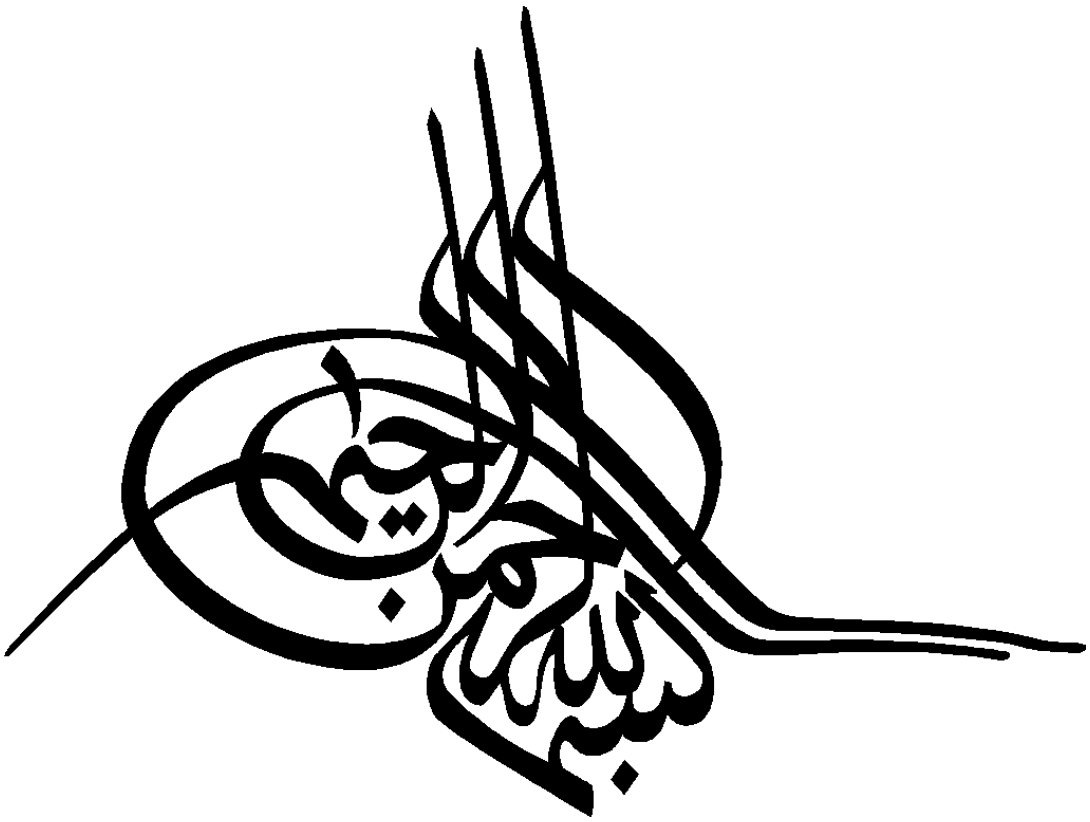

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه پیام نور

دانشکده علوم پایه

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته بیوشیمی

گروه زیست شناسی

مطالعه میزان سمیت و القای آپوپتوز ذرات نانو نقره (نانوسید) بر روی رده های مختلفی از سلولهای طبیعی، سرطانی و بنیادی انسان

سمیه مؤدب

اساتید راهنما: دکتر دلاور شهباز زاده – دکتر محمد علی شکر گزار

مشاور:دکتر بهزاد لامع راد

زمستان ۱۳۸۹

دانشگاه پیام نور

دانشکده علوم پایه

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته بیوشیمی

گروه زیست شناسی

مطالعه میزان سمیت و القای آپوپتوز ذرات نانو نقره (نانوسید) بر روی رده های مختلفی از سلولهای طبیعی، سرطانی و بنیادی انسان

سمیه مؤدب

اساتید راهنما: دکتر دلاور شهباز زاده – دکتر محمد علی شکر گزار

مشاور:دکتر بهزاد لامع راد

زمستان ۱۳۸۹

تقدیم به مادر مهربان و پدر بزرگوارم ،

آنان که وجودم برایشان همه رنج است و وجودشان برایم همه مهر

منت خدای را عزو جل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت، هر نفسی که فرو می رود ممد حیات است و چون برمی آید مفرح ذات، پس در هر نفسی دو نعمت موجود است و بر هر نعمت شکری.

شکر یگانه عالم را بجا می آورم که توفیق نصیب کرد تا من این پایان نامه را به پایان برسانم. در طی این طریق ابتدا از پدر و مادر مهربانم که همه دستاوردها و زیباییهای زندگیم را مدیون فداکاری و بزرگواری آنها هستم تشکر می‌کنم. همچنین از خواهر و برادران خوبم که وجودشان گرمی‌بخش زندگیم بوده است قدردانی می‌نمایم.

