بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم مالك يوم الدين
اهدنا الصراط المستقيم صراط الذين انعمت عليهم غير المغضوب عليهم ولا الضالين

دانشگاه پیام نور

مرکز شیراز

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته فیزیک حالت جامد

دانشکده علوم پایه

گروه علمی فیزیک

عنوان:

مطالعه اثرات دما و فشار بر روی سطوح انرژی نانوساختارها

استاد راهنما :

دکتر رضا خرداد

استاد مشاور:

دکتر عبدالرسول قرائتی

نگارش:

حمیده فخری

شهریور ۸۸

دانشگاه پیام نور

مرکز شیراز

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته فیزیک حالت جامد

دانشکده علوم پایه

گروه علمی فیزیک

عنوان:

مطالعه اثرات دما و فشار بر روی سطوح انرژی نانوساختارها

استاد راهنما :

دکتر رضا خرداد

استاد مشاور:

دکتر عبدالرسول قرائتی

نگارش:

حمیده فخری

شهریور ۸۸

سپاسگزاری

منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکراندرش مزید نعمت.

پس از حمد و ثنای مهربان خدای یکتا، از تمامی کسانی که در این راه مرا یاری نموده‌اند به خصوص استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر رضا خرداد که در تمام مراحل با راهنمایی، دقت نظر و صبوری، چراغ هدایت بودند کمال تشکر را دارم. همچنین از جناب آقای دکتر عبدالرسول قرائتی جهرمی به خاطر راهنمایی‌های ارزنده‌شان سپاسگزارم.

پروردگارا:

به پیشگاه پاک و مقدست تقدیم می‌دارم که بندگی فقط و فقط تو را سزد. آنچه داده‌ای بیش از شایستگی من است گرچه در خور بخشندگی توست.

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که ارزشمندترین سرمایه‌های روحی و عاطفی زندگی من هستند و همواره پشتیبان و حامی من.

برادر عزیزم که همیشه می‌توان به او تکیه کرد و امید بست.

همسر عزیزم که یاری و گذشت را بی‌دریغ هدیه می‌کند.

و فرزند دلبندم.

چکیده

توسط:

حمیده فخری

مطالعه اثرات دما و فشار بر روی سطوح انرژی نانوساختارها

در این تحقیق، ابتدا تاریخچه‌ای از نانو تکنولوژی بیان کرده و سپس آن را تعریف می‌کنیم و کاربردهای نانوتکنولوژی در علوم مختلف را ذکر می‌نماییم. همچنین، انواع نانوساختارها و نانوذره‌ها را مورد بررسی و مطالعه قرار می‌دهیم. همانگونه که می‌دانیم، وجود ناخالصی نقش مهمی بر روی طیف انرژی حامل‌های بار درون نانوساختارها دارد. لازم به ذکر است که مطالعات گذشته مربوط به ناخالصی در مرکز نانو ساختارها می‌باشد. در این تحقیق، سعی می‌کنیم انرژی بستگی یک ناخالصی هیدروژن‌گونه خارج از مرکز یک چاه کوانتومی با پتانسیل تحدید معین را با کمک روش وردشی مورد مطالعه قرار دهیم. سپس، اثر دما و فشار را بر روی انرژی بستگی در سیم‌ها و نقاط کوانتومی مورد بررسی قرار می‌دهیم. بدین منظور، ابتدا اثر دما را بر روی انرژی بستگی یک سیم کوانتومی V شکل در حالت پایه و پایین‌ترین حالت‌های برانگیخته بررسی می‌کنیم. سپس تاثیر دما را بر روی انرژی بستگی یک نقطه کوانتومی کروی در حالت پایه مطالعه می‌کنیم. در ادامه، اثر فشار را بر روی انرژی بستگی یک چند ساختاری چاه کوانتومی در حالت پایه و یک سیم کوانتومی V شکل در حالت پایه و پایین‌ترین حالت‌های برانگیخته تحقیق می‌کنیم. در آخر، اثر دما و فشار را به طور همزمان بر روی انرژی بستگی یک سیم کوانتومی V شکل در حالت پایه و چندین حالت برانگیخته اول مورد مطالعه قرار داده و نتایج فیزیکی به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

