دانشکده علوم پایه

گروه فیزیک حالت جامد

پایان نامه دورهٔ کارشناسی ارشد در رشتهٔ فیزیک گرایش حالت جامد

موضوع:

سنتز نانو لوله های کربنی بس دیواره به روش نهشت از بخار شیمیایی مواد به کمک کاتالیزورهای ترکیبی Ni-Co و مطالعه عوامل موثر در ابعاد نانو لوله های تولید شده

استاد راهنما:

دکتر علی اصغر حسینی

استاد مشاور:

دکتر محمود تاجبخش

نام دانشجو:

ثریا مهر علی تبار فیروزجاه

بهمن ماه ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحیم

تقدیم به:

پدر، مادر، همسر و خانواده عزیزم؛

که همشیه همراه من بوده اند.

چکیده

به دلیل کاربردهای گسترده نانولوله‌های کربنی ساخت آن‌ها با آرایه‌های سازماندهی شده ومناسب و با کمیت‌های کافی و قیمت ارزان، به دلیل خواص منحصر به فردشان که ناشی از ساختار آن‌ها در مقیاس نانو می‌باشد، بسیار مهم است. خصوصیات مشخصه نانولوله‌های کربنی از ساختار اتمی و اندازه این مواد می‌آید. نانولوله‌های کربنی بسته به هلیسیتی(Helicity) و قطرشان می‌توانند فلز و یا شبه‌رسانا باشند. قطر نانولوله‌ها بطور موثری بر خواص مکانیکی آن‌ها نیز موثر می‌باشد. و بنابراین می‌توانددر محدوده‌ی کاربردهایی از نوک روبشگرهای میکروسکوپی تا وسیله‌های الکترومکانیکی و ساختار-های کامپوزیتی اثر گذار باشد. بنابراین کنترل قطر نانولوله‌ها یکی از پایه‌ترین فرضیه‌های پیشرفت در روش‌های رشد نانولوله‌های کربنی می‌باشد.

در این تحقیق نانولوله‌های کربنی به روش CCVD به کمک دو کاتالیزور نیکل، کبالت و ترکیب آن‌ها سنتز م شود. نانو-ذرات کاتالیزوری به روش تلقیح مرطوب سنتزشده و در دمای ۵۰۰ درجه‌سانتی‌گراد کلسینه می‌شوند و این نانوذرات کاتالیزوری برای سنتز نانولوله‌های کربنی و بررسی پارامترهایی همچون نوع کاتالیزور و درصد کاتالیزورهای ترکیبی و دمای سنتز و زمان سنتز مورد استفاده قرار می‌گیرند. و در ادامه نانولوله‌های کربنی برای برررسی اثر خالص‌سازی نیز تحت بررسی قرار می‌گیرند.در مرحله بعد نانوذرات کاتالیزوری با استفاده از طیف پراش اشعه‌ایکس و نانولوله‌های کربنی با استفاده از تکنیک‌های ، SEM و TEM برای بررسی ساختار و قطر نانولوله‌های کربنی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان می‌دهد که استفاده از کاتالیزورهای ترکیبی نتایج خوبی را در کیفیت و ساختار نان لوله-های کربنی می‌دهد. قطر نانولوله‌های کربنی با طولانی‌تر شدن زمان واکنش افزایش یافته و دما نیز بر قطر نان لوله-های کربنی تاثیر گذار می‌باشد و بهینه‌ترین دما دمای ۷۰۰ درجه‌سانتی‌گراد می‌باشد که توزیع قطر در آن یکنواخت می‌باشد. و قطر نانولوله‌های کربنی با افزایش میزان کاتا لیزور نسبت به اکسید منیزیم افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی:

نانوذرات کاتالیزوری نیکل و کبالت، نانولوله‌های کربنی چنددیواره، اکسید منیزیم، تلقیح مرطوب، استیلن.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول- مقدمه‌ای بر نانو