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر شهباززاده که همواره بنده را مورد راهنمایی و تفقد قرار دادند سپاسگزارم، سپس بطور ویژه از استاد بزرگوار بنده جناب آقای دکتر شکرگزار که من را در مسیر انجام این مهم هدایت فرموده و بی دریغ امکانات لازم را در اختیارم قرار دادند تشکر کرده و زحمات ایشان را ارج می نهم، همچنین با احترام فراوان از آقای دکتر آزادمنش به دلیل لطف بی دریغشان سپاسگزارم، از آقای دکتر اهری نیزکه در مسیر به انجام رسیدن این پایان نامه حوصله فراوان به خرج داده و مرا از راهنمایی های ارزنده خود بهره مند کردند کمال تشکر و قدردانی را دارم و برای همه این عزیزان آرزوی سلامتی و توفیق روزافزون دارم، همچنین از جناب آقای دکتر لامع راد، استاد محترم مشاور که با مساعدتهای خود پیمودن این راه را بر من آسان‌تر نمودند تشکر می کنم.

از همسر عزیزم جناب آقای مهندس آسیابان نیزکه در طول این مسیر لحظه به لحظه همدل و همراه من بودند بسیار سپاسگزارم و امیدوارم که قادر به درک زیبایی های وجودشان باشم.

در پایان از همه کارکنان و دانشجویان خوب انستیتوپاستور ایران ، شرکت نانونصب پارس و نیز همه کسانی که دعای خیرشان همواره بدرقه راهم بوده است سپاسگزارم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... سه
فهرست اشکال ..... شش
فهرست جداول ..... هفت
۱- فصل اول ۱۲
۱-۱- مقدمه ای بر نانو تکنولوژی ۱۳
۱-۲- پیشینه نانو تکنولوژی ۱۵
۱-۳- شاخه‌های اصلی نانوتکنولوژی ۱۶
۱-۳-۱- نانو روکش‌ها ۱۷
۱-۳-۲- نانو مواد ۱۸
۱-۳-۳- روش‌های ساخت نانو مواد ۱۹
۱-۳-۴- انواع نانو مواد ۲۲
۱-۳-۵- مهندسی مولکولی ۲۹
۱-۳-۶- نانو الکتریک ۳۰
۱-۴- نانو تکنولوژی در پزشکی ۳۲
۱-۵- نقره و نانو نقره ۴۱
۱-۶- مکانیسم عمل نانو نقره در برابر میکروبها ۴۲
۱-۷- مروری بر مطالعات انجام شده ۴۳
۱-۸- آپوپتوز ۴۶
۱-۹- کاسپاز ۳ ..... ۳۷۴۷
۱-۱۰-PCR (Polymerase chain Reaction) ۴۸
۱-۱۰-۱-RT-PCR ۴۹
۱-۱۱- فلوسایتومتری ۴۹
۱-۱۲-نانوسید ۵۰
۱-۱۲-۱- کامپوزیت ۵۰
۱-۱۲-۲- کلوئید ۵۱
۱-۱۳- گستره کاربری نانوسید ۵۱
۱-۱۴- شرکت نانو نصب پارس ۵۲
۱-۱۵-اهداف ۵۲
۲- فصل دوم ۵۳
۲-۱- مواد و روش ها در آزمایش های کشت سلول ۵۴
۲-۱-۱- طرز تهیه محیط کشت:RPMI -1640 ..... ۵۵

۲-۱-۲- طرز تهیه محیط کشت DMEM ۵۶
۲-۱-۳ روش آماده کردن سرم جنین گاو (Fetal Bovin Serum (FBS ۵۶
۲-۱-۴- روش تهیه محلول Trypsin/ EDTA ۵۶
۲-۱-۵- روش تهیه رنگ تریپان بلو ۵۶
۲-۱-۶- روش تهیه محلول PBS بدون کلسیم و منیزیم ۵۷
۲-۱-۷- کشت سلول ۵۷
۲-۱-۸- نحوه پاساژ دادن سلولها ۵۷
۲-۱-۹- روش فریز کردن سلولها (منجمد کردن سلولها در ازت مایع) ۵۸
۲-۱-۱۰- تهیه محلولهای نانو سیلور ۵۸
۲-۱-۱۱- آماده سازی و انکوبه کردن سلولها با ماده نانوسیلور: ۵۸
۲-۱-۱۲- سنجش میزان توکسیستی سلولها با کمک رنگ MTT (MTT Assay) ۵۹
۲-۱-۱۳- محاسبه IC50 (Inhibitory Concentration) ۶۰
۲-۲- مواد و روش ها در آزمایش PCR ۵۱
۲-۲-۱- جدا سازی mRNA ۶۲
۲-۲-۲- تعیین درجه خلوص و غلظت mRNA استخراج شده ۶۳
۲-۲-۳- سنتز cDNA ۶۳
۲-۲-۴-RT-PCR ۶۴
۲-۳- فلوسایتومتری ۶۹
۳- فصل سوم ۷۱
۳-۱- نتایج آزمایشات ۷۲
۳-۲- نتایج تاثیر دوزهای مختلف نانوسید بر رده سلولی G292 ..... ۶۰
۳-۲-۱- مقایسه عکس های سلول های نرمال با سلولهای تحت نانوسید ۷۳
۳-۲-۲- نتایج MTT سلولهای G292 مجاور شده با نانو سید ۷۳
۳-۳- نتایج تاثیر دوزهای مختلف نانوسید بر رده سلولی HF_2 ..... ۶۴
۳-۳-۱-مقایسه عکسهای سلولهای نرمال با سلولهای تحت نانوسید ۷۶
۳-۳-۲- نتایج MTT سلولهای HF_2 مجاور شده با نانو سید ۷۷
۳-۴- نتایج تاثیر دوزهای مختلف نانوسید روی سلولهای MSC مزانشیمال استم سل ۷۹
۳-۴-۱- مقایسه عکس های سلولهای نرمال با سلولهای تحت نانوسید ۷۹
۳-۴-۲- نتایج MTT Assay سلولهای استم سل مجاور شده با نانو سید ۸۰
۳-۵- نتایجRT-PCR ۸۲
۳-۵-۱- نتایج حاصل از استخراج mRNA ۸۲
۳-۵-۲- تهیه c DNA ۸۳
۳-۵-۳- نتیجهRT-PCR ۸۳

