بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده علوم پایه

تأییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیئت داوران نسخهٔ نهایی پایان‌نامه خانم/ آقای **مسعود صادقی**رشته **شیمی آلی** تحت عنوان: **سنتز وشناسایی نانو آهن ارتو وانادات با کلیشه کربن نانو تیوب وبررسی خواص کاتالیستی آنها** را از نظر فرم و محتوا بررسی نموده و آن را برای اخذ درجهٔ کارشناسی ارشد و برگزاری جلسه دفاعیه در تاریخ۹۱/۶/۲۶ مورد تأیید قرار دادند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبهٔ علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر اکبر حیدری	استاد	
۲- استاد مشاور	دکتر علی مرسلی	استاد	
۳- استاد ناظر داخلی	دکتر عبد العلی علیزاده	دانشیار	
۴- استاد ناظر خارجی	دکتر رحیم حکمت شعار	استاد	
۵- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر عبد العلی علیزاده	دانشیار	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب **مسعود صادقی** دانشجوی رشته **شیمی آلی** ورودی سال تحصیلی **۱۳۸۹** مقطع **کارشناسی ارشد** دانشکده **علوم پایه** متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا: مسعود صادقی

تاریخ: ۱۳۹۱/۷/۱۰

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین‌بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/رساله دکتری نگارنده دررشته **شیمی آلی**است که در سال**۱۳۹۱** در دانشکده**علوم پایه** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب‌آقای **دکتر اکبر حیدری**و مشاورهجناب آقای دکتر **علی مرسلی**از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظوراستیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب**مسعود صادقی** دانشجوی رشته **شیمی آلی**مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: مسعود صادقی

تاریخ و امضا: ۱۳۹۱/۷/۱۵

دانشکده علوم پایه

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی (آلی)

سنتز و شناسائی نانو آهن ارتو وانادات با کلیشه کربن نانوتیوب
و
بررسی خواص کاتالیستی آنها

نگارش

مسعود صادقی

استاد راهنما

دکتر اکبر حیدری

استاد مشاور

دکتر علی مرسلی

شهریور ۱۳۹۱

چکیده

در انجام این پروژه، هدف سنتز نانو آهن اورتووانادات در مجاورت نانولوله کربنی در کنار مواد اولیه به عنوان کلیشه است. ابتدا با قراردادن لیگاند مورد نظر (در این‌جا آمونیوم متاوانادات) در مجاورت نانولوله کربنی، پیوندهایی بین سطح خارجی نانولوله کربنی و لیگاند ایجاد می‌شود که منجر به ایجاد محصول نانولوله کربنی پوشیده شده با لیگاند می‌شود و پس از آن با اضافه کردن پیش ماده فلز مورد نظر و انجام شرایط لازم به صورت روش هم‌رسوبی نانولوله‌های کربنی پوشش داده شده با آهن وانادات تولید می‌شود. در نهایت هم با کلسینه کردن محصول فوق که منجر به سوختن نانولوله کربنی می‌شود، محصول مورد نظر یعنی، نانوآهن وانادات با اشکال گوناگون تولید می‌شود.

در این پژوهش دو واکنش اکسایش هیدروکسیل در موقعیت بنزیلی و اکسایش هیدروژن در موقعیت بنزیلی با کمک کاتالیزور آهن وانادات و معرف آب اکسیژنه و همچنین معرف اوره-هیدروژن پراکسید به عنوان معرف اکسید کننده مورد مطالعه قرار گرفتند، که نتایج بیانگر عملکرد بهتر معرف اوره هیدروزن پراکسید در مقایسه با معرف آب اکسیژنه بودند.