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ تعریف نانو و فناوری نانو ۴

۱-۳ تاریخچه فناوری نانو ۵

۱-۴ روش های ساخت نانو ساختار ها ۷

۱-۵ نانو ساختارها ۸

۱-۵-۱ نانوذرات ۸

۱-۵-۲ نانو سیم‌ها ۹

۱-۵-۳ نانو کپسول‌ها ۹

۱-۵-۴ فولرین‌ها ۱۰

۱-۶ کاربردهای فناوری نانو ۱۰

۱-۶-۱ نانو فناوری و پزشکی ۱۱

۱-۶-۲ الکترونیک ۱۲

۱-۶-۳ نساجی ۱۲

۱-۶-۴ کشاورزی ۱۲

۱-۷ فواید و معایب فناوری نانو ۱۳

فصل دوم-نانو-لوله‌های کربنی

۲-۱ مقدمه ۱۶

۲-۲ آلوتروپ‌های کربنی ۱۷

۲-۳ تاریخچه نانولوله‌های کربنی..... ۱۹
۲-۴ ساختار نانولوله‌های کربنی..... ۲۱
۲-۵ خواص نانولوله‌های کربنی ۲۳
۲-۵-۱ خواص مکانیکی ۲۳
۲-۵-۲ خواص الکتریکی..... ۲۴
۲-۵-۳ خواص حرارتی..... ۲۵
۲-۵-۴ خواص نوری..... ۲۵
۲-۵-۵ خواص شیمیایی..... ۲۵
۲-۶ روش های تولید نانولوله‌های کربنی..... ۲۶.
۲-۶-۱ سنتز به روش تخلیه قوس الکتریکی..... ۲۶
۲-۶-۲ سنتز به روش تابش لیزری..... ۲۷
۲-۶-۳ سنتز به روش گرمایی..... ۲۸
۲-۶-۳-۱ نهشت از بخار شیمیایی مواد (CCVD)..... ۲۹
۲-۶-۳-۲ سنتز فشار بالای مونوکسید کربن (HiPco)..... ۳۰
۲-۶-۳-۳ سنتز شعله..... ۳۱
۲-۶-۳-۴ سنتز بخار شیمیایی پلاسمای بهبود یافته (PECVD)..... ۳۱
۲-۷ مکانیزم رشد نانولوله‌های کربنی..... ۳۲
۲-۸ خالص سازی نانولوله‌های کربنی..... ۳۴
۲-۸-۱ اکسیداسیون شیمیایی..... ۳۶
۲-۸-۱-۱ اکسیداسیون فاز گازی..... ۳۶
۲-۸-۱-۲ اکسیداسیون فاز مایع..... ۳۷
۲-۸-۲ خالص سازی فیزیکی..... ۳۷

۲-۸-۲-۱ فیلتراسیون..... ۳۸
۲-۸-۲-۲ سانتریفیوژ..... ۳۸
۲-۸-۳ خالص سازی چندمرحله ای ۳۹
۲-۹ کاربردهای نانولوله‌های کربنی..... ۴۰
۲-۹-۱ الکترونیک..... ۴۰
۲-۹-۱-۱ ذخیره کننده انرژی..... ۴۰
۲-۹-۱-۲ ذخیره هیدروژن..... ۴۱
۲-۹-۲ پر کننده‌های کامپوزیتی..... ۴۱

فصل سوم–نانو ذرات کاتالیزوری و کاربرد آن ها در سنتز نانو لوله ها به روش CCVD

۳-۱ مقدمه..... ۴۴
۳-۲ خواص نانو ذرات..... ۴۵
۳-۲-۱ خواص الکتروشیمیایی..... ۴۵
۳-۲-۲ خواص مغناطیسی..... ۴۵
۳-۳ کاتالیزور چیست؟..... ۴۶
۳-۴ روش آماده‌سازی نانوذرات کاتالیزوری..... ۴۸
۳-۴-۱ روش سل-ژل..... ۴۸
۳-۴-۲ پیش احیاء پیش ماده ها..... ۴۹
۳-۴-۳ تلقیح، نهفتگی..... ۴۹
۳-۴-۴ رسوب تبادل یونی..... ۴۹
۳-۴-۵ رسوب جذب یونی..... ۵۰
۳-۴-۶ روش مایسل معکوس..... ۵۰

