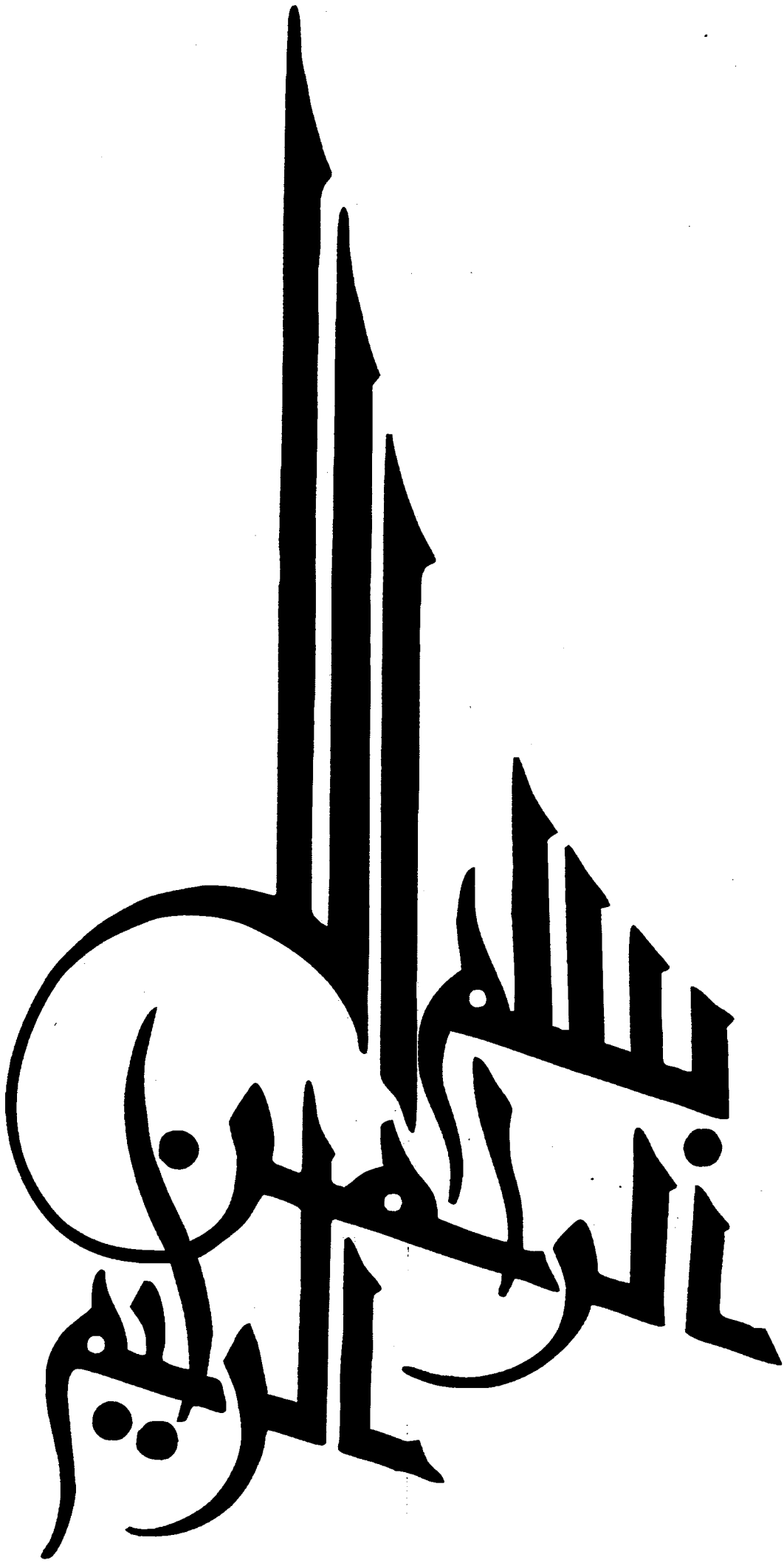

١٤٤١١٨

دانشگاه پیام نور

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته فیزیک حالت جامد

دانشکده علوم پایه

گروه علمی فیزیک

عنوان پایان نامه:

بررسی طیف انرژی در نانو ساختارهای جفت شده

استاد راهنما:

دکتر رضا خرداد

استاد مشاور:

دکتر عبدالرسول قرائتی

۱۳۸۹/۸/۲

نگارش:

