴,۴) در طول ۱۵,۹۹۷۸ آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه دوم ۷۲
شکل ۶-۱۶- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۵,۵) در طول ۱۱,۰۷۵۴ آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه دوم ۷۲
شکل ۶-۱۷- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۵,۵) در طول ۱۵,۹۹۷۸آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه دوم ۷۲
شکل ۶-۱۸- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۶,۶) در طول ۱۱,۰۷۵۴ آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه دوم ۷۳
شکل ۶-۱۹- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۶,۶) در طول ۱۵,۹۹۷۸آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه دوم ۷۳
شکل ۶-۲۰- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۳و۳) در طول ۱۱,۰۷۵۴ آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه سوم ۷۴
شکل ۶-۲۱- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۳و۳) در طول ۱۵,۹۹۷۸ آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه سوم ۷۴
شکل ۶-۲۲- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۴,۴) در طول ۱۱,۰۷۵۴ آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه سوم ۷۴
شکل ۶-۲۳- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۴,۴) در طول ۱۵,۹۹۷۸ آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه سوم ۷۵
شکل ۶-۲۴- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۵,۵) در طول ۱۵,۹۹۷۸ آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه سوم ۷۵
شکل ۶-۲۵- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۶,۶) در طول ۱۱,۰۷۵۴ آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه سوم ۷۵
شکل ۶-۲۶- نمودار رسانش گرمایی بر حسب دما برای کایرالیتی (۶,۶) در طول ۱۵,۹۹۷۸ آنگسترم با اعمال نقص تهی جای در لایه سوم ۷۶
شکل ۶-۲۷- پراکندگی های نرمال و واگرد ۷۷

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۵-۱- پارا متر های پتانسیل Tersoff ۵۴

جدول ۵-۲- پارامتر های پتانسیل brenner ۶۰

جدول ۵-۳- مشتقات جزئی تابع $F_{ij}\left(N_i^{(t)}, N_j^{(t)}, N_{ij}^{conj}\right)$ ۶۲

جدول ۶-۱- مقا یسه دمای میانگین به دست آمده از برنامه با دمای اولیه داده شده به سیستم ۶۸

فصل اول

مقدمه

۱ – ۱ مقدمه

فناوری‌نانو واژه‌ای است کلی ،که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود . معمولاً منظور از مقیاس نانو ابعادی در حدود 1nm تا 100 nm می‌باشد. (۱ نانومتر 10^{-9} یک میلیاردیم متر است) .

اولین جرقه فناوری نانو (البته در آن زمان هنوز به این نام شناخته نشده بود) در سال ۱۹۵۹ زده شد. در این سال ریچارد فاینمن طی یک سخنرانی با عنوان " فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد " ایده فناوری نانو را مطرح ساخت . وی این نظریه را ارائه داد ، که در آینده‌ای نزدیک می‌توانیم مولکول‌ها و اتم‌ها را به صورت مسقیم دستکاری کنیم.

در همان سال ریچارد فاینمن مقاله‌ای را دربارهٔ قابلیت‌های فناوری نانو در آینده منتشر ساخت .

باوجود موقعیت‌هایی که توسط بسیاری تا آن زمان کسب‌شده بود، ریچارد. پی. فاینمن را به عنوان پایه گذار این علم می‌شناسند. فاینمن که بعدها جایزه نوبل را در فیزیک دریافت کرد درآن سال در یک مهمانی شام که توسط انجمن فیزیک آمریکا برگزار شده بود ، سخنرانی کرد و ایده فناوری نانو را برای عموم مردم آشکار ساخت .

سخنرانی او شامل این مطلب بود که می‌توان تمام دایره‌المعارف بریتانیا را بر روی یک سنجاق نگارش کرد.یعنی ابعاد آن به اندازه ۱/ ۲۵۰۰۰ ابعاد واقعیش کوچک می شود . او همچنین از دوتایی کردن اتم‌ها برای کاهش ابعاد کامپیوترها سخن گفت (در آن زمان ابعاد کامپیوترها بسیار بزرگتر از ابعاد کنونی بودند) اما او احتمال می‌داد که ابعاد آنها را بتوان حتی از ابعاد کامپیوترهای کنونی نیز کوچکتر کرد . او همچنین در آن سخنرانی توسعه بیشتر فناوری نانو را پیش‌بینی نمود .

واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریوتانیگوچی استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبانها جاری شد . او این واژه را برای توصیف ساخت مواد (وسایل) دقیقی که تلورانس ابعادی آنها در حد نانومتر می‌باشد، به کار برد. در سال ۱۹۸۶ این واژه توسط " کی اریک درکسلر " در کتابی تحت عنوان " موتور آفرینش: آغاز دوران فناوری‌نانو " بازآفرینی و تعریف مجدد شد. وی این واژه را به شکل عمیق‌تری در رساله دکترای خود مورد بررسی قرار داده و بعدها آنرا در کتابی تحت عنوان" نانوسیستم‌ها ماشین‌های مولکولی، چگونگی ساخت و محاسبات آنها" توسعه داد .

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 واژهٔ 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 برده اند 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 .

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 (Medieal forges) برای شکل‌دادن شیشه‌هایشان استفاده می‌کرده‌اند. البته این شیشه‌گران نمی‌دانستند که چرا با اضافه‌کردن 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 هم‌اکنون در بین شیشه‌های بسیار قدیمی یافت می‌شوند.

رنگ به‌وجودآمده در این شیشه‌ها برپایه 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 . رنگدانه‌های تزیینی جام مشهور لیکرگوس در روم باستان (قرن چهارم بعد از میلاد) نمونه‌ای از آنهاست. این جام هنوز در موزه بریتانیا قرار دارد و بسته به جهت نور تابیده به آن رنگهای متفاوتی دارد. نور انعکاس یافته از آن سبز است ولی اگر نوری از درون آن بتابد، به رنگ قرمز دیده می‌شود. آنالیز این شیشه حکایت از وجود مقادیر بسیار اندکی از بلورهای فلزی ریز ۷۰۰ (nm) دارد ، که حاوی نقره و طلا با نسبت مولی تقریبا ۱۴ به 1 است حضور این نانوبلورها باعث رنگ ویژه جام لیکرگوس گشته است.

برخی از رویدادهای مهم تاریخی در شکل گیری فناوری و علوم نانو :

تاریخ	رویدادهای مهم در زمینه فناوری نانو
۱۸۵۷	مایکل فارادی محلول کلوئیدی طلا را کشف کرد
۱۹۰۵	تشریح رفتار محلول‌های کلوئیدی توسط آلبرت انیشتین
۱۹۳۲	ایجاد لایه‌های اتمی به ضخامت یک مولکول توسط لنگمویر (Langmuir)

۱۹۵۹	فاینمن ایده " فضای زیاد در سطوح پایین " را برای کار با مواد در مقیاس نانو مطرح کرد
۱۹۷٤	برای اولین بار واژه فناوری نانو توسط نوریو تانیگوچی بر زبانها جاری شد
۱۹۸۱	IBM دستگاهی اختراع کرد که به کمک آن می‌توان اتم‌ها را تک تک جابه‌جا کرد.
۱۹۸۵	کشف ساختار جدیدی از کربن C60
۱۹۹۰	شرکت IBM توانایی کنترل نحوه قرارگیری اتم‌ها را نمایش گذاشت
۱۹۹۱	کشف نانو لوله‌های کربنی
۱۹۹۳	تولید اولین نقاط کوانتومی با کیفیت بالا
۱۹۹۷	ساخت اولین نانو ترانزیستور
۲۰۰۰	ساخت اولین موتور DNA
۲۰۰۱	ساخت یک مدل آزمایشگاهی سلول سوخت با استفاده از نانو لوله
۲۰۰۲	شلوارهای ضدلک به بازار آمد
۲۰۰۳	تولید نمونه‌های آزمایشگاهی نانوسلول‌های خورشیدی
۲۰۰٤	تحقیق و توسعه برای پیشرفت در عرصه فناوری‌نانو ادامه دارد