۳-۴-۷ تجزیه گرمایی ترکیبات کربونیل..... ۵۰
۳-۴-۸ نشست از فاز بخار شیمیایی فلزات آلی(MOCVD)..... ۵۱
۳-۴-۹ نهشت فیزیکی..... ۵۱
۳-۵ مدل رشد کاتالیستی..... ۵۲
۳-۶ پارامترهای تعین کننده در خواص کاتالیزوری..... ۵۳
۳-۶-۱ ترکیبات..... ۵۳
۳-۶-۱-۱ مقایسه تجربی کاتالیزورهای متفاوت..... ۵۴
۳-۶-۱-۲ ساختار الکترونی..... ۵۴
۳-۶-۱-۳ قابلیت حل شدن کربن..... ۵۶
۳-۶-۱-۴ تثبیت کاتالیزور..... ۵۶
۳-۶-۱-۵ نتایج..... ۵۷
۳-۶-۲ موفولوژی..... ۵۸
۳-۶-۲-۱ اندازه..... ۵۸
۳-۶-۲-۲ جهت گیری کریستالوگرافی..... ۵۹
۳-۶-۲-۳ نتیجه..... ۵۹
۳-۶-۳ روش آماده سازی..... ۶۰
۳-۶-۳-۱ اندازه..... ۶۰
۳-۶-۳-۲ پراکندگی..... ۶۱
۳-۶-۳-۳ به دام افتادن به وسیله بسترهای منفذدار..... ۶۱
۳-۶-۳-۴ ساختار الکترونی..... ۶۲
۳-۶-۳-۵ جنبه‌های دیگر روش آماده‌سازی..... ۶۳
۳-۶-۳-۶ نتایج..... ۶۳

۳-۶-۴ اثر بستر بر فرایند رشد نانولوله‌های کربنی..... ۶۴
۳-۶-۴-۱ مقایسه تجربی بستر های متفاوت..... ۶۴
۳-۶-۴-۲ بر هم کنش بستر-کاتالیزور..... ۶۵
۳-۶-۴-۳ نتیجه..... ۶۷

فصل چهارم-روش تحقیق

۴-۱ مقدمه..... ۶۹
۴-۲ تهیه نانو ذزات..... ۷۱
۴-۲-۱ مواد مورد نیاز برای تولید نانوذرات کاتالیزوری..... ۷۱
۴-۲-۲ وسایل مورد نیاز برای تهیه نانوذرات کاتالیزوری..... ۷۱
۴-۲-۳ مراحل آماده سازی نانوذرات کاتالیزوری..... ۷۲
۴-۳ سنتز نانولوله‌های کربنی..... ۷۳
۴-۳-۱ مواد لازم برای سنتز نانولوله‌های کربنی به روش CCVD..... ۷۳
۴-۳-۱-۱ نانو ذرات کاتالیزوری..... ۷۳
۴-۳-۱-۲ گاز هیدرو کربنی..... ۷۴
۴-۳-۱-۳ گاز حامل..... ۷۴
۴-۳-۲ وسایل مورد نیاز برای سنتز نانولوله‌های کربنی..... ۷۵
۴-۳-۳ روش سنتز نانولوله‌های کربنی..... ۷۵
۴-۴ خالص سازی نانولوله‌های کربنی..... ۷۶
۴-۴-۱ مواد مورد نیاز..... ۷۷
۴-۴-۲ وسایل مورد نیاز..... ۷۷
۴-۴-۳ خالص‌سازی به روش اول..... ۷۷

۴-۴-۴ خالص سازی به روش دوم.....۷۸

فصل پنجم-بحث و نتیجه گیری

۵-۱ مقدمه.....۸۰
۵-۲ بررسی اثر نوع کاتالیزور بر فرایند رشد نانولوله کربنی.....۸۰
۵-۳ مقایسه درصد وزنی کاتالیزور ترکیبی.....۸۶
۵-۴ مقایسه اثر دمای واکنش.....۹۰
۵-۵ مقایسه اثر زمان واکنش.....۹۴
۵-۶ بررسی اثر فرایند خالص سازی ۹۷
۵-۶-۱ خالص سازی به روش اول.....۹۷
۵-۶-۲ خالص‌سازی به روش دوم.....۱۰۱
۵-۷ نتیجه گیری.....۱۰۳
۵-۷-۱ نتایج حاصل از بررسی اثر نوع کاتالیزور بر رشد نانولوله‌های کربنی.....۱۰۳
۵-۷-۲ اثر درصد وزنی کاتالیزور نیکل و کبالت بر روی بستر MgO در سنتز نانولوله‌های کربنی ۱۰۳
۵-۷-۳ اثر دمای سنتز نانولوله‌های کربنی ۱۰۳
۵-۷-۴ نتایج حاصل از اثر زمان سنتز ۱۰۴
۵-۷-۵ نتایج حاصل از اثر خالص‌سازی.....۱۰۴
۵-۸ پیشنهادات.....۱۰۵
منابع.....۱۰۶