مریم عشایری‌زاده

شهریور ۸۸

۱۴۴۱۱۸

دانشگاه پیام نور

بسمه تعالی

تصویب پایان نامه /رساله

پایان نامه تحت عنوان : بررسی طیف انرژی در نانو ساختارهای جفت شده

که توسط مریم عشایری زاده در مرکز شیراز تهیه و به هیأت داوران ارائه گردیده است مورد تأیید

مي باشد. تاریخ دفاع: ۸۸/٦/۲۲ نمره: ۱۸/۸ (هجده و هشت دهم) درجه ارزشیابی : عالی

اعضای هیأت داوران:

نام و نام خانوادگی	هیأت داوران	مرتبه علمی	امضاء
۱- دکتر رضا خرداد	استاد راهنما	استادیار	
۲- دکتر عبدالرسول قرائتی جهرمی	استاد مشاور	دانشیار	
۳- دکتر قاسم رضایی	استاد داور	استادیار	
٤- دکتر حسین توللی	نماینده تحصیلات تکمیلی	دانشیار	

تقدیم به :

پدر و مادر عزیزم

همسر فداکارم

فرزند دلبندم

سپاسگزاری

با سپاس فراوان از راهنمایی‌ها و زحمات استاد راهنما جناب آقای دکتر رضا خرداد و با سپاس از راهنمایی استاد مشاور جناب آقای دکتر عبدالرسول قرائتی که راه را بر من سهل کردند و مشکلات را هموار.

چکیده

توسط: مریم عشایری‌زاده

بررسی طیف انرژی در نانو ساختارهای جفت شده

در این تحقیق، ابتدا نانو تکنولوژی را تعریف کرده و کاربردهای آن را ذکر می‌کنیم. سپس، انواع نانو ساختارها مانند سیم های کوانتومی، حلقه‌ها و نقاط کوانتومی را معرفی کرده و به توضیح آنها می‌پردازیم. در ادامه، به مطالعه طیف انرژی در نانو ساختارهای جفت نشده مانند سیم کوانتومی، نقطه کوانتومی و حلقه کوانتومی می‌پردازیم. بدین منظور، ابتدا طیف انرژی یک سیم کوانتومی با سطح مقطع مربعی و مستطیلی را بدون حضور میدان مغناطیسی بدست می‌آوریم. سپس طیف انرژی یک نقطه کوانتومی را در حضور میدان مغناطیسی بدست آورده و در آخر ویژه مقادیر انرژی یک حلقه کوانتومی را در حضور میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی مورد مطالعه قرار می‌دهیم.

در این تحقیق، علاوه بر نانو ساختارهای جفت نشده به بررسی طیف انرژی در نانو ساختارهای جفت شده نیز خواهیم پرداخت. برای دستیابی به این هدف، ابتدا یک سیستم متشکل از دو حلقه کوانتومی جفت شده را در حضور میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی خارجی مورد بررسی قرار می‌دهیم.

سپس، طیف انرژی یک سیستم متشکل از یک نقطه و یک پاد نقطه کوانتومی را در حضور میدان مغناطیسی خارجی و میدان شار آهارانوف- بوهم محاسبه می‌کنیم. در آخر، نقاط کوانتومی جفت شده مورد مطالعه قرار می‌گیرند. با کمک تقریب هیتلر– لندن و مدل هایزنبرگ، انرژی تبادلی در نقاط کوانتومی جفت شده را محاسبه کرده و نتایج فیزیکی آن را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهیم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه‌ای بر نانو تکنولوژی و نانو ساختارها

۱-۱- تعریف نانو تکنولوژی و آشنایی با آن..... ۲

۱-۱-۱- تاریخچه نانو تکنولوژی..... ۲

۱-۱-۲- کاربردهای نانو تکنولوژی ٤

۱-۲- نانو ساختارها..... ٥

۱-۲-۱- روش‌های ساخت نانو ساختارها..... ٥

۱-۲-۲- لیتو گرافی ٦

۱-۲-۳- خود آرایی..... ۷

۱-۳- انواع نانو ساختارها ۷

۱-۳-۱- نانو ذرات و انواع آن..... ۸

۱-۳-۲- کاربردهای نانو ذرات..... ۱۱

۱-۳-۳- نانو سیم‌ها..... ۱۲

۱-۳-٤- نانو لوله‌ها..... ۱۳

۱-۳-٥- نانو پوشش‌ها ۱٤

۱-۳-٦- نانو خوشه‌ها ۱٥

۱-۳-۷- نانو حفره‌ها..... ۱٥

۱-۳-۸- نانو حلقه‌ها..... ۱٦

۱-٤- خلاصه فصل‌های آینده ۱٦

فصل دوم: محاسبه طیف انرژی در نانو ساختارهای جفت نشده: سیم و نقطه کوانتومی

۲-۱- مقدمه..... ۱۹

۲-۲- ویژه مقادیر انرژی در سیم‌های کوانتومی بدون حضور میدان مغناطیسی..... ۲۰

۲-۲-۱- مقایسه ویژه مقادیر انرژی بدست آمده با محاسبات انجام شده با روش‌های دیگر..... ۲۲