۴- فصل چهارم ۸۹

۴-۱-بحث ۹۰

۴-۲- پیشنهادات ۹۴

منابع ۸۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: مقایسه تار مو با سیم یک نانومتری ۱۴
شکل ۱-۲: روکش‌های محافظ در مصارف خودروسازی ۱۷
شکل ۱-۳: ساختار شماتیک نانومواد ۱۹
شکل ۱-۴: تصویر شماتیک نانو پودر ۲۳
شکل ۱-۵: تصویر میکروسکوپی نانو پودر ۲۳
شکل ۱-۶: تصویر شماتیک نانولوله کربنی ۲۴
شکل ۱-۷: تصویر شماتیک نانولوله ها در سه نوع ساختار صندلی، زیگزاگ و نامتقارن ۲۵
شکل ۱-۸: ساختار مدارهای مجتمع(IC) ۳۱
شکل ۱-۹: نانوسیم ۳۱
شکل ۱-۱۰: نانو بیوتکنولوژی ۳۳
شکل ۱-۱۱: تشخیص سلول‌های سرطانی توسط نانو فن‌آوری ۳۴
شکل ۱-۱۲: رشته‌های DNA ۳۵
شکل ۱-۱۳: تصویر شماتیک اتصال نانو ذرات طلا با آنتی‌بادی‌ها ۳۶
شکل ۱-۱۴: نانو ساختارهای ZnO ۳۷
شکل ۱-۱۵: تصویری شماتیک از آینده نانو پزشکی ۳۸
شکل ۳-۱: تصاویر سلولهای رده G292 در مجاورت ماده نانوسید در غلظتهای مختلف ۷۳
شکل ۳-۲: نمودار اثر غلظتهای مختلف نانو سید روی سلولهای G292 بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت ۷۴
شکل ۳-۳: نمودار مقایسه درصد سمیت و درصد زنده بودن سلولهای G292 ..... ۷۵
شکل ۳-۴: نمودار درصد سمیت نانوسید در سلولهای G292 و محاسبه IC50 ..... ۷۶
شکل ۳-۵: تصاویر سلولهای رده فیبرو بلاست (HF2) در مجاورت ماده نانوسید در غلظتهای مختلف ۷۷
شکل ۳-۶: نمودار اثر غلظت های مختلف نانوسید روی سلولهای HF_2 بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت ۷۸
شکل ۳-۷: نمودار مقایسه درصد سمیت و درصد زنده بودن سلولهای HF_2 ..... ۷۸
شکل ۳-۸: نمودار درصد سمیت نانوسید در سلولهای HF_2 و محاسبه IC50 ..... ۷۹
شکل ۳-۹: تصاویر سلولهای رده استم سل انسانی در مجاورت ماده نانوسید در غلظتهای مختلف ۸۰
شکل ۳-۱۰: نمودار اثر غلظتهای مختلف نانوسید روی سلولهای استم سل بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت ۸۱
شکل ۳-۱۱: نمودار مقایسه درصد سمیت و درصد زنده بودن سلولهای استم سل ۸۱
شکل ۳-۱۲: نمودار درصد سمیت نانوسید در سلولهای استم سل و محاسبه IC50 ..... ۸۲
شکل ۳-۱۳: شکل RT- PCR ژن کاسپاز ۳ در سلولهای G292 ..... ۸۴
شکل ۳-۱۴: الکتروفورز محصول PCR ۸۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱: علائم اختصاری و پیشوندهای مقیاس‌های مختلف ۱۳
جدول ۲-۱: مواد ۵۴
جدول ۲-۲: تجهیزات ۵۵
جدول ۲-۳ :مواد و کیت ها ۶۱
جدول ۲-۴: تجهیزات ۶۱
جدول ۲-۵: غلظتهای استفاده شده در سنتز cDNA ۶۴
جدول ۲-۶: مقادیر مواد استفاده شده در PCR ۶۷
جدول ۲-۷: درجه حرارت و زمان مراحل سه گانه PCR ۶۷
جدول ۲-۸: (بافر TBE 10X با PH=8) ۶۸
جدول ۳-۱: نتایج جذب mRNA استخراج شده از سلول‌های G292 ..... ۸۳
جدول ۳-۲: نتایج جذب mRNA استخراج شده از سلول‌های HF2 ..... ۸۳
جدول ۳-۳: نتایج جذب نوری cDNA تهیه شده از سلول‌های G292 ..... ۸۳
جدول ۳-۴: نتایج جذب نوری cDNA تهیه شده از سلول‌های HF2 ..... ۸۳

چکیده

نانوتکنولوژی زمینه بسیار خوش آتیه ای برای ظهور کاربردهای جدید در کلیه علوم و ازجمله علوم پزشکی می باشد با این وجود فقط تعداد معدودی از نانوذرات بطور معمول برای اهداف پزشکی مورد استفاده قرار می گیرند که یکی از نانوذرات باارزش نانونقره می باشد.