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

فصل اول-فناوری نانو

شکل۱-۱ ترتیب تصاویر نشان دهنده سطوح متنوع از مقیاس می‌باشد.....۴

فصل دوم-نانولوله‌های کربنی

شکل۲-۱ سه آلوتروپ کربن.....۱۸

شکل۲-۲ تصویر TEM از اولین نانو لوله های چند دیواره مشاهده شده توسط ایجیما در سال ۱۹۹۱.....۲۰

شکل۲-۳ ورقه های گرافن با اعدادصحیح (n, m) نام گذاری شده اند. قطر و زاویه کایرال و نوع با داشتن (n,m) تعیین می شود.....۲۱

شکل۴.۲ سه نوع از نانو لوله های تک دیواره با اعداد صحیح (n,m).....۲۲

شکل ۲-۵. نمایی از محفظه تخلیه قوس الکتریکی.....۲۷

شکل ۲-۶. نمایی از کوره تابش لیزری.....۲۸

شکل ۲-۷. نمایی از کوره CVD.....۲۹

شکل ۲-۸ نمایی از کوره HiPco.....۳۰

شکل۲-۹. نمایی ازdirect PECVD (مستقیم) فرکانس رادیویی.....۳۲

شکل ۲-۱۰ نمایی از سیستم remote radiofrequency PECVD.....۳۲

شکل۲-۱۱. نمایی از رشد از سر و رشد از پایه روی بستر.....۳۴

فصل سوم-نانو ذرات کاتالیزوری و کاربرد آنها در سنتز نانو لوله ها به روش CCVD

شکل ۳-۱. شرایط انرژی‌های سطح روی بستر(A) و ته نشست (B) و ارتباط بین A-B نوع رشد را تعیین می کند.(I) جزیره ای یا رشد والمر-وبر(Volmer-Weber) یا غیر مرطوب(nonwetting)،II مرطوب(wetting)، III رشد لایه‌ای.....۵۲

شکل ۳-۲ نمایش شماتیکی بر هم کنش الکترونی در جذب شیمیایی. اربیتال پر در جذب کننده با اربیتال خالی فلز روی هم می-افتد.....۵۵

شکل ۳-۳ تصویر شماتیکی رشد نانولوله‌های کربنی که نانوذرات کاتالیزوری در تخلخل بستر زئولیتی به دام افتاده‌اند....۶۲

فصل چهارم-روش تحقیق

شکل ۴-۱ تصویر دستگاه XRD موجود در دانشگاه مازندران.....۷۳

شکل ۴-۲ تصویر کوره CVD استفاده شده در این پروژه موجود در آزمایشگاه نانو گروه فیزیک دانشگاه مازندران.....۷۶

فصل پنجم-بحث و نتیجه گیری

شکل ۵-۱ طرح پراش طیف XRD نانو ذرات کاتالیزوری نمونه های ۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۳.....۸۱

شکل ۵-۲ طرح پراش XRD نمونه های ۱۰۱۱، ۱۰۲۱، ۱۰۳۱.....۸۲

شکل ۵-۳ تصاویر SEM مربوط به نمونه های۱۰۱۱، ۱۰۲۱، ۱۰۳۱. .....۸۴

شکل ۵-۴ تصاور TEM مربوط به نمونه ها ی (الف) ۱۰۱۱، (ب) ۱۰۲۱ و (ج) ۱۰۳۱ نشان داده شده است.....۸۶

شکل ۵-۵ طرح پراش طیف XRD مربوط به نانو ذرات کاتالیزوری نمونه های ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۰۵.....۸۷

شکل ۵-۶ طرح پراش طیف نانو لوله های شماره ی ۱۰۳۱، ۱۰۴۱و ۱۰۵۱.....۸۸

شکل ۵-۷ تصاویر SEM مربوط به نمونه های ۱۰۳۱، ۱۰۴۱، ۱۰۵۱ مقیاس ۵۰۰ نانو متر و یک میکرون.....۸۹