۲-۲-۲- نتیجه‌گیری..... ۲۵
۲-۳- طیف انرژی نقاط کوانتومی $GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ در حضور میدان مغناطیسی..... ۲۵
۲-۳-۱- یک نقطه کوانتومی سهموی‌گون در حضور میدان مغناطیسی..... ۲۶
۲-۳-۲- تعیین طیف انرژی در حالت‌های حدی– میدان مغناطیسی بالا و پایین..... ۲۸
۲-۳-۳- ویژه مقادیر انرژی در میدان مغناطیسی دلخواه..... ۳۰
۲-۳- ٤- نتیجه گیری..... ۳۱

فصل سوم: طیف انرژی حلقه‌های کوانتومی در دو حالت منفرد و جفت شده در حضور میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی

۳-۱- مقدمه..... ۳۸
۳-۲- تأثیر میدان الکتریکی بر نوسان‌های آهارانوف- بوهم در طیف الکترونی یک حلقه کوانتومی..... ۳۹
۳-۲-۱- ویژه مقادیر انرژی یک حلقه کوانتومی..... ۳۹
۳-۲-۲- نتایج..... ٤٤
۳-۳- طیف الکترونی حلقه‌های کوانتومی جفت شده در حضور میدان مغناطیسی..... ٤٤
۳-۳-۱- ویژه مقادیر انرژی دو حلقه کوانتومی جفت شده..... ٤٤
۳-۳-۲- نتایج..... ٤٦

فصل چهارم: طیف انرژی شبه نقطه کوانتومی با پتانسیل شبه هماهنگ دو بعدی در حضور میدان مغناطیسی و اثر آهارانوف- بوهم

٤-۱- مقدمه..... ۵۰
٤-۲- سیستم شبه نقطه با پتانسیل شبه هماهنگ..... ۵۲
٤-۳- بحث و نتیجه‌گیری..... ۵۵

فصل پنجم: انرژی تبادلی در نقاط کوانتومی جفت شده

۵-۱- مقدمه..... ٦١
۵-۲- تقریب هیتلر- لندن..... ٦٣
۵-۳- مدل نظری دو نقطه کوانتومی جفت شده..... ٦٥
۵-۳-۱- تابع موج کل برای نقاط کوانتومی جفت شده..... ٦٦
۵-٤- انرژی تبادلی ٦٧
۵- ۵- نتایج ٧١

فصل ششم: بحث و نتیجه‌گیری

٦-۱- نتیجه‌گیری ٧٤

منابع ٧٦

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۲-۱) : ویژه مقادیر انرژی در سیم‌های کوانتومی مربعی و مستطیلی..... ۲۲

جدول (۲-۲) : ویژه مقادیر انرژی در سیم‌های کوانتومی مربعی و مستطیلی..... ۲۳

جدول (۲-۳) : ویژه مقادیر انرژی برای حالتهای $|00;0m\rangle$ با $m=0,-1,-2,\cdots,-10$ برای الکترون برهم‌کنشی محدود شده در یک نقطه کوانتومی. ۳۳

جدول (۲-٤) : ویژه مقادیر انرژی برای حالت‌های $|00;0m\rangle$ با $m=0,-1,-2,\cdots,-10$ برای دو الکترون برهم‌کنشی محدود شده در یک نقطه کوانتومی..... ۳٤

جدول (۲-۵) : ویژه مقادیر انرژی برای حالت‌های $|00;0m\rangle$ با $m=0,-1,-2,\cdots,-10$ برای الکترون برهم‌کنشی محدود شده در یک نقطه کوانتومی..... ۳۵

جدول (۲-٦) : ویژه مقادیر انرژی برای حالت‌های $|00;0m\rangle$ برای دو الکترون برهم‌کنشی محدود شده در یک نقطه کوانتومی..... ۳٦

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱) : طبقه بندی خوشه‌های اتمی بر اساس ابعادشان.....۹