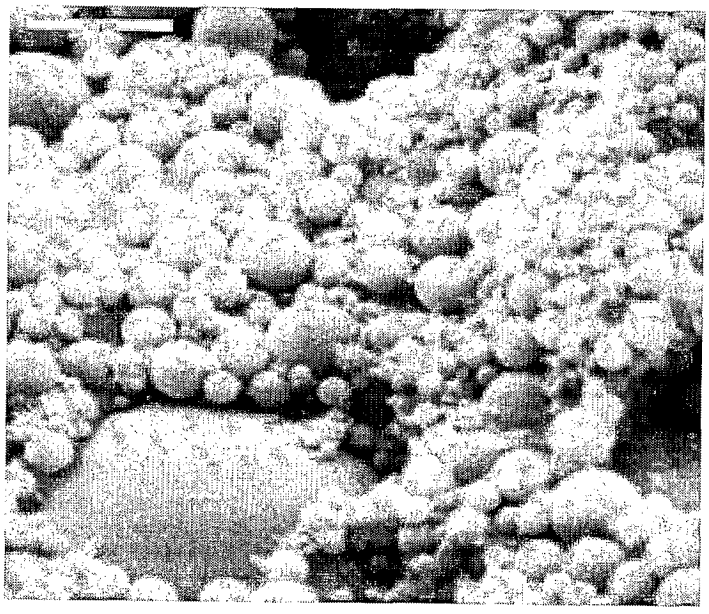
۱–۲ عنصر پایه در فناوری نانو :

تفاوت اصلی فناوری نانو با فناوری‌های دیگر در مقیاس مواد و ساختارهایی است که در این فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرند . البته تنها کوچک بودن اندازه مد نظر نیست ؛ بلکه زمانی که اندازه مواد دراین مقیاس قرار می‌گیرد ، خصوصیات ذاتی آنها از جمله رنگ ، استحکام ، مقاومت خوردگی و ... تغییر می‌یابد.

در حقیقت اگر بخواهیم تفاوت این فناوری را با فناوری‌های دیگر به صورت قابل ارزیابی بیان نماییم، می‌توانیم وجود "عناصر پایه" را به عنوان یک معیار ذکر کنیم. عناصر پایه در حقیقت همان عناصر نانومقیاسی هستند که خواص آنها در حالت نانومقیاس با خواص‌شان در مقیاس بزرگتر فرق می‌کند.

۱ . اولین و مهمترین عنصر پایه، نانوذره است. منظور از نانوذره ، همانگونه که از نام آن مشخص است ، ذراتی با ابعاد نانومتری در هر سه بعد می‌باشد .

نانوذرات می‌توانند از مواد مختلفی تشکیل شوند، مانند نانوذرات فلزی، سرامیکی، ... .

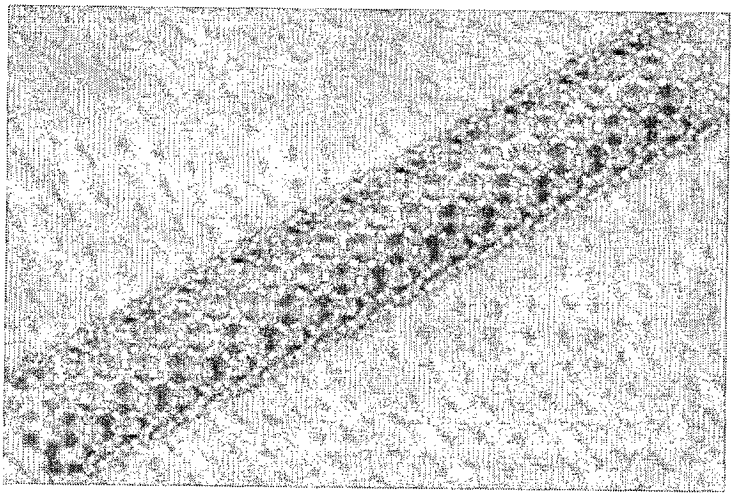


شکل ۱ – ۱ : نانوذرات

۲ . دومین عنصر پایه ، نانوکپسول است . همان طوری که از اسم آن مشخص است، کپسول‌هایی هستند که قطر نانومتری دارند و می‌توان مواد مورد نظر را درون آنها قرار داد و کپسوله کرد .

سال‌هاست که نانوکپسول‌ها در طبیعت تولید می‌شوند ؛ مولکول‌های موسوم به فسفولیپیدها که یک سر آنها آبگریز و سر دیگر آنها آبدوست است ، وقتی در محیط آبی قرار میگیرند خود به خود کپسول‌هایی را تشکیل می‌دهند که قسمت‌های آبگریز مولکول در درون آنها واقع می‌شود و از تماس با آب محافظت می‌شود. حالت برعکس نیز قابل تصور است .

۳ . عنصر پایه بعدی نانولوله کربنی است . این عنصر پایه در سال ۱۹۹۱ در شرکت NEC کشف شدند و در حقیقت لوله‌هایی از گرافیت می‌باشند . اگر صفحات گرافیت را پیچیده و به شکل لوله در بیاوریم، به نانولوله‌های کربنی می‌رسیم . این نانولوله‌ها دارای اشکال و اندازه‌های مختلفی هستند و می‌توانند تک دیواره یا چند دیواره باشند . این لوله‌ها خواص بسیار جالبی دارند که منجر به ایجاد کاربردهای جالب توجهی از آنها می‌شود.