واژه‌های کلیدی:

نانولوله کربنی، آمونیوم متاوانادات، آهن اورتووانادات، اکسایش موقعیت بنزیلی، اوره هیدروژن پراکسید

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... و

فهرست شماها ..... ز

فصل اول: مقدمه

۱-۱-فناوری نانو ۲

۱-۱-۱-تعریف ۲

۱-۱-۲-تاریخچه ۲

۱-۱-۳-ارکان پایه ۳

۱-۱-۴-روشهای تولید نانوذرات ۵

۱-۱-۵-نانولوله‌های کربنی ۵

۱-۱-۵-۱-انواع نانولوله‌های کربنی ۵

۱-۱-۵-۲-خواص نانولوله‌های کربنی ۶

۱-۱-۵-۳-روشهای تولید نانو لوله های کربنی ۷

۱-۱-۵-۴-کاربردهای نانولوله‌های کربنی ۱۰

۱-۱-۵-۵-مشکلات موجود جهت تهیه نانولوله‌های کربنی ۱۰

۱-۱-۶-نانولوله‌های کربنی به عنوان کلیشه ۱۱
۱-۱-۶-۱-روش خارج از محل: اتصال نانوذرات به نانولوله کربنی ۱۲
۱-۱-۶-۱-۱-برهم‌کنش‌های کووالانسی ۱۲
۱-۱-۶-۱-۲-برهم‌کنش‌های غیر کووالانسی ۱۳
۱-۱-۶-۱-۲-۱-انباشتگی پیوند دوگانه غیر مستقر ۱۴
۱-۱-۶-۱-۲-۲-برهم کنش‌های الکترواستاتیک ۱۴
۱-۱-۶-۲-روش در محل: به صورت مستقیم بر روی سطح نانولوله کربنی ۱۵
۱-۱-۶-۲-۱-تکنیک‌های الکتروشیمیایی ۱۶
۱-۱-۶-۲-۱-۱-اکسایش و کاهش شیمیایی ۱۶
۱-۱-۶-۲-۱-۲-ترسیب الکتریکی ۱۷
۱-۱-۶-۲-۱-۳-ترسیب فلزی غیرالکتریکی ۱۷
۱-۱-۶-۲-۲-تکنیک هیدروترمال ۱۷
۱-۱-۶-۲-۲-۱-فرایندهای کمک شده با پلی‌اول‌ها و کمک شده با بخار ۱۷
۱-۱-۶-۲-۲-۲-حلال‌های فوق بحرانی ۱۸
۱-۱-۶-۳-مقایسه تکنیک‌های سنتزی ۱۸
۱-۲-کاتالیزور ۱۹

۱-۲-۱-تعریف ۱۹
۱-۲-۲-تاریخچه کاتالیزور ۲۰
۱-۲-۳-تقسیم بندی و عوامل موثر در تقسیم بندی کاتالیزورها ۲۱
۱-۲-۴-مقایسه کاتالیزورهای همگن و ناهمگن ۲۳
۱-۲-۵-نانوکاتالیزورها ۲۵
۱-۲-۵-۱-تعریف ۲۵
۱-۲-۵-۲-برتری نانوکاتالیست‌ها نسبت به کاتالیست‌های سنتی ۲۵
۱-۳-وانادات، معرفی، ویژگی‌ها و کاربرد ۲۵
۱-۳-۱-شیمی وانادیوم ۲۵
۱-۳-۲-وانادات (وانادیوم (V)) ۲۶
۱-۴-دستگاه‌ها و روشهای مورد استفاده ۲۹
۱-۴-۱-میکروسکوپ الکترونی روبشی ۲۹
۱-۴-۲-آنالیز متفرق کننده انرژی اشعه ایکس ۳۰
۱-۴-۳-سایر موارد ۳۱
۱-۵-هدف ما و مروری بر فصول آتی ۳۲