عموماً ذرات نانونقره کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر می باشد و نقره در سایز نانو، خواص فیزیکی،شیمیایی و بیولوژیکی غیرمعمولی از خود نشان می دهد از طرفی نانونقره خواص آنتی باکتریایی قوی از خود نشان می دهد که بر اساس آن از ذرات نانونقره در موارد متعددی ازقبیل ایمپلنت ها،درمان زخمها ، سوختگی ها و ضدعفونی کننده های مختلف استفاده می شود. بنابراین استفاده از نانونقره در زمینه های مختلف و بطور ویژه در زمینه بهداشت و پزشکی روزبروز در دنیا در حال گسترش می باشد و به دنبال آن توجه زیادی به اثرات سمی و محیطی این نانوذره جلب می شود، ولی با وجود گسترش کاربرد نانونقره، مطالعات کمی در این مورد انجام شده و اطلاعات کمی از اثرات سمیت و اندرکنش بین این ماده با سلولهای بدن در دست است.

در این بررسی میزان سمیت غلظت های مختلف ذرات نانونقره تولید شده بوسیله شرکت نانونصب پارس که در سایزهای حدود حداقل ۴ نانومتر بوده و نانوسید نام گرفت بصورت in vitro بر روی رده های سلولی G292 (استئوسارکومای انسانی) ، HF2 (فیبروبلاست انسانی) و استم سل مزانشیمال انسانی مورد بررسی قرار گرفت، برای بررسی سمیت ابتدا مرفولوژی سلولها و سپس عملکرد میتوکندری در زمانهای مختلف و با استفاده از روش MTT Assay بررسی شد و در نهایت روند مرگ سلولی با روش مولکولی PCR و تکنیک فلوسایتومتری مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج کسب شده در این بررسی نشان داد که نانوسید در مقادیر زیر ppm ۲ اثرات سمی خاصی نشان نمی دهد ولی در غلظت های بالای ۲ppm سمی بوده و از طریق اختلال در کار میتوکندری رشد سلول را متوقف می کند و نیز ثابت شد که سلولها در این شرایط دچارفرایند آپوپتوز می شوند.

کلمات کلیدی:

نانونقره، سمیت، سلول سرطانی، سلول نرمال، آپوپتوز، ژن کاسپاز۳ ، سیکل سلولی

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه ای بر نانو تکنولوژی

با توجه به گستره وسیع کاربری این پدیده یا فن‌آوری جدید، داشتن تعریفی دقیق و جامع از نانوتکنولوژی که بتواند به تمام ابعاد کاربردی و تخصصی آن بپردازد بسیار دشوار است. به علت این‌که نانوتکنولوژی یک دانش چند موضوعی و میان رشته‌ای است و با رشته‌های چون فیزیک کاربردی، مهندسی مواد، نیمه هادی‌ها، شیمی ابر مولکول‌ها و حتی پزشکی، مهندسی مکانیک و برق نیز مرتبط می‌باشد، داشتن تعریفی دقیق از این علم دشوارتر می‌شود. با این وجود در اینجا به چند تعریف جامع در این مورد اشاره می‌کنیم.

علم، قدرت و هنر ریز کردن مواد در اندازه نانومتری و کوانتومی و همچنین توانایی استفاده از این مواد را اصطلاحا نانوتکنولوژی می‌گویند. به عبارتی دیگر علم و هنر استفاده از موادی که به خاطر اندازه کوچک خود خواص و عملکرد نوینی دارند را نانوتکنولوژی می‌گویند.(۱،۲،۳)

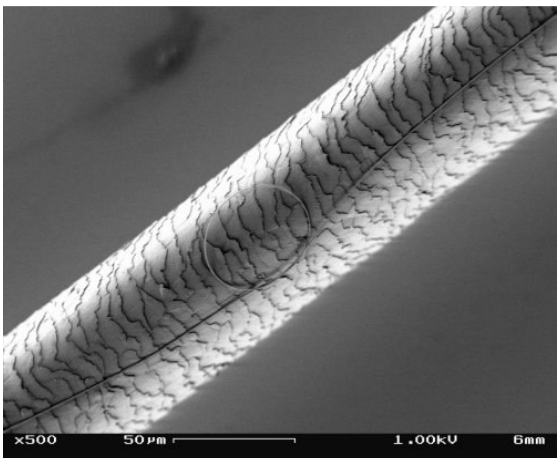
نانوتکنولوژی می‌تواند ادامه دانش کنونی به ابعاد نانو، یا طرح‌ریزی دانش امروزی بر پایه‌ها و ساختارهای جدیدتر باشد که البته این ساختارها با اندازه کنترل شده در مقیاس ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد.(۴،۵)