شکل (۲-۱) : جابه‌جایی انرژی برای سیم‌های $Ga_{0.47}In_{0.53}As/InP$.....۲٤

شکل (۲-۲) : ویژه مقادیر انرژی حالت‌های $|00;0m\rangle$ برای الکترون‌های برهم‌کنشی سهموی‌گون محدود شده در یک نقطه کوانتومی.....۳۱

شکل (۳-۱) : طیف انرژی به صورت تابعی از شدت میدان الکتریکی برای یک حلقه کوانتومی $GaAs/AL_{0.3}Ga_{0.7}As$.....٤۲

شکل (۳-۲) : وابستگی طیف انرژی الکترونی به میدان مغناطیسی برای یک حلقه کوانتومی در حضور میدان الکتریکی با شدت $F=10\ \ kV/cm$.....٤۳

شکل (۳-۳) : نمودار پتانسیل عرضی مربوط به سیستم حلقه‌های جفت شده.....٤٥

شکل (۳-٤) : طیف انرژی به صورت تابعی از میدان مغناطیسی برای سیستم حلقه‌های جفت شده هم مرکز.....٤۷

شکل (۳-٥) : طیف انرژی به صورت تابعی از میدان مغناطیسی.....٤۸

شکل (٤-۱) : ترازهای انرژی شبه نقطه (درواحد $\hbar\omega_c$) به صورت تابعی از عدد کوانتومی مغناطیسی m در شرایط $\alpha = ۸$ ،$a=۱۲$.....٥٥

شکل (٤-۲) : چگالی احتمال الکترون نسبت به r در حضور و در غیاب پتانسیل شبه هماهنگ و میدان شار AB.....٥۷

شکل (٤-۳) : ترازهای انرژی شبه نقطه به صورت تابعی از میدان مغناطیسی B در واحد تسلا...٥۹

شکل (٥-۱) : انرژی تبادلی (بر حسب میلی الکترون ولت) به صورت تابعی از میدان مغناطیسی (بر حسب تسلا).....۷۰

شکل (۵-۲) : انرژی تبادلی (بر حسب میلی الکترون ولت) به صورت تابعی از میدان الکتریکی (بر حسب میلی ولت بر نانومتر)..... ۷۱

فصل اول

مقدمه‌ای بر نانوتکنولوژی و نانوساختارها

۱-۱- تعریف نانو تکنولوژی وآشنایی با آن

نانو تکنولوژی شامل علوم کاربردی می‌باشد که مبتنی بر کنترل و بررسی مواد مولکولی و اتمی است که نانومتر واحد طول آنها می‌باشد. در واقع نانو تکنولوژی زمینه متنوعی از تولید کارآمد مواد، دستگاه‌ها و سیستم‌ها با کنترل ماده در مقیاس نانومتر و بهره‌برداری از خواص جدیدی است که در مقیاس نانو توسعه یافته‌اند. بسیاری از خواص یک ماده با کوچک شدن ابعاد آن و رسیدن به حد نانو تغییر می‌کند. این خواص که شامل اثرات کوانتوم مکانیکی و نیز مکانیک آماری می‌باشد با آمدن از مقیاس ماکروسکوپیک به میکروسکوپیک چندان قابل رویت نیست. اما وقتی به ابعاد نانومتر می‌رسیم قابل دسترس می‌شود. در نانو مواد، ترکیب و ساختار به همراه ابعاد، خواص مواد را تعیین می‌کنند. بسیاری از خواص فیزیکی، مانند خواص الکتریکی، مکانیکی، اپتیکی و .... مواد نانو در مقایسه با حالت میکروسکوپی متفاوت می‌باشد. به طور مثال، ماده کدری مانند مس، در مقیاس نانو شفاف می‌شود. مواد پایداری مثل آلومینیوم قابل اشتعال و ناپایدار می‌گردند، جامداتی مثل طلا در دمای اتاق به مایع تبدیل می‌شوند، مواد عایقی مثل سیلیکون رسانا می‌شوند و ...

یکی از مهمترین دلایل این تغییر ویژگی‌ها، افزایش نسبت مساحت سطحی به حجم سیستم است که باعث می‌شود پیوندهای بین مولکولی، برهم‌کنش‌های واندروالس و تنش‌های سطحی مهمتر از گرانش بین ذرات ماده شود. همچنین باعث غلبه یافتن رفتار اتم‌های واقع در سطح ماده به رفتار اتم‌های درونی می‌شود. این ویژگی مهم، یعنی سطح زیاد و فصل مشترک منحصر به فرد و برهم‌کنش‌های قوی در سطوح نانو ساختارها، اساس بسیاری از تحقیقات شگفت‌آور در حیطه نانو بیوتکنولوژی را تشکیل می‌دهد [۱و۲].