فهرست

عنوان **صفحه**

فصل اول : نانو فناوری؛ ذرات کوچک، قابلیت‌های بزرگ

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- تعریف نانوفناوری ۳

۱-۳- تاریخچه‌ای از ظهور نانوفناوری ۴

۱-۴- شاخه‌های فناوری نانو ۶

۱- ۵- عناصر پایه در فناوری نانو ۷

۱- ۶- نانو ذرات ۹

۱-۶-۱- متداولترین نانو ذرات ۱۱

۱-۶-۲- خواص نانو ذرات ۱۸

۱-۶-۳- خطرات نانو ذرات ۲۰

۱-۷- نانو سیم (سیم‌های کوانتومی) ۲۱

۱-۸- نانو لوله ۲۴

۱-۹- کاربردهای نانوفناوری ۲۵

۱-۱۰- خلاصه فصل‌های آینده ۳۰

فصل دوم : انرژی بستگی یک ناخالصی هیدروژنی خارج از مرکز در یک چاه کوانتومی محدود

۲-۱- مقدمه ۳۳

۲-۲- تراز ناخالصی در حالت پایه در یک چاه کوانتومی ۳۴

۲-۳- بعضی از نتایج مهم ۳۷

۲-۴- کاربردها ۴۳

۲-۵- بحث و نتیجه‌گیری ۴۹

فصل سوم : اثر دما بر روی انرژی بستگی نانوساختارها

۳-۱- مقدمه ۵۱

۳-۲- اثر دما روی انرژی بستگی در یک سیم کوانتومی ۵۲

۳-۲-۱- نتایج عددی ۶۱

۳-۲-۲- بحث و نتیجه‌گیری ۶۴

۳-۳- اثر دما بر روی انرژی بستگی یک ناخالصی مقید در یک نقطه کوانتومی کروی... ۶۵

۳-۳-۱- نتایج عددی ۶۷

۳-۳-۲- بحث و نتیجه‌گیری ۷۳

فصل چهارم : اثر فشار بر روی انرژی بستگی نانوساختارها

۴-۱- مقدمه ۷۵

۴-۲- تاثیر فشار هیدرواستاتیک روی انرژی بستگی ناخالصی در چند ساختاری‌های چاه کوانتومی ۷۵

۴-۲-۱- نتایج عددی و بحث ۷۹

۴-۲-۲- نتیجه‌گیری ۸۲

۴-۳- انرژی بستگی ناخالصی در نقطه‌های کوانتومی تحت تاثیر فشار ۸۴

۴-۳-۱- نتایج عددی و بحث ۸۶

۴-۳-۲- نتیجه‌گیری ۹۲

فصل پنجم : اثر فشار و دما بر روی انرژی بستگی ناخالصی در یک سیم کوانتومی V شکل

۵-۱- مقدمه ۹۶

۵-۲- تعیین انرژی بستگی در یک سیم کوانتومی V شکل در اثر فشار ۹۷

۵-۲-۱- نتایج عددی ۱۰۰

۵-۲-۲- بحث و نتیجه‌گیری ۱۰۴

۵-۳- اثرات همزمان فشار و دما بر روی انرژی بستگی یک سیم کوانتومی V شکل ۱۰۵

۵-۳-۱- بحث و نتیجه‌گیری ۱۰۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۳-۱) : وابستگی دمایی جرم موثر، ثابت دی‌الکتریک استاتیک، شعاع بوهر موثر، ریدبرگ موثر و سد پتانسیل ۶۱

جدول (۴-۱) : تغییر ضخامت چاه کوانتومی، جرم موثر رسانش، ثابت دی‌الکتریک استاتیک و سد پتانسیل با فشار هیدرواستاتیک خارجی p ۸۰

جدول (۵-۱) : مقادیر جرم موثر، ثابت دی‌الکتریک استاتیک و سد پتانسیل برحسب فشار.... ۱۰۰

جدول (۵-۲) : تغییر ثابت دی‌الکتریک بر حسب دما و فشار برای K ۲۰۰ ،... ،۵۰ ،۲۵ ،۰ =T و $kbar$ ۱۰۰ ،... ،۲۰ ،۱۰ ،۰ =p ۱۰۸