جدول ۱-۱: علائم اختصاری و پیشوندهای مقیاس‌های مختلف

Symbol	Prefix	Multiplication Factor	
E	exa	10^{18}	1,000,000,000,000,000,000
P	peta	10^{15}	1,000,000,000,000,000
T	tera	10^{12}	1,000,000,000,000
G	giga	10^{9}	1,000,000,000
M	mega	10^{6}	1,000,000
k	kilo	10^{3}	1,000
h	hecto	10^{2}	100
da	deka	10^{1}	10
d	deci	10^{-1}	0.1
c	centi	10^{-2}	0.01
m	milli	10^{-3}	0.001
μ	micro	10^{-6}	0.000,001
n	nano	10^{-9}	0.000,000,001
p	pico	10^{-12}	0.000,000,000,001
f	femto	10^{-15}	0.000,000,000,000,001
a	atto	10^{-18}	0.000,000,000,000,000,001

نانو از کلمه یونانی به معنی«کوتوله» گرفته شده است و در مقیاس متریک هر یک نانومتر معادل یک میلیاردم متر ($۱۰^{-۹}$) می‌باشد.(۶)

هر نانومتر معادل ۵-۳ اتم می‌باشد و این سایز تقریباً چهل هزار بار کوچکتر از قطر تار موی انسان است. برای درک هرچه بهتر این ابعاد می‌توان مثالی از طول باند C-C به میان آورد که در حدود ۰/۱۲ تا ۰/۱۵ نانومتر می‌باشد و هم‌چنین قطر مارپیچ DNA در حدود ۲ نانومتر می‌باشد و نیز کوچکترین سلول باکتری با نام مایکوپلاسما طولی در حدود ۲۰۰ نانومتر دارد.



شکل ۱-۱: مقایسه تار مو با سیم یک نانومتری

در تعریفی دیگر نانوتکنولوژی یعنی ساخت ابزار و مواد در اندازه‌های کوانتومی که در این حالت مواد خواص منحصر به فرد فیزیکی، شیمیایی، مغناطیسی، الکتریکی و مکانیکی را از خود بروز می‌دهند. در واقع توسط نانو مواد با رفتارهای منحصر به فرد، می‌توان به محصولات جدیدی دست یافت که قبل از این، امکان دستیابی به آنها وجود نداشته است . در نهایت برنامه ملی پیشگامی نانوتکنولوژی آمریکا، تعریف زیر را ارائه می‌نماید.

توسعه تحقیقات و فناوری در سطوح اتمی، مولکولی و ماکرو مولکولی با طول تقریبی از ۱ تا ۱۰۰ نانومتر به منظور فراهم آوردن شناخت اصولی از پدیده‌ها و مواد در مقیاس نانو و با هدف ایجاد و استفاده از نانوساختارها، قطعات و سیستم‌هایی که به خاطر اندازه کوچک و یا متوسط خود دارای خواص و عملکردهای جدیدی هستند گسرش یافته ودر آینده‌ای که دور از دسترس نیست زندگی بشر در سایه نانو مواد و نانو ماشین‌ها متحول خواهد شد و با توجه به همگرایی که نانوتکنولوژی با علوم زیستی و رایانه‌ای دارد این تحولات بسیار محسوس‌تر خواهد بود.(۱۱،۷،۱۰)

۱-۲- پیشینه نانو تکنولوژی

اولین تئوری در رابطه با نانوتکنولوژی به سال ۱۸۶۷ میلادی برمی‌گردد که توسط کلرک مکس ول ارائه گردید و سپس در سال ۱۹۵۹ فیزیکدان معروف و نظریه‌پرداز کوانتوم و برنده جایزه نوبل ریچارد فینمن در سخنرانی جنجالی و مشهور خود تحت عنوان « فضای زیادی در آن پایین وجود دارد » یا « فضای زیادی در پایین دست وجود دارد » اولین ایده‌های بنیادی در مورد استفاده از نانوتکنولوژی را ارائه داد. وی بیان نمود که تکنولوژی به سوی ساخت ترانزیستورها، مواد و ماشین‌های کوچکتر و کوچکتر پیش خواهد رفت و به مرزی از ابعاد کوانتومی خواهد رسید که در آن ابعاد، مواد خصوصیات منحصر به فردی از خود نشان خواهند داد و بشر به کاربردهای بسیار نوینی از مواد و ابزار دست خواهد یافت.(۱۲)

فینمن پیش‌بینی کرد که روزی خواهد رسید که تمام محتویات کتب کتابخانه‌های بزرگ دنیا را بتوان درون چیزی به اندازه یک ذره غبار جا داد. هرچند در آن زمان فقط عده‌ای قلیلی متوجه منظور او شدند، اکنون تصور می‌شود که حوزه جدید فن‌آوری نانو از همان سخن معروف فینمن الهام گرفته باشد.

او نظریه ساخت ماشین‌ها و ادوات مکانیکی از اتم‌های منفرد را مطرح کرده بود. چنین ماشین‌هایی در حقیقت ملکول‌های مصنوعی بودند که اتم به اتم ساخته می‌شدند و ابعاد مولکول حاصله، ممکن بود که از نانومتر هم تجاوز کند و همین ایده دستکاری اتم‌ها بود که جوهره نانو فناوری را شکل می‌داد.

با وجود این‌که نظریه فوق پنجاه سال قبل ارائه شده ولی عمر نانوتکنولوژی کمتر از ۲۰ سال است و در طی این مدت با به وجود آمدن روشها و ابزارهای دقیقی جهت تولید و کنترل نانو مواد، این علم پیشرفت چشمگیری داشته است و انتظار آن می‌رود که در آینده پیشرفت‌های شگرفی در رابطه با توسعه و استفاده از نانو مواد و نانو تکنولوژی به وجود آید.