۱-۱-۱- تاریخچه نانو تکنولوژی

ایده نانو تکنولوژی اولین بار درسال ۱۹۵۹ میلادی مطرح شد. درآن سال ریچارد فاینمن[۱] متخصص کوانتوم نظری و دارنده جایزه نوبل فیزیک، در سخنرانی معروف خود با عنوان «در پایین فضاهای بسیاری وجود دارد» به بررسی بعد رشد نیافته‌ای از علم مواد پرداخت. او عنوان کرد که همان‌گونه که دانشمندان تاکنون توانسته‌اند ترانزیستورها و ساختارهای دیگر را در مقیاس‌های کوچک بسازند، ما نیز خواهیم توانست آنها را کوچک‌تر و کوچک‌تر کنیم و به مقیاس اتمی و مولکولی برسانیم. از وقتی فاینمن نظرات و منطق خود را بازگو کرد جهان روندی به سوی کوچک شدن در پیش گرفت.

۱.Richard Feynman

ماروین مینسکی[۲] یابنده هوش‌های مصنوعی دهه ۷۰-۱۹۶۰ جهان را در تفکراتی که مربوط به آینده می‌شد رهبری می‌کرد [۳و۴]. در سال ۱۹۷۴ پروفسور نوریو تانیگوچی[۳] مدرس دانشگاه علوم توکیو نخستین بار واژه «فناوری نانو» را در مقاله خود به صورت زیر تعریف کرد [۵]: «نانو تکنولوژی به طور عمده شامل روند جدا شدن، در هم آمیختن و تشکیل مواد با استفاده از یک اتم یا یک مولکول است».

پس از آن در اویل دهه ۱۹۸۰ میلادی پژوهشگر آمریکایی به نام دکتر اریک درکسلر[۴] بی‌اطلاع از بکارگیری این واژه به وسیله تانیگوچی آن را به کار گرفت و به تشریح وسایل و پدیده‌های دارای مقیاس نانو پرداخت. درکسلر اولین مقاله علمی خود را در مورد نانو تکنولوژی مولکولی در سال ۱۹۸۱ ارائه داد. او کتاب «موتور آفرینش، آغاز دوران فناوری نانو» را در سال ۱۹۸۶ به چاپ رساند و اولین درجه دکترای نانو تکنولوژی را در سال ۱۹۹۱ از دانشگاه MIT آمریکا دریافت کرد. وی را می‌توان از پیشگامان نانو تکنولوژی به شمار آورد که در شکل‌گیری و توسعه آن نقش اساسی داشته است [۶].

با اختراع میکروسکوپ تونل زنی اسکن کننده[۵] (STM) و میکروسکوپ نیروی اتمی[۶] (AFM) طی سالهای ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰ راهی جدید و موثر برای پیشرفت نانو تکنولوژی و رسیدن این علم نوپا به مرحله کاربردی ایجاد شد. با اختراع این میکروسکوپ‌ها و ساخت برنامه‌های شبیه ساز قدرتمند رایانه‌ای در طول این دهه، امکان دیدن و جابه جایی اتم‌ها به وجود آمد و به این ترتیب انقلاب نانو تکنولوژی آغاز شد. «باکی بال»[۷] (کربن خالص کره‌ای شکل و تو خالی) در سال ۱۹۸۵ اختراع شد، نانوتیوپ در سال ۱۹۹۱ اختراع شد. اولین کنفراس اروپایی نانو تکنولوژی در سال ۱۹۹۶برگزار شد و در سال ۲۰۰۰ میلادی انستیتو بین المللی نانو تکنولوژی، واقع در ایالت متحده آمریکا با هدف توسعه و پیشرفت تحقیقات درزمینه نانو تکنولوژی تاسیس شد. از آن زمان این علم اثرات عمیقی روی پیشرفت اقتصاد جهانی و شناخت انسان از جهان پیرامونش داشته است [۱و۴و۷].