جدول (۵-۳) : تغییر ثابت دی‌الکتریک بر حسب دما و فشار برای k ۴۰۰،... ،۲۵۰ ،۲۲۵ ،۲۰۰ =T $kbar$ ۱۰۰ ،... ،۲۰ ،۱۰ ،۰ =p ۱۰۹

جدول (۵-۴) : تغییر $\frac{m_e}{m^*(T,p)}$ بر حسب دما و فشار ۱۱۰

جدول (۵-۵) : تغییر پتانسیل محدودیت، $V_0(T,p)$ ، بر حسب دما و فشار ۱۱۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱) : تصویری از نانو ذرات ۷

شکل (۱-۲) : تصویری از نانو کپسول ۸

شکل (۱-۳) : تصویری از یک نانولوله کربنی ۹

شکل (۱-۴) : تصویر TEM ذرات کبالت(10nm) ۱۰

شکل (۱-۵) : طرحی از نوارهای انرژی در یک نیمرسانا ۱۳

شکل (۱-۶) : نانو ذرات آهن ساخته شده به روش چگالش گاز ۱۸

شکل (۱-۷) : تصویری از یک نانوسیم ۲۱

شکل (۱-۸) : نمونه‌ای از نانوسیم‌های سیلیکونی ۲۲

شکل (۱-۹) : طرحی از یک نانولوله ۲۵

شکل (۲-۱) : نمودار انرژی بستگی بر حسب $V_0^{-1/2}$ ۴۰

شکل (۲-۲) : نمودار انرژی بستگی برحسب پهنای چاه ۴۲

شکل(۲-۳) : نمودار انرژی بستگی برحسب موقعیت ناخالصی ۴۵

شکل (۲-۴) : موقعیت بحرانی ناخالصی به صورت تابعی از پتانسیل تحدید ۴۷

شکل (۲-۵) : (a) پهنای چاه بر حسب پتانسیل تحدید و (b) انرژی بستگی برحسب پتانسیل تحدید ۴۸

شکل (۳-۱) : سیم کوانتومی V شکل در (a) مختصات اصلی و(b) مختصات تبدیل یافته ..۵۴

شکل (۳-۲) : انرژی زیر نوار بر حسب دما برای b =۴ nm و θ = ۵۴/۷۵° ۶۲

شکل (۳-۳) : انرژی بستگی به صورت تابعی از موقعیت ناخالصی ۶۳

شکل (۳-۴) : تغییرانرژی بستگی برحسب شعاع نقطه کوانتومی در دماهای مختلف..... ۶۸

شکل (۳-۵) : چگالی احتمال موقعیت نسبی بر حسب فاصله برای نقطه کوانتومی واقع در مرکز با شعاع ۲۷ آنگستروم در دماهای مختلف ۷۰