فصل دوم: سنتز کاتالیست آهن وانادات

۲-۱-آهن وانادات ۳۵

۲-۱-۱-روشهای عمومی تهیه آهن وانادات ۳۶

۲-۱-۲-روش تهیه آهن وانادات به کمک کربن نانوتیوب به عنوان کلیشه ۳۸

۲-۱-۲-۱-تهیه نانو میله و نانوذرات آهن وانادات ۳۸

۲-۱-۲-۲-تهیه نانومکعب آهن وانادات ۳۹

۲-۲-روشهای شناسایی و تایید ساختار آهن وانادات ۴۰

۲-۲-۱-طیف سنجی فروسرخ تبدیل فوریه ۴۰

۲-۲-۲-الگوی پراش پرتوی ایکس ۴۱

۲-۲-۳-میکروسکوپ الکترونی روبشی جفت شده با آنالیز متفرق کننده انرژی پرتوی ایکس ۴۳

فصل سوم واکنش‌های کاتالیز شده توسط آهن وانادات

۳-۱-الکل‌ها ۴۶

۳-۱-۱-خواص الکل‌ها ۴۷

۳-۱-۲-واکنش‌های الکل‌ها ۴۷

۳-۲-اکسایش ۴۸

۳-۲-۱-اکسایش الکل‌ها ۴۹

۳-۳-اکسایش الکل‌های بنزیلی توسط آهن وانادات ۵۰

۳-۳-۱-مکانیزم اکسایش ۵۰

۳-۳-۲-واکنش اکسایش الکل‌های بنزیلی ۵۲

۳-۳-۳-تعیین شرایط مرزی تبدیل بنزیل الکل به بنزوئیک اسید ۵۳

۳-۳-۴-بهینه سازی کاتالیزور آهن وانادات ۵۴

۳-۳-۴-نتایج انجام واکنش اکسایش برای مشتقات مختلف بنزیل الکل ۵۵

۳-۳-۵-آزمایش رد فروشویی ۵۷

۳-۴-اکسایش هیدروژن بنزیلی ۵۸

۳-۴-۱-اکسایش هیدروژن بنزیلی به کتون‌های آروماتیک توسط کاتالیزور آهن وانادات ۵۹

۳-۵-اکسایش آنیلین ۶۱

۳-۵-۱-اکسایش آنیلین توسط کاتالیزور آهن وانادات ۶۱

۳-۶-اکسایش بنزیل آمین ۶۲

۳-۶-۱-اکسایش بنزیل آمین به بنزالدهید توسط کاتالیزور آهن وانادات ۶۳

فصل چهارم: بحث و نتیجه‌گیری

۴-۱-جمع بندی و خلاصه ۶۹

۴-۲-مزایای کاتالیزورهای تهیه شده ۷۰

فهرست مراجع ۷۲

پیوست: طیف سنجی فروسرخ تبدیل فوریه ۸۲

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱: نمایش مختصر از سیر تحولات تاریخی کاتالیزورهای مورد استفاده در صنعت ۲۰

جدول ۱-۲: نمایش تفاوت‌های بیشتری از دو نوع کاتالیزور همگن و ناهمگن ۲۴

جدول ۲-۱: نوارهای فرکانسی طیف سنجی زیرقرمز آهن وانادات ۴۰

جدول ۳-۱: بهینه سازی کاتالیزور برای مشتق ۲-برمو بنزیل الکل با معرف آب اکسیژنه ۵۴

جدول ۳-۲: بهینه سازی کاتالیزور برای مشتق ۲-برمو بنزیل الکل با معرف اوره-هیدروژن پراکسید..... ۵۵