اگر فینمن فیلسوف بود، پس درکسلر پیشگو بود. تعریف فینمن به وسیله درکسلر در یک روش تفکر جانبی به ظاهر غیرمنطقی وبسیار هیجان‌انگیز برای حل مسائل ، در کتابش به نام «موتورهای آفرینش، عصر ورود نانوتکنولوژی» گسترش داده شد. به نقل از درکسلر در سال ۱۹۸۰، نانوتکنولوژی عبارتست از اصل دستکاری اتم‌ها به صورت اتم به اتم، از طریق کنترل ساختار ماده در سطح ملکولی. «نانوتکنولوژی این امکان را فراهم می‌سازد تا سیستم‌های ملکولی را با دقت اتم به اتم بسازیم که در پی آن دامنه گسترده و گوناگونی از نانو ماشین‌ها تولید می‌شوند.»

بینگ و روهرر، نظریات درکسلر را به طریقه عملی توسعه دادند. در سال ۱۹۸۱ آن‌ها اولین افرادی بودند که توانستند اتم‌ها را «ببینند» و از اینجا بود که نانوتکنولوژی ممکن شد. دانشمندان خیلی زود توانستند اتم‌ها را به طور منظم بر روی یکدیگر سوار کنند و آن‌ها را جا به جا کنند تا ساختارهایی در

مقیاس نانو بسازند. اساساً خاستگاه اصطلاح نانوتکنولوژی به همین آزمایش‌های ابتدایی اولیه که کاربرد عملی فوری نداشتند، برمی‌گردد- و به همان تجربیات محدود شده بود- به هر حال، به محض این‌که اهمیت این کشف آشکار شد و مورد توجه همگان قرار گرفت، علاقمندی به آن افزایش یافت و این اصطلاح به شکل گسترده‌تری به هر نوع تکنیکی که در سطح نانومتر کار می‌شد و قابل درک بود، اطلاق گردید.

۱-۳- شاخه‌های اصلی نانوتکنولوژی

در رابطه با شاخه‌ها و زیر شاخه‌های بنیادین نانوتکنولوژی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **نانو روکش‌ها**[1]
- **نانو مواد**[2]
  - نانو پودرها[3]
  - نانو لوله‌ها[4]
  - نانو کامپوزیت[5]
  - باکیبال[6]
- **مهندس مولکولی**
  - موتورهای مولکولی(نانو ماشین‌ها)
- **نانو الکترونیک**
  - نانو سیم ها[7]
    - نانو سیم‌ها DNA
  - نانو حسگرها[8]
  - نانو ترانزیستورها

[1] Nano Covers
[2] Nano Materials
[3] Nano Powders
[4] Nano Tubes
[5] Nano Composites
[6] Bucky Ball
[7] Nano Wires
[8] Nano Sensors

۱-۳-۱- نانو روکش‌ها

لایه‌های نازکی از نانو ذرات را می‌توان مستقیماً برای مواد مورد استفاده قرار داد تا تاثیرات ویژه‌ای را ایجاد کنند. این لایه‌ها می‌توانند به طور بسیار ساده با استفاده از یک محلول غوطه‌ورساز یا شستشودهنده یا یک دستگاه آب خشک کن یا غلتک مورد استفاده قرار گیرند. نانو ذرات می‌توانند یا به صورت آرایه‌های فشرده تشکیل شوند که در آن ذرات در تماس مستقیم با یکدیگر می‌باشند و یا به صورت آرایه‌های با فواصل کوچک در میان هر ذره پدید آیند. لایه‌ها نوعا ضخامت یکی یا دو ذره را دارند. این لایه‌ها می‌توانند بعضی از خواص فیلم‌های نازک رسوب‌گذاری شده در خلاء را بوجود آورند نظیر آن دسته از لایه‌هایی که برای کنترل میزان تابش خورشیدی و اشعه UV مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نانو روکش‌ها حفاظتی برای افزایش مقاومت در مقابل خوردگی، افزایش سختی سطوح و حفاظت در مقابل عوامل مخرب محیطی می‌باشند. علاوه بر آن، فناوری نانو از خش برداشتن، تکه‌تکه شدن و خورده شدن روکش‌ها جلوگیری می‌کند. از موارد استفاده نانو روکش‌ها می‌توان به روکش‌های ضد انعکاس در مصارف خودروسازی و سازه‌ای، روکش‌های محافظ(ماوراء بنفش، ضد خش، غیر قابل رنگ‌آمیزی و قابل شستشوی آسان) و روکش‌های تزئینی اشاره کرد.