شکل (۳-۶) : چگالی احتمال موقعیت نسبی بر حسب فاصله برای نقطه کوانتومی واقع در مرکز با ۳۰ /۰= X و دمای ۴ کلوین برای سه شعاع مختلف ۷۱
شکل (۳-۷) : تغییر انرژی بستگی بر حسب دما در نقطه کوانتومی با شعاع ۵۰ آنگستروم ۷۲
شکل (۴-۱) : وابستگی انرژی بستگی ناخالصی به فشار برای ضخامت‌های مختلف ۸۱
شکل (۴-۲) : تغییرات انرژی بستگی بر حسب ضخامت چاه کوانتومی برای مقادیر مختلف فشار هیدرواستاتیک خارجی p ۸۳
شکل (۴-۳) : انرژی بستگی ناخالصی به صورت تابعی از شعاع نقطه کوانتومی برای یک نقطه کوانتومی کروی با فشارهای هیدرواستاتیک مختلف ۸۸
شکل(۴-۴) : انرژی بستگی به صورت تابعی از شعاع نقطه کوانتومی با فشارهیدرواستاتیک ۲۰ کیلو بار برای موقعیت‌های مختلف ناخالصی ۹۰
شکل (۴-۵) : انرژی بستگی ناخالصی به صورت تابعی از موقعیت ناخالصی برای نقطه کوانتومی کروی با شعاع ۵۰ آنگستروم با فشارهای مختلف ۹۱
شکل (۴-۶) : انرژی بستگی برای نقطه کوانتومی کروی با فشار هیدرواستاتیک ۴۰ کیلوبار به صورت تابعی از موقعیت ناخالصی. ۹۳
شکل (۴-۷) : انرژی بستگی ناخالصی به صورت تابعی از فشار هیدرواستاتیک برای موقعیت‌های مختلف ناخالصی ۹۴
شکل (۵-۱) : انرژی زیر نوار بر حسب فشار برای b =۴ nm و θ= ۵۴/۷۵° ۱۰۲
شکل (۵-۲) : انرژی بستگی به صورت تابعی از موقعیت ناخالصی بر حسب L ۱۰۳
شکل (۵-۳) : انرژی زیر نوار به صورت تابعی از پهنای قسمت خمیدگی سیم برای دماهای مختلف در فشار ۵ کیلوبار ۱۱۳
شکل (۵-۴) : انرژی زیر نوار به صورت تابعی از پهنای قسمت خمیدگی سیم برای L=۸ nm و فشارهای مختلف در T =۵۰ K. ۱۱۴
شکل (۵-۵) : انرژی بستگی ناخالصی به صورت تابعی از پهنای قسمت خمیدگی سیم برای دماهای مختلف در فشار ۵ کیلوبار ۱۱۵
شکل (۵-۶) : انرژی بستگی ناخالصی به صورت تابعی از پهنای قسمت خمیدگی سیم برای فشارهای مختلف در T =۱۰۰ K. ۱۱۶

فصل یکم

نانو فناوری؛
ذرات کوچک،
توانایی‌های بزرگ

۱-۱- مقدمه

درک ماهیت مواد و چگونگی ساختارهای آنها همیشه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است. مواد علاوه بر اینکه جزء مواهب طبیعت به شمار می‌آیند، در ساخت وسایل و تامین احتیاجات انسان نقش عمده‌ای دارند. علم هم به تناسب پیشرفتی که در چند سال اخیر داشته، توانسته است دیدگاه درستی از ماده و توانایی‌های آن پیدا کند به گونه‌ای که اکنون با بررسی زمینه های اتمی و زیر اتمی مواد و عناصر، امکان ساخت و بنانهادن مدل‌های جدیدتری از مولکول‌ها فراهم شده است.

بشر از همان ابتدای تاریخ توجهی به ساختارهای خیلی بزرگ و یا خیلی کوچک نداشته، بلکه تمام همت خود را معطوف ساخت و ساز در محدوده عادی و مورد دسترس نموده است.

برای اینکه تصور جامع‌تری نسبت به موضوع ارائه دهیم، می‌توانیم از سیستم SI[1] یاد کنیم. در این سیستم، واحد طول، متر انتخاب شده و دیگر اندازه‌های طولی از آن مشتق می‌شوند. بشر در ابتدا نه توانایی این را داشت که به محدوده‌های دیگر وارد شود و نه لزوم کار در چنین محدوده‌هایی را احساس می‌کرد. اما این روند که انسان تا به دیروز دنبال می‌کرد، دیگر جواب‌گوی نیاز بشر امروزی نیست. هر چند با اختراع ترانزیستورها و... توانسته‌ایم تا حدودی وارد میکروالکترونیک شده و از آن بهره‌مند شویم، با این وجود برای ساخت کامپیوترها به مشکل برخورد کرده، مشکلی به بزرگی کوچک کردن اندازه در حد اتمی که تقریبا تمام استراتژیهای حل این مساله به نوعی با نانوتکنولوژی[2] در ارتباط می باشند.

نانوتکنولوژی تازه‌ترین فناوری است که بشر به آن دست یافته است و در آن سعی می‌شود تا با استفاده از خواص مولکولی مواد موجود در طبیعت، وسایلی ساخته شود تا مشکلات این وسایل را که در حال حاضر گریبان‌گیر بشر است مرتفع ساخته و همچنین کارایی آنها را نیز بالا ببرد. به عبارت دیگر نانو تکنولوژی، فناوری تغییر در خواص مولکول‌های تشکیل دهنده مواد است و به همین دلیل مقیاس نانو، بهترین تعریف برای این تکنولوژی می‌باشد. بشر سعی دارد تا با استفاده از نانو، خواص مولکول‌ها را تغییر دهد تا وقتی جسمی از این مولکول‌ها درست شد تمام خواص این مولکول‌ها را در خود داشته باشد.