شکل ۵-۸ طرح پراش طیف XRD نانو ذرات کاتالیزوری شماره ی ۱۰۴.....۹۱

شکل ۵-۹ طرح پراش طیف XRD مربوط به نمونه های ۶۰۱، ۷۰۱، ۸۰۱.....۹۲

شکل ۵-۱۰ تصاویر SEM مربوط به نمونه‌های ۶۰۱، ۷۰۱، ۸۰۱ مقیاس ۵۰۰ نانو متر و یک میکرون.....۹۳

شکل ۵- ۱۱طرح پراش طیف XRD مربوط به نمونه‌های ۶۰۱، ۷۰۱، ۸۰۱.....۹۵

شکل ۵-۱۲ تصاویر SEM مربوط به نمونه‌های ۷۰۱، ۷۰۲، ۷۰۳ سمت راست ۵۰۰ نانو متر و سمت چپ یک میکرون.....۹۶

شکل ۵-۱۳ طرح پراش طیف XRD قبل و بعد از خالص-سازی از نمونه‌های ۱۰۱۱، ۱۰۲۱ و ۱۰۳۱ .....۹۹

شکل ۵-۱۴ تصاویر SEM مربوط به نمونه‌های شماره ۱۰۱۱، ۱۰۲۱ و۱۰۳۱ قبل (سمت چپ) و بعد از خالص‌سازی.....۱۰۱

شکل ۵-۱۵ تصاویر SEM مربوط به نمونه های ۶۰۱۲، ۷۰۱۲ و ۸۰۱۲ قبل (سمت چپ) و بعد از خالص سازی.....۱۰۲

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۵-۱ نمودار توزیع قطر نمونه‌های ۱۰۱۱، ۱۰۲۱، ۱۰۳۱..... ۸۵

جدول۵-۲ درصد های وزنی کاتالیزوری روی بستر MgO..... ۸۷

جدول ۵-۳ مقایسه درصدوزنی کاتالیزور روی بستر متخلخل MgO..... ۹۰

جدول ۵-۴ نمودار ستونی مربوط به اندازه قطر نانولوله‌های شماره ی ۶۰۱، ۷۰۱ و ۸۰۱..... ۹۴

جدول ۵-۵ نمودار ستونی مربوط به قطر نانولوله‌های کربنی شماره ی ۷۰۱، ۷۰۲ و ۷۰۳..... ۹۷

لیست علائم و اختصارات

نانولوله‌های کربنی (Carbon Nano Tubes)	CNT
نهشت از بخار شیمیایی (Chemical Vapour Deposition)	CVD
نانو لوله های کربنی چند دیواره (Multi-Walled Carbon Nano Tubes)	MWCNTs
نانو لوله های کربنی تک دیواره(Single-Wall Carbon Nano Tubes)	SWCNT
میکروسکوپ الکترونی روبشی (Scaning Electron Microscopy)	SEM
میکروسکوپ الکترونی عبوری (Transmission Electron Microscopy)	TEM
پراش اشعه ایکس (X-Ray Diffraction)	XRD

مقدمه

کلمه نانو از واژه یونانی به معنی کوتوله یا ریز گرفته شده است. فناوری نانو نقطه عطفی در قرن بیستم می-باشد و با پیشرفت این علم و پتانسیل کاربردی بسیار بالایی که برای این فناوری پیش‌بینی شده‌است، تحقیقات زیادی برای دست‌یابی به خصوصیات و بهینه کردن این فن آوری صورت گرفته است. امروزه انواع ساختارهای نانویی ساخته شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. از جمله این ساختارها نانوذرات، نانو کامپوزیت‌ها، نانو سیم‌ها، نانو لوله–ها و بسیاری ساختارهای دیگر می‌باشند. در آینده استفاده از این نانو ساختارها انقلاب عظیمی در بسیاری از زمینه‌های علوم ازجمله پزشکی، علوم فضا، صنعت، نظلامی و بسیاری صنایع دیگر را در پی‌خواهد داشت. با توجه به اهمیت علم نانو در شرایط امروز و نیاز به آشنایی با این ساختارها که در پی آن همگام ماندن با علم روز جهان را در پی خواهد داشت لذا تحقیق در مورد این ساختارها نیازی ضرروری می‌باشد. برای رسیدن به این هدف تحقیقات زیادی در پایان نامه‌های دانشجویان صورت گرفته‌است و ما نیز در این پایان‌نامه به آشنایی و ساخت و بررسی یکی از این ساختارها یعنی نانولوله‌های کربنی پرداخته ایم.