شکل ۱-۲: روکش‌های محافظ در مصارف خودروسازی

از نانو روکش‌ها در صنایع غذایی نیز استفاده می‌شود. یکی از دغدغه‌های شرکت‌های صنایع غذایی جهان، نگهداری غذا و مصون نگهداشتن آن از آسیب آنزیم‌ها است. اگر بتوان به روشی آنزیم‌ها را از محیط غذایی دور کرد فرآیند فساد مواد غذایی به تاخیر می‌افتد. با استفاده از نانوتکنولوژی می‌توان با روکش کردن آنزیم‌ها، آن‌ها را از محل فعالیت دور کرده و مانع از اثر آن‌ها شد. یکی از این روش‌ها، روکش کردن آنزیم توسط یک ساختار پلیمری است. در این روش یک شبکه نانو کامپوزیتی را با فرآیند پلیمریزاسیون در اطراف هر مولکول آنزیم ایجاد می‌کنند، تا از تخریب مواد غذایی جلوگیری شود. روکش

کردن آنزیم در صنایع غذایی، یکی از فرآیندهای مهم برای حفظ، کنترل و بهبود نگهداری مواد غذایی است.

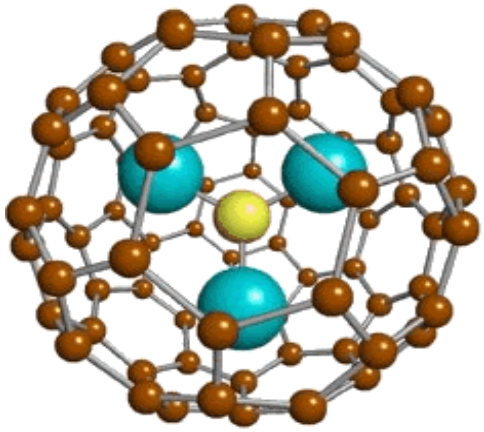
از دیگر کاربردهای نانو روکش‌ها می‌توان به استفاده نانو روکش‌های آنتی‌باکتریال در لوله‌های استخراج و انتقال نفت برای از بین بردن بیوفیلم‌ها اشاره کرد.

۱-۳-۲- نانو مواد

همه نانو مواد از ریز دانه‌هایی تشکیل شده‌اند که به نوبه خود از اتم‌های زیادی ساخته شده‌اند. این دانه‌ها را بسته به اندازه‌شان، با استفاده از چشم غیر مسلح، می‌توان دید و یا نمی‌توان دید. مواد رایج، حاوی دانه‌هایی هستند که اندازه آن‌ها در هر عمقی و در هر جائی از نمونه ماده، از چند صد میکرون تا چند سانتی‌متر تغییر می‌کند. نانو مواد را گاهی اوقات، وقتی که متراکم و فشرده نشده باشند، نانو پودر می‌نامند که اندازه دانه‌های آن‌ها حداقل در یک بعد و یا معمولاً در سه بعد، در محدوده ۱۰۰-۱ نانومتر می‌باشد.

در نوعی از نانو مواد، اکثریت اتم‌ها در سطح ذرات قرار گرفته‌اند، در صورتی که، در مواد متداول همان ذرات در توده و عمق نفوذ قرار گرفته‌اند، در نتیجه خواص ذاتی نانو مواد از مواد رایج کاملاً متفاوت می‌باشد. چراکه اکثریت اتم‌ها در مواد رایج، در محیط‌های مختلفی قرار گرفته‌اند. نانو مواد تقریبا بالاترین سطح مقطع افزایش یافته را نسبت به مواد فعلی از خودشان نشان می‌دهند.

مواد با سطح مقطع بالا، خواص شیمیایی، مکانیکی، نوری و مغناطیسی بهتری را از خود نشان می‌دهند و به همین دلیل کاربردهای ساختاری و غیر ساختاری فراوانی دارند. به عنوان مثال در کاربردهای هوا فضا و اتومبیل، مواد ساخته شده از فلزات و اکسیدهای سیلیکون و ژرمانیم رفتار سوپر پلاستیک از خود نشان می‌دهند و افزایش طول٪۱۰۰ تا ٪۱۰۰۰ را قبل از شکست، پدید می‌آورند. در هر صورت، نانو مواد به لحاظ شیمیایی، بسیار فعال می‌باشند زیرا تعداد ملکول‌ها یا اتم‌های موجود در سطح، در مقایسه با تعداد اتم‌ها یا ملکول‌های موجود در توده نمونه بسیار زیاد است. در بعضی از مواقع برای حفظ خواص مطلوب نانو مواد، جهت پیشگیری از واکنش بیشتر، یک پایدارکننده را بایستی به آن‌ها اضافه کرد که آن‌ها را قادر می‌سازد تا در برابر سایش، فرسودگی و خوردگی مقاوم باشند اما این مقاومت از طریق بعضی از انواع مکانیزم‌های حفاظت عملی می‌گردد.(۱۳،۱۴،۱۵،۱۶،۱۷)