۲.Marvin Min sky
۳.Norio Taniguchi
٤.Erick Drexler
٥.Scanning Tunneling Microscope
٦.Atomic Force Microscope
۷.Backi Ball

۱-۱-۲- کاربردهای نانو تکنولوژی

با توجه به تعریف نانو تکنولوژی، چنین برمی‌آید که نانو تکنولوژی یک رشته جدید نیست بلکه رویکردی جدید در تمام رشته‌ها می‌باشد. زمانی که فاینمن ایده کار با اتم‌ها و مولکول‌ها را مطرح کرد، محققان در جهان به کار در این عرصه روی آوردند. برای نانو تکنولوژی کاربردهایی را در حوزه‌های مختلف از غذا و دارو و تشخیص پزشکی و بیوتکنولوژی تا الکترونیک و کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، مواد، هوا فضا و امنیت ملی برشمرده‌اند. کاربردهای وسیع این عرصه به همراه اثرات اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فناوری را به عنوان یک زمینه «فرا رشته‌ای و فرا بخشی» مطرح نموده است.

علوم و فناوری نانو، عنصری اساسی در درک بهتر طبیعت در دهه‌های آتی خواهد بود که بخشی از تاثیرات و کاربردهای نانو تکنولوژی به شرح زیر می‌باشد:

- ساخت موادی بسیار مقاوم و سبک برای مصارف مرسوم و نو
- ساخت مواد و وسایلی با قابلیت ضد باکتریایی و رنگ‌هایی با شفافیت و کیفیت بسیار بالا
- روش‌هایی برای تشخیص سریع و بسیار دقیق انواع بیماری‌ها و ارسال دقیق دارو به محل مورد نظر در بدن به وسیله داروهای هوشمند
- مراقبت‌های بهداشتی و افزایش طول عمر، کیفیت و توانایی‌های جسمی بشر
- ساخت کامپیوترهایی با سرعت میلیارد برابر کامپیوترهای گذشته و با اندازه‌های بسیار کوچکتر
- توسعه محصولات کشاورزی برای یک جمعیت عظیم
- ساخت الیافی که خواصشان متناسب با نیاز تغییر کند.
- طراحی حسگرهایی برای شناسایی دقیق سموم و آلودگی‌ها، با دقت و سرعت بسیار بالا
- بهینه سازی راه‌های استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر همچون انرژی خورشیدی
- ساخت دیودهای نوری با استفاده از مواد نانو که باعث کاهش در مصرف برق می‌شود.
- ساخت لنزها و عدسی‌های عینک از مواد نانو ضد خش
- ساخت ظروفی که قابلیت خود تمیز کردن دارند.
- ارائه روش‌هایی برای تصفیه و نمک زدایی آب دریا
- ساخت تجهیزات اطلاعاتی، لباس‌های مانع خطر و سلاح‌های سبک، کوچکتر، هوشمندتر ونامرئی‌تر و ... در زمینه امور نظامی
- تولید انبوه مواد و ابزارهایی که تا قبل از این عملی و اقتصادی نبوده‌اند.

- تشخیص سریع‌تر و راحت‌تر بیماری‌ها و استعدادهای ابتلا به بیماری

به دلیل تاثیرات این فناوری بر اکثر فناوری‌های موجود و بر اقتصاد جهانی، عقیده صاحب نظران این است که متخصصان رشته‌های مختلف بدون گرایش به مباحث مقیاس نانو در دهه‌های آینده فرصتی برای رشد نخواهند داشت و شکوفایی بسیاری از فناوری‌های مهم بدون بهره‌گیری از نانو تکنولوژی دچار اختلال خواهند شد. از این جهت این مساله برای دانشگاهیان، محققان و مسئولان هر کشور امری حیاتی و اجتناب ناپذیر می‌باشد [۴].

۱-۲- نانو ساختارها

نانو مواد به عنوان موادی که حداقل یکی از ابعاد آن زیر ۱۰۰ نانومتر باشد تعریف شده‌اند. منظور از یک ماده نانو ساختار، جامدی است که در آن انتظام افقی، اندازه، بلورهای تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی در سراسر بدنه آن در مقیاس چند نانومتری گسترده شده باشد. زمانی که مواد در مقیاس نانو مطالعه و بررسی می‌شوند، واکنش‌ها و رفتار اتم‌ها در مقایسه با حالتی که مطالعه در سطح مولکولی انجام می‌شوند کاملا متفاوت است چرا که در این قلمرو خصوصیات فیزیکی مواد تغییر می‌کند. تفاوت در قلمرو نانو به اندازه‌ای است که حتی رنگ، نقطه ذوب، استحکام، خصوصیات شیمیایی و غیره مواد در خارج از این محدوده، کاملا متفاوت است.

اخیرا ساختارهای نانو مقیاس به علت استفاده عملی آنها در حافظه‌های مغناطیسی با ظرفیت بالا و در رسانه‌های اپتیکی[۸] و دیگر کاربردها در زمینه‌های مختلف به موضوعات جالب توجهی تبدیل شده‌اند[۱۰].