در فصل اول این پایان نامه ابتدا به معرفی مختصری درباره‌ی علم نانو و تاریخچه و روش ساخت و کاربرد-های آن پرداخته‌ایم و در فصل دوم به معرفی نانو لوله‌ها و آشنایی با روش‌های ساخت و کاربردها و خصوصیات آن پرداخته‌شد. در ادامه به بحث نانو ذرات کاتالیزوری که عامل موثری در سنتز نانولوله‌ها به روش نهشت از بخار شیمیایی مواد می باشد پرداخته‌شد و به روش‌های سنتز این نانوذرات و کاربرد و استفاده از آن‌ها در سنتز نانو لوله-ها پرداخته شد. در دو فصل چهارم و پنجم این پایان‌نامه به پروژه‌ی کاری مربوط بوده و در آن به روش ساخت نانو لوله‌های سنتز شده در این پایان نامه پرداخته است و در ادامه به بررسی و اثرات پارامترهای موثر در سنتز نانو-لوله‌ها و اثرات آن بر قطر نانولوله‌ها پرداخته شده‌است.

فصل اول

فناوری نانو

فصل اول

فناوری نانو

۱-۱ مقدمه

امروزه فناوری نانو موضوع رایجی در بسیاری از تحقیقات و مطالعات می‌باشد و با سرعت فزاینده‌ای که به سرعت نور هم تشبیه می‌شود، در حال توسعه است. برخی از دانشمندان همچون تردر[۱] (۲۰۰٤)، انقلاب در حال گسترش و با شتابی به مراتب بیشتر از انقلاب‌های صنعتی گذشته را به انقلاب فناوری نانو و ساخت مولکولی نسبت می‌دهند. به عبارت دیگر، فناوری نانو را انقلاب صنعتی پنجم نامیده‌اند. انقلاب فنی حاضر، یک سیر تکاملی را به شکل تابع نمایی به خود گرفته و با وقوع رویدادهایی بیش از انتظار دانشمندان جهان را به تعجب واداشته‌است.

در سال ۱۹۵۹، برنده جایزه نوبل فیزیک ریچارد فاینمن در موسسه تکنولوژی کالیفرنیا[۲] و در همایش جامعه فیزیک آمریکا سخنرانی با عنوان" فضاهای کوچکی در پایین وجود دارد"، ارائه کرده‌بود. در این سخنرانی فاینمن بیان نمود:

"آنچه که می‌خواهم درباره آن صحبت کنم مشکل دستکاری و کنترل اشیاء در مقیاس کوچک می-باشد.... چندین بار زمانی که شما روی چیز کوچک نا امید کننده‌ای مثل ساعت مچی همسر تون کار می-کردید، به خودتان گفته اید،" اگر من فقط می توانستم مورچه‌ای را تربیت کتم تا این کار را انجام دهد!"

---

[۱] Treder
[۲] Caltech

آنچه که مایلم به شما پیشنهاد کنم امکان تربیت مورچه ای می‌باشد تا کرم کوچکتری را تربیت کند که این کار را انجام دهد."

اگرچه فاینمن نتوانست پیش بینی کند که این سخنرانی نقطه مرکزی در زمینه فناوری نانو می‌شود. ولی دیدگاه فاینمن گیج کننده بود، مخصوصاً اگر فرض کنیم که طیف گسترده‌ای از علم بالغ حاضر و محیط های مهندسی بر اساس مفاهیمی است که در سخنرانی فاینمن در ۵۰ سال قبل توصیف شده‌بود[۱].