شکل ۱-۳: ساختار شماتیک نانومواد

۱-۳-۳- روش‌های ساخت نانو مواد

شش روش شناخته شده گسترده برای تولید نانو مواد وجود دارند که عبارتند از: قوس پلاسما، رسوب‌گذاری شیمیایی فاز بخار، رسوب‌گذاری الکتریکی، سنتز از طریق سل- ژل، آسیاب کردن و سایش با حرکت گلوله‌ها و استفاده از نانو ذرات طبیعی. در دو روش اول، ملکول‌ها و اتم‌ها از طریق فرآیند تبخیر از هم جداسازی می‌شوند و سپس این امکان فراهم می‌شود که تحت کنترل دقیق و در یک آرایش منظم نانو ذرات را پدید آورند و بر روی یک سطح ته‌نشین گردند. در روش سوم، یعنی رسوب‌گذاری الکتریکی، فرآیند مشابهی انجام می‌گردد چراکه نمونه‌های منفرد، از محلول جدا شده و بر روی سطح می‌نشینند. در فرآیند چهارم یعنی سنتز از طریق سل- ژل، قبل از رسوب‌گذاری بر روی سطح، منظم شدن قبلی انجام می‌شود. در سایش از طریق آسیاب‌های توپی و گلوله‌ای، معلوم شده است که ساختارهای درشت بلوری به ساختارهای نانو بلوری شکسته و خرد می‌گردند ولی تمامیت و ماهیت اصلی و اولیه ماده تغییری نمی‌کند. در هر صورت، نانو ذرات را می‌توان به مواد جدید، دوباره تغییر شکل داد که مستلزم شکستن پیوندهای بلوری اولیه است.(۱۸،۱۹،۲۰،۲۱،۲۲)

أ- قوس پلاسما

پلاسما، گازی است که به یون تبدیل شده است. با اعمال یک اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو الکترود در محیطی که گاز در آن جریان دارد، گازها الکترون‌هایشان را از دست داده و یونیزه می‌شوند و در نتیجه امکان هدایت الکتریکی گاز از این طریق فراهم می‌گردد. در خلاء یا در محیطی که یک گاز بی‌اثر در آن جریان دارد، الکترودها را می‌توان طوری ساخت که فرار باشند. در اثر گرمای تولید شده، الکترودها و یا حتی سایر مواد را می‌توان تبخیر و یونیزه کرد. قوس پلاسما شامل دو الکترود می‌باشد. یک قوس الکتریکی از یک الکترود به سوی الکترود دیگر عبور می‌کند. نخستین الکترود(آند)، همانطور که

الکترون‌ها در اثر اختلاف پتانسیل اعمال شده، از آن کنده شده و جدا می‌شوند تبخیر می‌گردد. برای ساختن نانوتیوب‌های کربنی، از الکترودهای کربن استفاده می‌نمایند، اتم‌های کربن الکترون‌ها را می‌گیرند و بر روی سطح رسوب‌گذاری نموده و ته‌نشین می‌شوند و بدین ترتیب نانوتیوب‌ها را پدید می‌آورند.

ب-رسوب‌گذاری شیمیایی فاز بخار

این روش مستلزم رسوب‌گذاری ماده شامل نانو ذرات از فاز گازی است. ماده آنقدر گرم می‌شود تا به صورت گاز درآید و سپس به صورت یک ماده جامد بر روی یک سطح- معمولا تحت خلاء- رسوب‌گذاری می‌گردد. ممکن است رسوب‌گذاری مستقیم یا رسوب‌گذاری از طریق واکنش شیمیایی، محصول تازه‌ای را به وجود آورد که با ماده تبخیر شده تفاوت زیادی داشته باشد. این فرآیند به آسانی نانو پودرهایی از اکسیدها و کاربیدهای فلزات را پدید می‌آورد به این شرط که بخارات کربن یا اکسیژن همراه با فلز در محیط وجود داشته باشند. تولید پودرهای فلزی خالص، مبارزه علمی جدی‌تری را می‌طلبد اما با استفاده از امواج ریز به آن دست یافته‌اند. در این روش، امواج ریز که با فرکانس‌های برانگیختگی فلزات هماهنگ گردیده است، به منظور ذوب و تبخیر واکنش‌دهنده‌ها به کار رفته است تا پلاسمائی را در درجه حرارت‌های بالاتر از ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد تولید نماید. سپس پلاسما وارد یک ستون واکنش می‌شود که با آب خنک می‌شود و تشکیل ذرات نانو سایز را تسهیل می‌کند.

ت-به دام افتادن از طریق سل- ژل‌ها

سل- ژل عبارتست از یک فرآیند خودآرائی، خود به هم پیوستگی یا خود انباشتگی که در طی آن نانو مواد تشکیل می‌شوند. ویژگی یک محلول، شفاف بودن آن است، یعنی شما می‌توانید عبور نور را از میان آن ببینید. محلول‌ها شفاف هستند به این دلیل که ملکول‌های با ابعاد نانومتر در توده محلول پراکنده شده‌اند و در پیرامون محلول به طور تصادفی در حال حرکت می‌باشند. در کلوئیدها، ملکول‌ها بزرگتر بوده و قطرشان از ۲۰ میکرومتر تا ۱۰۰ میکرومتر تغییر می‌کند.

در پیشرفت بسیار مفید دیگری، ملکول‌های آلی- معدنی و زیست – آلی در شیشه سیلیکائی با استفاده از روش‌های سل – ژل فرو رفته و به دام افتاده‌اند. اغلب ملکول‌های آلی و زیست– آلی را نمی‌توان در درون شیشه فرو برد یا وارد کرد، زیرا شیشه در درجه حرارت‌های بالاتر در حدود ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد تهیه می‌شود. در هر صورت، به علت درجه حرارت‌های نسبتا پایین لازم برای تهیه زمینه‌های سل – ژل(در بعضی موارد درجه حرارت اتاق)، این ملکول‌ها را هم اکنون می‌توان در شیشه سل- ژل وارد کرد و به دام انداخت.