۱-۲-۱- روش‌های ساخت نانو ساختارها

پیدا کردن روش‌های تولید مناسب در نانو تکنولوژی موضوعی است که در چند سال اخیر به شدت مورد توجه محققان بوده است. در واقع، دو روش عمده برای ساخت نانو ساختارها وجود دارد: روش پایین به بالا[۹] و روش بالا به پایین[۱۰]. تا چند سال پیش برای ساختن مواد در مقیاس‌های کوچک، می‌بایست یک قطعه بزرگتر را با تراشیدن و خردکرن یا حل کردن بخش‌های اضافی با اسید

---

۸. Optical Media
۹. Bottom-up Approache
۱۰. Top-down Approache

و ... آن قدر کوچک می‌کردیم تا به قطعه نهایی می‌رسیدیم. به عبارت دیگر، روش تولید ساختارهای کوچک از نوع بالا به پایین بود. در این روش یک ماده توده‌ای را با انرژی‌های مکانیکی، شیمیایی و غیره شکل‌دهی و اصلاح می‌کنند تا با کاهش ابعاد به یک محصول با ابعاد نانو برسند.

در چند سال اخیر فنون و ابزارهایی ابداع شده‌اند که اجازه می‌دهند مولکول‌ها یا اتم‌ها را جابه جا و آنها را به هم متصل کنیم یا در مکان‌های دلخواه روی سطح قرار دهیم، تا شکل مورد نظر حاصل شود و به یک ساختار با ابعاد نانو دست یابیم. به این روش در مجموع، روش ساختن از پایین به بالا گویند. برای این منظور از تجهیزات پیشرفته‌ای مانند میکروسکوپ‌های نیروی اتمی (AFM) و میکروسکوپ‌های تونل زنی اسکن کننده (STM) استفاده می‌شود تا فرایند دستکاری و ایجاد پدیده‌ها و خصوصیات جدید در نانو مواد ظهور کند.

در نانو تکنولوژی، از روش‌های معمول بالا به پایین که برای تهیه مواد استفاده می‌شود می‌توان به روش‌هایی مانند لیتوگرافی[۱۱] و آسیاب کردن ذرات اشاره کرد و از روش‌های پایین به بالا می‌توان روش‌های خودآرایی[۱۲] و رسوب‌دهی بخار را نام برد که در ادامه در مورد برخی از آنها توضیح مختصری خواهیم داد [۹و۱۰].

۱-۲-۲- لیتوگرافی

این روش در واقع نوعی عمل حک کردن است که به کمک پرتوهای قوی لیزر انجام می‌شود. لیتوگرافی در اصل به معنای ساخت اشیاء از سنگ است. لیتوگراف تصویری است که از حکاکی یک طرح روی سنگ بدست می‌آید. در این روش، ابتدا طرح با مرکب روی سنگ کشیده می‌شود و سپس با قرار دادن سنگ روی کاغذ و فشار دادن آن، طرح روی کاغذ چاپ می‌شود. این روش می‌تواند در مقیاس کوچک نیز مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال برای تولید تراشه‌های کامپیوتری از لیتوگرافی استفاده می‌شود.

روش‌های مختلف لیتوگرافی شامل لیتوگرافی پرتو الکترونی، لیتوگرافی نوری و لیتوگرافی با پروپ پیمایشی می‌باشد. در لیتوگرافی با پرتو الکترونی، ابتدا بر روی یک پلیمر سخت شونده به وسیله پرتو الکترونی با انرژی بالا، طرح نانو ساختار مورد نظر شکل داده می‌شود. سپس با حلال‌های شیمیایی، پلیمر پرتوافکنی شده را حل نموده و طرح مورد نظر را ایجاد می‌کنند. در نهایت برای تولید نانو ساختار، عنصر مورد نظر با استفاده از تبخیر اتمی یا پاشیدن اتم‌ها روی طرح نشانده می‌شود.

۱۱.Lithography
۱۲.Self assembling

در لیتوگرافی نوری، به جای پرتوافکنی از نور استفاده می‌شود و در مناطقی که توسط یک ماسک روی ماده سخت شونده تعریف شده طراحی لازم انجام می‌شود.

در لیتوگرافی با پروپ پیمایشی برای تولید نانو ساختارها، از نوشتن ساختار دلخواه روی سطح استفاده می‌شود. برای این کار از نوک پروپ میکروسکوپ‌های نیروی اتمی، به عنوان یک نانو خودکار استفاده می‌شود. در این روش مخزن جوهر که همان اتم‌ها یا مولکول‌ها هستند در بالای نوک پروپ پیمایشی قرار داده می‌شود و بر روی سطح نشانده می‌شود [۱۱].