جدول ۳-۳: مقایسه قدرت اکسیدکنندگی معرف‌های آب اکسیژنه و اوره-هیدروژن پراکسید ۵۵

جدول ۳-۴: نتایج مشتقات مربوط به بنزیل الکل با معرف آب اکسیژنه ۵۶

جدول ۳-۵: نتایج مشتقات مربوط به بنزیل الکل با معرف اوره-هیدروژن پراکسید ۵۷

جدول ۳-۶: مشتقات آلکیل آروماتیک ۶۰

جدول ۳-۷: تعدادی از معرف‌های اکسید کننده آنیلین ۶۱

جدول ۴-۱: کاتالیزورهای استفاده شده جهت اکسایش بنزیل الکل ۷۰

فهرست شماها

عنوان **صفحه**

شمای ۱-۱: نانوذرات مختلف ۳

شمای ۱-۲: نانوکپسول ۴

شمای ۱-۳: نانولوله کربنی ۴

شمای ۱-۴: انواع نانولوله کربنی ۶

شمای ۱- ۵: روش تابش لیزر ۸

شمای ۱-۶: رسوب بخار شیمیایی ۸

شمای ۱-۷: تخلیه قوس الکتریکی ۹

شمای ۱-۸: استفاده از نانولوله کربنی به عنوان کلیشه جهت سنتز نانولوله ترکیبات معدنی ۱۲

شمای ۱-۹: روش چند مرحله‌ای برای اتصال کادمیوم سلنید اصلاح شده به نانولوله کربنی ۱۳

شمای ۱-۱۰: مثال‌هایی از عوامل و لیگاندهایی که برای اتصال نانوذرات معدنی به نانولوله کربنی ۱۴

شمای ۱-۱۱: نمونه‌ای از ترسیب نانوذرات معدنی بر روی نانولوله کربنی ۱۵

شمای ۱-۱۲: مثالی از ترسیب دی‌اکسید منگنز بر روی نانولوله کربنی از طریق کاهش شیمیایی ۱۶

شمای ۱-۱۳: طبقه بندی کاتالیزورها ۲۲

شمای ۱-۱۴: گزینش‌پذیری ۲۳

شمای ۱-۱۵: ساختار یون وانادات ۲۶

شمای ۱-۱۶: ساختار یک سری از اکسو وانادات‌ها ۲۷

شمای ۱-۱۷: گونه‌های مختلف اکسید وانادیوم در شرایط اسیدی و بازی ۲۸

شمای ۱-۱۸: تصویر دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد استفاده در تحقیق حاضر ۳۰

شمای ۱-۱۹: روند کلی ساخت کاتالیزور ۳۳

شمای ۲-۱: ساختار شبکه آهن وانادات ۳۶

شمای ۲-۲: ساختار کریستالی گونه نانو میله آهن وانادات ۳۹

شمای ۲-۳: طیف فروسرخ گونه‌های مختلف آهن وانادات ۴۱

شمای ۲-۴: الگوی پراش پرتوی ایکس گونه‌های مختلف آهن وانادات ۴۳

شمای ۲-۵: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی: نانومیله آهن وانادات ۴۴

شمای ۲-۶: طیف پرتوی ایکس متفرق کننده انرژی برای گونه‌های مختلف آهن وانادات ۴۵

شمای ۳-۱: ساختار الکل ۴۶

شمای ۳-۲: مراحل اکسایش الکل ۴۸

شمای ۳-۳: اکسایش بنزیل الکل توسط معرف آب اکسیژنه با کمک کاتالیزور آهن ۵۰

شمای ۳-۴: اکسایش بنزیل الکل توسط آب اکسیژنه به کمک کاتالیزور آهن وانادات ۵۲

شمای ۳-۵: اکسایش بنزیل الکل توسط اوره-هیدروژن پراکسید ۵۳

شمای ۳-۶: اکسایش بنزیل الکل در مجاورت کاتالیزور آهن وانادات و بدون وجود معرف آب اکسیژنه ... ۵۳

شمای ۳-۷: اکسایش بنزیل الکل به بنزوییک اسید ۵۴

شمای ۳-۸: اکسایش هیدروژن موقعیت بنزیلی ۵۹

شمای ۳-۹: اکسایش هیدروژن بنزیلی توسط آب اکسیژنه به کمک کاتالیزور آهن وانادات ۵۹

شمای ۳-۱۰: واکنش اکسایش آنیلین توسط کاتالیزور آهن وانادات و معرف آب اکسیژنه ۶۲

شمای ۳-۱۱: واکنش اکسایش بنزیل آمین توسط کاتالیزور آهن وانادات و معرف آب اکسیژنه..... ۶۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱-فناوری نانو