شکل ۱ – ۲ : نانولوله کربنی

۱ – ۳ کاربرد فناوری نانو :

در حقیقت کاربرد فناوری نانو از کاربرد عناصر پایه نشأت می‌گیرد. هر کدام از این عناصر پایه، ویژگی‌های خاصی دارند که استفاده از آنها در زمینه‌های مختلف ، موجب ایجاد خواص جالبی می‌گردد . مثلاً از جمله کاربردهای نانوذرات می‌توان به دارورسانی هدفمند و ساده ، بانداژهای بی‌نیاز از تجدید ، شناسایی زود هنگام و بی‌ضرر سلول‌های سرطانی ، و تجزیه آلاینده‌های محیط زیست اشاره کرد . همچنین نانولوله‌های کربنی دارای کاربردهای متنوعی می‌باشند که موارد زیر را می‌توان ذکر کرد:

- تصویر برداری زیستی دقیق
- حسگرهای شیمیایی و زیستی قابل اطمینان و دارای عمر طولانی
- شناسایی و جداسازی کاملاً اختصاصیDNA
- ژن‌درمانی که از طریق انتقال ژن به درون سلول توسط نانولوله‌ها صورت می‌پذیرد
- از بین بردن باکتری‌ها

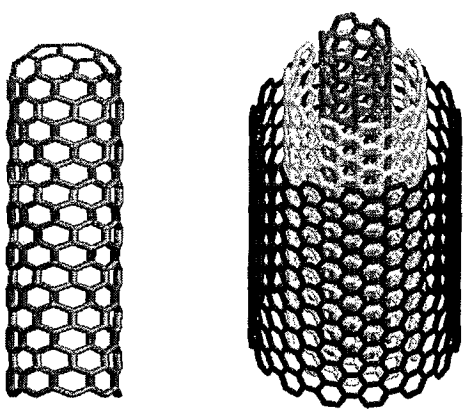
اینها تنها مواردی از کاربردهای بسیار زیادی هستند که برای عناصر پایه قابل تصور می‌باشند. کاربرد دیگر آنها در صنعت است .

فصل دوم

نانولوله های کربنی وخواص فیزیکی آنها

۲ – ۱ تاریخچه نانو لوله ها :

نانولوله های کربنی که از صفحات کربن به ضخامت یک اتم و به شکل استوانه‌ای توخالی ساخته شده است در سال ۱۹۹۱ توسط سامیو ایجیما (از شرکت NEC ژاپن) کشف شد .خواص ویژه و منحصر به فرد آن ازجمله مدول یانگ بالا و استحکام کششی خوب از یک طرف و طبیعت کربنی بودن نانولوله‌ها (به خاطر این که کربن ماده‌ای است کم وزن، بسیار پایدار و ساده جهت انجام فرایندها که نسبت به فلزات برای تولید ارزان‌تر می‌باشد) باعث شده که در دهه گذشته شاهد تحقیقات مهمی در کارایی و پرباری روش‌های رشد نانولوله‌ها باشیم . کارهای نظری و عملی زیادی نیز بر روی ساختار اتمی و ساختارهای الکترونی نانولوله متمرکز شده است . کوشش‌های گسترده‌ای نیز برای رسیدگی به خواص مکانیکی شامل مدول یانگ و استحکام کششی و ساز وکار عیوب و اثر تغییر شکل نانولوله‌ها بر خواص الکتریکی صورت گرفته است .
می توان گفت این علاقه ویژه به نانولوله‌ها از ساختار و ویژگی‌های بی‌نظیر آن ها سرچشمه می گیرد .
نانولوله‌ها به دو دسته تک جداره و چند جداره تقسیم می‌شوند، نانو لوله های تک جداره نیز بر حسب آرایش اتم‌های کربنی مقطع لوله به سه دسته مهم دسته صندلی[1] و کایرال[2] که دارای خاصیت فلزی هستند و زیگزاگ[3] که هم خاصیت نیمه‌رسانایی و هم خاصیت فلزی دارد، تقسیم می‌شوند .



شکل ۲ – ۱ انواع نانولوله های چندجداره و تک جداره

[1] Armchair
[2] Chiral
[3] Zigzag