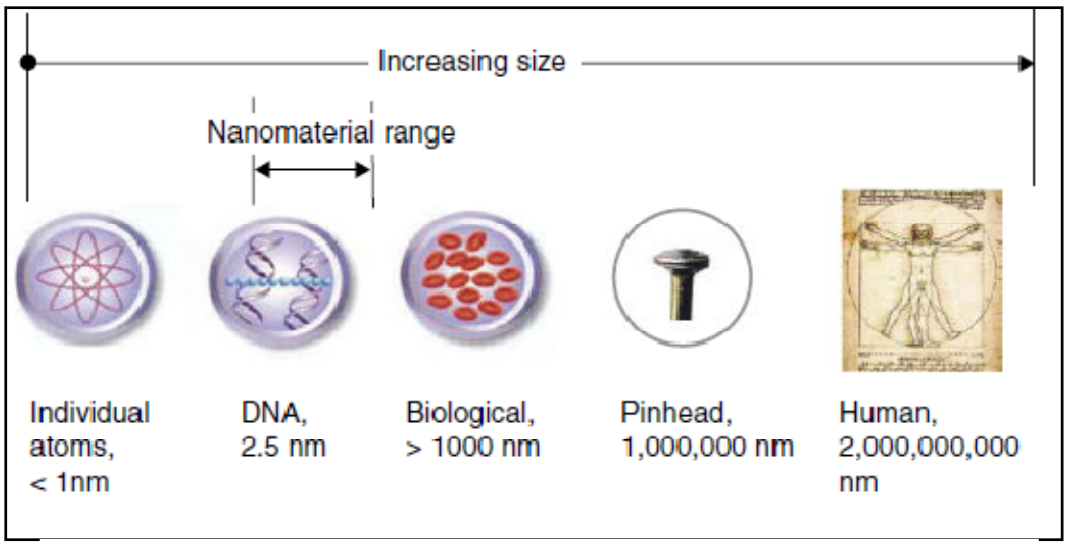
با توجه به مطالعات انجام شده در آکادمی مهندسی انگلستان[۱] (۲۰۰٤)، حداقل از چهار منظر می‌توان فناوری نانو را به عنوان پیشرفتی بزرگ و جدید توصیف کرد. اول اینکه، شیوه ساخت متحول شده است. فناوری نانو به جای ساخت سنتی که مبتنی بر ساخت از بالا به پایین می‌باشد با چیدمان تعداد اندکی اتم و مولکول(پروسه از پایین به بالا[۲]) به تولید و ساخت مواد می‌پردازد. دوم اینکه، در مقیاس نانو تفاوت اندکی میان حالات زیستی و غیرزیستی وجود دارد. بنابراین به طور بالقوه امکان دارد تا پردازه‌های بیولوژیکی و زیستی را با مواد موجود در جسم زنده سازگار کنیم. سوم، نانو ذرات دارای خواص شیمیایی و فیزیکی متفاوتی از همان ماده (خواص رسانایی، الکتریکی، مکانیکی و نوری) در اندازه ماکروسکوپیک هستند، مانند نانولوله های کربنی که حتی از الماس سخت تر بوده و بین ۵۰ تا ۱۰۰ برابر از فولاد محکم تر می باشد. چهارم، فناوری نانو، علوم و فناوری‌های متعددی مانند فناوری اطلاعات، فناوری زیستی و فناوری مواد را همگرا می‌کند.

---

[۱] Royal society and the royal academy of engineering. Nanoscience and Nanotechnologies
[۲] Bottom to up

۱-۲ تعریف نانو و فناوری نانو

نانو یک واژه یونانی و به معنی بسیار کوچک یا کوتوله[۱] می‌باشد. که به عنوان پیشوند برای هر واحد همانند ثانیه یا متر و به معنی ملیاردیم آن واحد می باشد. بنابراین، نانومتر(nm) یک ملیاردیم متر، یا $۱۰^{-۹}$ متر می‌باشد. برای به دست آوردن دید مناسبی از مقیاس نانو متر ترتیب تصاویر در شکل ۱-۱ را مشاهده کنید [۱].



شکل ۱-۱ ترتیب تصاویر نشان دهنده سطوح متنوع از مقیاس می باشد [۱].

فناوری نانو فضای علم و تکنولوژی است، جایی که ترکیبات بسیار کوچک نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند. براساس یافته های علم، فناوری نانو در اندازه نانومتر رخ داده است که از یک تا ۱۰۰ نانومتر نوسان دارد. و در حقیقت نوعی مهندسی در سطح مولکول (مجموعه‌ای از اتم ها) می‌باشد. این واژه یک مفهوم کلان برای مجموعه‌ای از فناوری‌ها، روش‌ها و فرآیندهایی است که موضوع مورد نظر را در مقیاسی بسیار کوچکتر (نانو متر) بررسی می‌کند. در این مقیاس کوچک خصوصیات مواد از قبیل رنگ، دوام و قدرت هدایت الکتریکی به صورت غیر قابل تصوری تغییر می‌کنند. این امر به نوبه خود باعث ایجاد مشخصات

[۱] Dwarf