۱-۱-۱-تعریف

پیشوند نانو به معنی یک میلیاردم است و یک نانومتر معادل یک میلیاردم متر است. برای درک اندازه نانو می‌توان تار موی انسان را مثال زد که دارای قطری معادل ۵۰۰۰۰ نانومتر است. کوچکترین اجسام قابل رویت با چشم غیر مسلح در حدود ۱۰۰۰۰ نانومتر است. ده اتم هیدروژن در یک خط، یک نانومتر را تشکیل می دهند که این اندازه واقعا بسیار کوچک است.

در ساده‌ترین تعریف فناوری نانو مطالعه اصول بنیادین مولکول‌ها و سازه‌ها با حداقل ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. تقریبا در تمام قسمت‌های فناوری نانو از سیستم متریک به عنوان سیستم اندازه‌گیری عمده استفاده شده است.

۱-۱-۲-تاریخچه

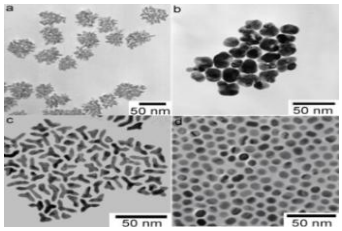
در طول تاریخ دانشمندان بر این باور بودند که مواد را می‌توان آنقدر به اجزای کوچک تقسیم کرد تا به ذراتی تقسیم ناشدنی رسید و این ذرات را می‌توان سنگ بنای تمامی مواد دانست. برای اولین بار در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح واژه‌ی اتم برای توصیف ذرات سازنده مواد توسط دموکریتوس به کار برده شد [۱].

در سال ۱۹۵۹ریچارد فاینمن در یک سخنرانی تحت عنوان « **فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد** » ایده فناوری نانو را پیشنهاد کرد. او بیان کرد که می‌توان تمام دایره‌المعارف بریتانیکا را بر روی یک سنجاق قرار

داد. یعنی ابعاد آن را به میزان ۱/۲۵۰۰۰نسبت به ابعاد واقعی خود کوچک کرد. او آینده فناوری نـانو را روشـن و انجام تحقیقات بیش‌تر را در این زمینه پیش‌بینی نمود. همچنین وی پیش‌بینی کرد که در آینده‌ای نزدیک بشـر به توانایی تغییر مولکول‌ها و اتم‌ها دسـت مـی‌یابـد. چنـد سـال بعـد بـرای اولـین بـار واژه فنـاوری نـانو توسـط نوریوتاینگوچی[1] در سال ۱۹۷۴ پا به عرصه ظهور گذاشت. او از این واژه برای توصیف تهیه مواد با دقتی در ابعـاد نانومتر استفاده کرد. کی اریک درکسلر[2] در سال ۱۹۸۶ در کتابی با نام «**موتور آفرینش: آغاز دوران فنـاوری نانو**[3]» مجددا واژه فناوری نانو را تعریف کرد [۲].

۱-۱-۳-ارکان پایه

ارکان پایه گونه‌هایی با مقیاس نانو هستند که ویژگی‌های آنها در مقیاس نانو با خواص آنها در مقیاس توده متفاوت است. در واقع اگر بخواهیم تفاوت فناوری را با فناوری‌های دیگر به صورت قابل مقایسه بیـان نمـاییم، مـی‌تـوانیم وجود ارکان پایه را به عنوان یک نقطه قابل بررسی بیان نماییم. فناوری نانو دارای سه رکن اساسی است. نانو ذرات اولین و مهم‌ترین رکن پایه در فناوری نانو، هستند. گونه‌هایی که در هر سه بعد دارای ابعاد نانومتری می‌باشند.