اگر چه هنوز نانوفناوری در آغاز حیات خود قرار دارد، ولی در همین چند سال اخیر امیدهای زیادی را در بین دانشمندان برای دستیابی به مواد با قابلیت‌های بالا و ساخت محصولات با عمر و کیفیت

[1]-System International
[2] -Nanotechnology

بالا ایجاد کرده است. تولید نانوتیوب‌های کربنی[1] (ساختارهای لوله‌ای کربنی) ماده‌ای در اختیار بشر قرار داد که رساناتر از مس، مقاوم‌تر از فولاد و سبک‌تر از آلومینیوم است. همچنین با استفاده از نانو ذرات، می‌توان سطوح خود تمیز شونده یا همیشه تمیز ساخت و ربایش مغناطیسی را چندین برابر نمود. لاستیک‌های با عمر بالای ده سال و دارو رسانی به تک سلول‌های آسیب دیده در بدن، از توانایی‌هایی می‌باشد که بشر به مدد نانوفناوری به آن دست یافته است. دانشمندان امیدوارند با گسترش فعالیت‌ها در نانوفناوری، علاوه بر صرفه‌جویی‌هایی که در اثر ارتقای کیفیت در محصولات سنتی ایجاد می کنند، به مواد و محصولات با خواص جدید و چند منظوره دست یابند.

اگر بپذیریم که نانوفناوری، توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستم‌های جدید با در دست گرفتن کنترل در سطوح مولکولی، اتمی و استفاده از خواص آن سطوح است، آن گاه درمی‌یابیم کاربردهای این فناوری، در حوزه‌های مختلف اعم از غذا، دارو، تشخیص پزشکی، فناوری زیستی، الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، مواد، هوافضا، امنیت ملی و غیره خواهد بود؛ به گونه‌ای که به زحمت می‌توان عرصه‌ای را که از آن تأثیر نپذیرد معرفی نمود. کاربردهای وسیع این عرصه به همراه پیامدهای اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فناوری را به عنوان یک زمینه فرا رشته‌ای و فرابخشی مطرح نموده است.

هر چند آزمایش‌ها و تحقیقات پیرامون نانوتکنولوژی از ابتدای دهه هشتاد قرن بیستم به طور جدی پی‌گیری شد، اما اثرات تحول آفرین، معجزه آسا و باورنکردنی نانوفناوری در روند تحقیق و توسعه باعث گردید، نظر تمامی کشورهای بزرگ به این موضوع جلب گردد و فناوری نانو را به عنوان یکی از مهم‌ترین اولویت‌های تحقیقاتی خویش، طی دهه اول قرن بیست و یکم محسوب نمایند.

استفاده از این فناوری در علوم پزشکی، پتروشیمی، علوم مواد، صنایع دفاعی، الکترونیک، کامپیوترهای کوانتومی و ... باعث شده است، تحقیقات در زمینه نانو به عنوان یک چالش اصلی علمی و صنعتی پیش روی جهانیان باشد.

۱-۲- تعریف نانو فناوری

نانوفناوری در تعریف بسیار ساده، یعنی تکنولوژی‌هایی که در ابعاد نانومتر عمل می‌کنند. نانومتر، واحد اندازه‌گیری است و برابر با $۱۰^{-۹}$ متر یا یک میلیاردم متر است. اندازه اتم‌ها و مولکول‌ها در این محدوده قرار دارد. بنابراین با ورود به این فضای کوچک، بشر می‌تواند در نحوه آرایش و چینش

[1] -Carbon nanotubes

اتم‌ها 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 بین یک تا صد نانومتر قرار دارد. در حقیقت نانوفناوری یک فناوری جدید نیست. بلکه یک مقیاس جدید در فناوری‌ها و رویکردی تازه در تمام رشته‌ها است؛ که این توانایی را به بشر می‌دهد، تا بتواند دخالت خود را در ساختار مواد گسترش داده و در ابعاد بسیار ریز، به ساخت و طراحی اقدام کند. این توانایی می‌تواند در تمام فناوری هایی که بشر تاکنون به آن دست یافته است، اثرگذار باشد.