۱-۲-۳- خودآرایی

خودآرایی یک روش تولید پایین به بالا است و به دلیل اینکه محصولات حاصل از خودآرایی صرفه اقتصادی بالقوه‌ای دارند، بسیار جالب توجه است. خودآرایی، فرایندی است که ساختارها در آن از واحدهای اتمی و یا مولکولی به ساختارهای بسیار پیچیده و بزرگ‌تر تبدیل می‌شوند. باید توجه داشت که اتم‌ها و مولکول‌ها همیشه در جایی که مورد نظر ماست قرار نخواهد گرفت و عاملی که محل قرارگیری آنها را تعیین می‌کند، انرژی آنها است. به این صورت که مولکول‌ها در جایی قرار خواهند گرفت که کمترین انرژی را داشته باشند و به سمت انرژی آزاد منفی تمایل دارند. انرژی آزاد در یک سیستم به وسیله استحکام پیوند و آنتروپی تعیین می‌شود. در این روش اجزا مختلف (چه به صورت تک به تک و چه به صورت متصل به هم) به صورت خود به خودی ساختار به هم پیوسته منظمی را تشکیل می‌دهند. این روش ساخت تنها در مقیاس نانو کاربرد ندارد بلکه در مقیاس‌های بسیار بزرگ‌تر هم بکار می‌روند. البته می‌شود گفت که ابتدا این روش ساخت در مقیاس نانو مشاهده و درک شد و پس از آن مانند بسیاری از فعالیت‌های بشر که سعی در شبیه‌سازی و استفاده از روش-های طبیعی را دارند، شبیه‌سازی و در مقیاس‌های بزرگ‌تر به کار گرفته شد. با روش خودآرایی، موادی با ساختارهای منظم نظیر بلورهای مولکولی، بلورهای مایع و نیمه بلورها ساخته می‌شوند. به نظر می‌آید این روش یکی از کاربردی‌ترین روش‌های ساخت در مقیاس نانو است که برای ساخت ساختارهایی همچون لایه‌ها، نانو ذرات، نانو کپسول‌ها، نانو سیم‌ها و حتی اجزای ساده الکترونیک مولکولی استفاده می‌شود [۱۲].

۱-۳- انواع نانو ساختارها

مواد در مقیاس نانو به صورت زیر تقسیم بندی می‌شوند:

۱- نانو ذرات و نقاط کوانتومی[۱۳]

۲- نانو سیم‌ها (سیم‌های کوانتومی[۱۴])

۳- نانو لوله‌ها

۴- نانو پوشش‌ها

۵- نانو خوشه‌ها

۶- نانو حفره‌ها

۷- نانو حلقه‌ها و. . .

در ادامه قبل از اینکه به توضیح انواع نانو ساختارها بپردازیم ابتدا به روش‌های کلی تولید آنها اشاره‌ای می‌کنیم و بعد به توضیح آنها خواهیم پرداخت [۱و۸].

۱-۳-۱- نانو ذرات و انواع آن

نانو ذرات بسیار قبل از اینکه این واژه رواج یابد، وجود داشته‌اند و حتی مطالعه شده‌اند. به عنوان مثال، بسیاری از رنگ‌های زیبا در شیشه‌های رنگی پنجره‌ها، نتیجه مستقیم وجود خوشه‌های کوچک اکسید فلز در شیشه است که از نظر ابعاد، قابل مقایسه با طول موج نور هستند. ذرات کوچک کلوئیدی نقره علت بخشی از فرایند ظهور عکس در عکاسی هستند. غالبا تعدادی از اتم‌ها یا مولکول‌ها که در شعاعی کمتر از ۱۰۰ nm به یکدیگر می‌پیوندند، به عنوان نانو ذره در نظر گرفته می‌شوند. یک نانومتر 10^{-9}متر یا ۱۰ آنگستروم است و بنابراین ذراتی با شعاعی کمتر یا مساوی ۱۰۰۰ آنگستروم یک نانو ذره محسوب می‌شوند. شکل زیر یک طبقه‌بندی از خوشه‌های اتمی را بر اساس ابعادشان مشخص می‌کند. در این شکل می‌توان ارتباط بین تعداد اتم‌های موجود در یک خوشه و شعاع خوشه را مشاهده کرد.

۱۳.Quantum Dots

۱٤.Quantum Wires