شمای ۱-۱: نانوذرات مختلف

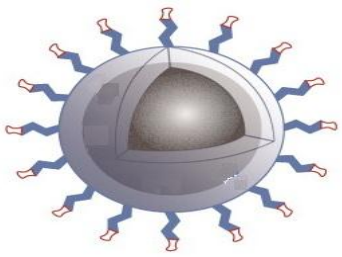
نانوکپسول‌ها دومین رکن از ارکان سه‌گانه فناوری نانو هستند. مواد مورد نظر را می‌توان به درون آنها هدایت کرد و اصطلاحا آنها را کپسوله کرد. نانوکپسول‌ها به صورت طبیعـی در طبیعـت تولیـد مـی‌شـوند. بـه عنـوان مثـال

[1] Norio Taniguchi

[2] K. Eric Drixler

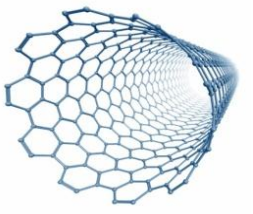
[3] Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology

مولکول‌های فسفولیپیدها که دارای یک سر آب گریز و یک سر آب دوست هستند، هنگامی که در محیط آبی قرار بگیرند، خود به خود کپسول‌هایی را تشکیل می‌دهند که قسمت‌های آب گریز مولکول در درون آنها قرار می‌گیرد و قسمت‌های آب دوست در بیرون قرار می‌گیرند.



شمای ۱-۲: نانوکپسول

نانولوله‌های کربنی[1] آخرین رکن پایه از ارکان سه‌گانه فناوری نانو می‌باشند. نانولوله‌های کربنی که از ورقه‌های از جنس کربن به ضخامت یک اتم و به فرم استوانه‌ای توخالی تهیه شده‌اند، توسط سامیو ایجیما[2] در سال ۱۹۹۱ کشف شد. این نانولوله‌ها دارای اشکال و اندازه‌های مختلفی هستند و می‌توانند تک دیواره یا چند دیواره باشند. این لوله‌ها ویژگی‌های بسیار جالب توجهی دارند که استفاده از آنها را در زمینه‌های مختلف موجب شده است [۵-۳].



شمای ۱-۳: نانولوله کربنی

[1] Carbon Nanotube

[2] Sumio Iijima

۱-۱-۴-روشهای تولید نانوذرات

در مجموع می‌توان ساختارهایی با اندازه نانو در فازهای مختلف گاز، مایع و جامد را به کمک روشهایی چون فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی تولید کرد. به صورت عمومی روشهای تولید ساختارها دارای ابعاد نانومتری را می‌توان به دو نوع کلی تقسیم کرد:

الف) روش پایین به بالا[۱]:

ابتدا واحدهای تشکیل دهنده ایجاد و سپس با قرارگیری آنها در کنار یکدیگر، ساختار مورد نظر حاصل می‌شود. به عنوان مثال می‌توان تهیه پودر توسط ذرات با اندازه کوچک و بعد از آن متراکم سازی و دستیابی به ساختار مورد نظر را نام برد.

ب) روش بالا به پایین[۲]:

این روش کاملا در جهت مقابل روش پایین به بالا قرار دارد. به این گونه که ماده اولیه توده‌ای شکل را مورد استفاده قرار داده و با کوچک کردن ابعاد آن ساختاری با ابعاد دلخواه ایجاد می‌کنند که از جمله آنها می‌توان استفاده از عمل خرد کردن مکانیکی ماده اولیه برای تولید موادی با ساختار نانومتری را مثال زد [۶].

۱-۱-۵-نانولوله‌های کربنی

۱-۱-۵-۱-انواع نانولوله‌های کربنی

به صورت کلی نانولوله‌ها به دو دسته تک دیواره[۳] و چند دیواره[۴] تقسیم می‌شوند. نانولوله‌های تک دیواره نیز بر حسب آرایش اتم‌های کربنی در سطح مقطع لوله به سه دسته مهم صندلی،[۵] کایرال[۱] و زیگزاگ[۲] تقسیم

---

[1] Top-down approach

[2] Bottom-up approach

[3] SWNT

[4] MWNT

[5] Armchair