۱-۳- تاریخچه‌ای از ظهور نانوفناوری

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[1] 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 تقسیم نشدنی در زبان یونانی است برای توصیف ذرات سازنده مواد به کار برد.

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 برای شکل‌دادن شیشه‌هایشان استفاده می‌کرده‌اند. البته، این شیشه‌گران نمی‌دانستند که چرا با اضافه کردن 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 به‌دست می‌آمده است. این قبیل شیشه‌ها هم‌اکنون در بین شیشه‌های بسیار قدیمی یافت می‌شوند. رنگ به‌وجودآمده در این شیشه‌ها بر پایه این حقیقت استوار است که مواد با ابعاد نانو، دارای همان خواص مواد با ابعاد میکرون 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

[1] - Democritus

از وجود مقادیر بسیار اندکی از بلورهای فلزی ریز۷۰۰ نانومتری دارد، که حاوی نقره و طلا با نسبت مولی تقریبا ۱۴ به ۱ است. حضور این نانوبلورها باعث رنگ ویژه جام لیکرگوس شده است.

در سال ۱۹۵۹ ریچارد فاینمن[1] مقاله‌ای را دربارهٔ قابلیت‌های فناوری نانو در آینده منتشر ساخت. با وجود موقعیت‌هایی که توسط بسیاری تا آن زمان کسب شده 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 میهمانی شام که توسط انجمن فیزیک آمریکا برگزار شده بود، سخنرانی کرد و ایده فناوری نانو را برای عموم مردم آشکار ساخت. عنوان سخنرانی وی «فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد» بود.

او در این سخنرانی گفت که ما می‌توانیم چیزهای کوچکی بسازیم که همان کاری که ما می‌خواهیم انجام دهند. مثلا می‌توان ۲۵ هزار صفحه دایره المعارف بریتانیا را در یک سر سوزن جا داد و تمام کتاب‌های جهان را در جزوه‌ای ۳۵ صفحه‌ای حفظ و نگهداری کرد. او همچنین از دوتایی‌کردن 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.

در دهه ۱۹۸۰ در ابتدا ابزارهایی که بتوانند دوباره اتم‌ها و مولکول‌ها را بچینند ابداع شد. در سال ۱۹۸۱ در مرکز تحقیقات آی بی ام (IBM) در سوییس تکنیکی ابداع شد که تصویر اتم و مولکول را بزرگ می‌کرد. این ابداع، جایزه نوبل را برای سازندگانش به ارمغان آورد. در سال ۱۹۹۰ در مرکز تحقیقات المدن[2] آی بی ام برای اولین بار دانشمندی اتم‌ها را حرکت داد و با اتم‌ها جمله

This is fun را نوشت. به این ترتیب رؤیای دانشمندی که حدود ۳۰ سال قبل از این تاریخ، نظریه خودش را مطرح کرده بود به عمل درآمد.

در سال ۱۹۹۶ تعدادی از موسسات دولتی به ریاست بنیاد علوم ملی، متقبل سنجش وضعیت جهانی گرایش‌ها، تحقیقات و توسعه در زمینه علوم و فناوری نانو شدند و به این شکل در این سال بنیاد علمی و تحقیقاتی نانو تکنولوژی در جهان تاسیس شد.

در سال ۱۹۹۷ اولین نانو ترانزیستور ساخته شد. در سال ۲۰۰۰ ساخت اولین موتور DNA انجام گردید. در سال ۲۰۰۱ یک مدل آزمایشگاهی سلول سوخت با استفاده از نانو لوله ساخته شد. در سال

[1] -Richard Feynnman
[2]- Almadan

۲۰۰۲ شلوارهای ضد لک به بازار آمد. در سال ۲۰۰۳ نمونه‌های آزمایشگاهی نانو سلول‌های خورشیدی تولید گردید و تحقیق و توسعه برای پیشرفت در عرصه فناوری نانو همچنان ادامه دارد.
تاکنون دستاوردهای زیادی در حوزه‌های صنعتی از جمله الکترونیک، خودرو، نساجی، نفت، گاز، پتروشیمی و صنعت ساختمان و... به وسیله فناوری نانو به دست آمده است.

۱-۴- شاخه‌های فناوری نانو

به طور کلی مطالعات نانوفناوری را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد. اگرچه روش‌های تحقیقاتی در آن‌ها با یکدیگر متفاوت است، اما این سه شاخه کاملا به یکدیگر مرتبط هستند و پیشرفت در یکی از شاخه‌ها می‌تواند در شاخه‌های دیگر نیز کاملا موثر باشد. این سه شاخه عبارتند از:

۱- نانوتکنولوژی مرطوب: این شاخه به مطالعه سیستم‌های زنده‌ای می‌پردازد که اساسا در محیط‌های آبی وجود دارند. در این شاخه ساختمان مواد ژنتیکی، غشاءها و سایر ترکیبات سلولی در مقیاس نانومتر مورد مطالعه قرار می‌گیرد. پژوهشگران موفق شده‌اند ساختارهای زیستی فراوانی تولید کنند که نحوه عملکرد آنها در مقیاس نانویی کنترل می‌شود. این شاخه دربرگیرنده علوم پزشکی، دارویی و به طور کلی علوم و روش‌های مرتبط با زیست فناوری است.

۲- نانوتکنولوژی خشک: این شاخه، از علوم پایه شیمی و فیزیک مشتق می‌شود و به مطالعه تشکیل ساختارهای کربنی، سیلیکون و مواد غیر آلی و فلزی می‌پردازد. نکته قابل توجه این است که الکترون‌های آزاد که در فناوری مرطوب موجب انتقال مواد و انجام واکنش‌ها می‌گردند، در فناوری خشک، خصوصیات فیزیکی ماده را پدید می‌آورند. در نانوتکنولوژی خشک، کاربرد مواد نانویی در الکترونیک، مغناطیس و ابزارهای نوری مورد مطالعه قرار می‌گیرد. برای مثال طراحی و ساختن میکروسکوپ‌هایی که بتوان با استفاده از آنها مواد را در ابعاد نانومتر دید.

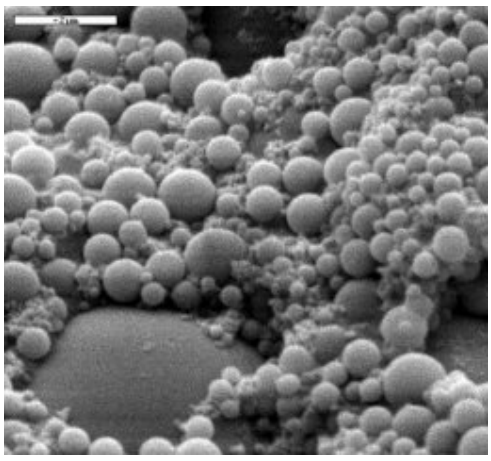
۳- نانوتکنولوژی محاسبه‌ای: در بسیاری از مواقع ابزار آزمایشگاهی موجود برای انجام برخی از آزمایش‌ها در مقیاس نانومتر مناسب نیستند و یا آنکه انجام این آزمایش‌ها بسیار گران تمام می‌شود. در این حالت از رایانه‌ها برای شبیه سازی فرآیندها و واکنش‌های اتم‌ها و مولکول‌ها استفاده می‌شود. شناختی که به وسیله محاسبه به دست می‌آید، باعث می‌شود که زمان لازم برای پیشرفت نانوتکنولوژی خشک به طور محسوسی کاهش یابد و البته تأثیر مهمی در نانوتکنولوژی مرطوب نیز خواهد داشت.

۱-۵- عناصر 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.

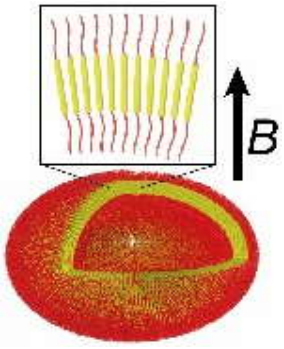
اولین و مهمترین عنصر پایه، نانوذره است. منظور از نانوذره، همان‌گونه که از نام آن مشخص است، ذراتی با ابعاد نانومتری در هر سه بعد می‌باشد. نانوذرات، رایج‌ترین عناصر در علم و فناوری نانو بوده و خواص جالب توجه آنها باعث گردیده است کاربردهای بسیار متنوعی در صنایع شیمیایی، پزشکی و دارویی، الکترونیک و کشاورزی داشته باشند. با توجه به ترکیب شیمیایی، این ذرات به انواع فلزی، سرامیکی، پلیمری و نیمه‌هادی تقسیم می‌شوند [۳-۱].

سنتز شیمیایی و فرآیندهای حالت جامد نظیر آسیاب کردن و چگالش بخار، روش‌های معمول برای ساخت نانوذرات هستند. کنترل فرایند تولید برای رسیدن به نانوذرات با خواص مناسب امری بدیهی است، در همین راستا تعیین مشخصات نانوذرات با روش‌های آنالیز میکروسکوپی، ساختاری و تعیین اندازه و سطح و... بررسی می‌شود.



شکل ۱-۱- تصویری از نانو ذرات

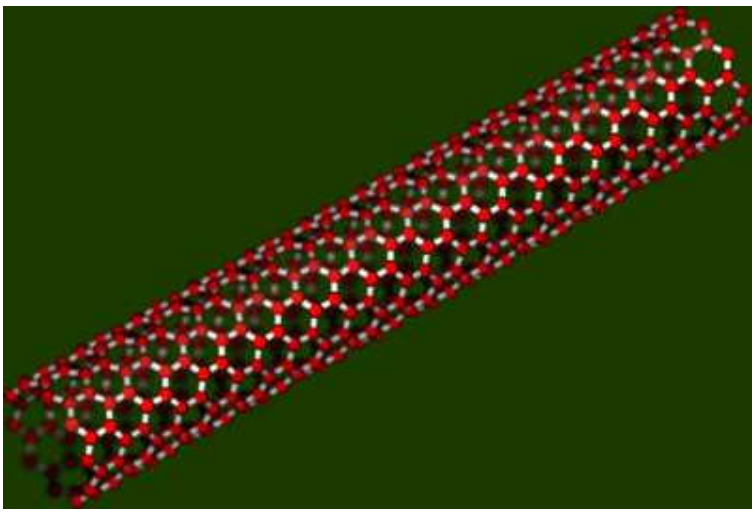
دومین عنصر پایه، نانوکپسول[1] است. همان طوری که از اسم آن مشخص است، کپسول‌هایی هستند که قطر نانومتری دارند و می‌توان مواد مورد نظر را درون آنها قرار داد و کپسوله کرد. سال‌هاست که نانوکپسول‌ها در طبیعت تولید می‌شوند؛ مولکول‌های موسوم به فسفولیپیدها که یک سر آنها آب‌گریز و سر دیگر آنها آب‌دوست است، وقتی 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.



شکل ۱-۲- تصویری از نانو کپسول

عنصر پایه بعدی نانولوله کربنی است. این عنصر پایه در سال ۱۹۹۱ در شرکت NEC کشف شد 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 [۴].

[1] -Nanocapsule



شکل ۱-۳- تصویری از یک نانولوله کربنی

عناصر پایه گوناگون و متنوع دیگری نیز وجود دارند که از آن جمله می‌توان نانوسیم‌ها، فولرین‌ها، آئروژل‌ها و... را نام برد.

۱-۶- نانو ذرات

یک نانوذره، ذره‌ای است که ابعاد آن در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد. نانوذرات علاوه بر نوع فلزی، عایق‌ها و نیمه‌هادی‌ها، نانوذرات ترکیبی نظیر ساختارهای هسته‌لایه[1] را نیز در بر می‌گیرند. همچنین نانوکره‌ها، نانومیله‌ها، و نانوفنجان‌ها به عنوان اشکالی از نانو ذرات در نظر گرفته می‌شوند. نانوذرات در اندازه‌های پایین نانوخوشه[2] به حساب می‌آیند. نانوبلورها و نقاط کوانتومی نیمه‌هادی نیز زیرمجموعه نانوذرات هستند [۶ و۵]. چنین نانوذراتی در کاربردهای بیودارویی به عنوان حامل دارو و عوامل تصویربرداری استفاده می‌شوند.

[1] -Core-Shell
[2] -Nanoclaster