

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی  
پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)  
گرایش: مهندسی شیمی

عنوان:

سنتز نانو ذرات نقره به روش سل ژل و بررسی اثر میکروپ زدایی آن

استاد راهنما:

**دکتر مجتبی سمنانی رهبر**

استاد مشاور:

**دکتر سید حسین بدیعی**

نگارش:

**مصطفی شریف**

زمستان ۱۳۹۰

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	چکیده
۲	مقدمه
<b>فصل اول : تعاریف و کلیات</b>	
۵	۱-۱ . معرفی نانو فناوری و ابعاد نانو
۶	۲-۱-۱ . برخی اهداف فناوری نانو
۶	۲-۱ . تاریخچه پیدایش
۸	۳-۱ . اهمیت ، کاربرد ها و آینده نانو فناوری
۸	۱-۳-۱ . اهمیت نانو ابعاد
۹	۲-۳-۱ . کاربرد ها
۹	۴-۱ . تفاوت فناوری نانو با فناوری دیگر
۱۰	۱-۴-۱ . عناصر پایه
۱۰	۱-۱-۴-۱ . نانو ذرات
۱۰	۲-۱-۴-۱ . نانو لوله های کربنی
۱۰	۳-۱-۴-۱ . نانو کپسولها
۱۱	۵-۱ . شاخه های فناوری نانو
۱۱	۱-۵-۱ . نانو فناوری مرطوب
۱۱	۲-۵-۱ . نانو فناوری خشک
۱۲	۳-۵-۱ . نانوفناوری محاسباتی
۱۲	۶-۱ . روش های ساخت در فناوری نانو

- ۷-۱. شیوه های متداول تولید نانو ذرات ..... ۱۳
- ۱-۷-۱. چگالش بخار..... ۱۳
- ۲-۷-۱. سنتز شیمیایی..... ۱۴
- ۳-۷-۱. فرآیندهای حالت جامد..... ۱۴
- ۴-۷-۱. فرآیندهای فوق بحرانی..... ۱۵
- ۸-۱. معرفی نقره و خواص آن ..... ۱۶
- ۹-۱. کاربردهای نقره ..... ۱۷
- ۱۰-۱. نانوذرات نقره ..... ۱۸
- ۱-۱۰-۱. معرفی نانو ذرات نقره ..... ۱۸
- ۲-۱۰-۱. مکانیزم اثر ..... ۱۹
- ۱-۲-۱۰-۱. دسته بندی مکانیزم های عصب ..... ۱۹
- ۲-۲-۱۰-۱. مکانیزم اثر بر روی میکرو ارگانیسم ها ..... ۲۰
- ۳-۲-۱۰-۱. دو مکانیسم عمده نانو نقره ها ..... ۲۰
- ۳-۱۰-۱. ویژگی های نانو ذرات نقره ..... ۲۱
- ۴-۱۰-۱. کاربرد نانو ذرات سیلور..... ۲۲
- ۵-۱۰-۱. روشهای مرسوم تولید نانو ذرات نقره..... ۲۴

## فصل دوم : سل ژل

- ۱-۲. سل ژل ..... ۲۶
- ۲-۲. معایب و مزایای فرآیند سل-ژل ..... ۲۶
- ۱-۲-۲. مزایا ..... ۲۶
- ۲-۲-۲. معایب ..... ۲۷

- ۲۸ ..... ۳-۲ . کاربردها
- ۲۹ ..... ۴-۲ . فرآیند سل ژل
- ۳۱ ..... ۵-۲ . انواع ژلها
- ۳۲ ..... ۶-۲ . انواع فرایند سل ژل عبارتند
- ۳۳ ..... ۱-۶-۲- مسیر الکوکسیدی
- ۳۴ ..... ۲-۶-۲- مسیر کلوئیدی
- ۳۴ ..... ۱-۲-۶-۲ . تعریفی از محلولهای کلوئیدی
- ۳۴ ..... ۲-۲-۶-۲ . تفاوت محلولهای کلوئیدی و سوسپانسیون با محلولهای حقیقی
- ۳۴ ..... ۳-۲-۶-۲ . تفاوت محلولهای کلوئیدی و محلولهای سوسپانسیون
- ۳۵ ..... ۴-۲-۶-۲ . تفاوت محلول امولسیون و محلول کلوئیدی
- ۳۵ ..... ۵-۲-۶-۲ . اندازه‌های کلوییدی
- ۳۶ ..... ۷-۲ . مراحل فرایند سل-ژل
- ۳۸ ..... ۸-۲ . اهمیت فرآیند سل-ژل در تولید نانو ذرات
- ۳۸ ..... ۹-۲ . روش تولید نانو ذرات نقره به روش سل ژل
- ۳۸ ..... ۱۰-۲ . عنوان برخی از تحقیقات انجام شده در نانو فناوری به روش سل ژل

### فصل سوم : شرح آزمایشات

- ۴۰ ..... ۱-۳ . تئوری آزمایشات
- ۴۱ ..... ۱-۱-۳ . انتخاب مواد تشکیل دهنده آزمایش و معرفی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن
- ۴۲ ..... ۲-۱-۳ . طراحی و تعریف مراحل آزمایش
- ۴۴ ..... ۲-۳ . شرح برخی از مراحل و محاسبات آن
- ۴۴ ..... ۱-۲-۳ . مرحله اول: آماده سازی و انحلال نیترات نقره در آب

- ۳-۲-۲. مرحله سوم : انحلال محلول آب و نیترات نقره در محلول آب و الکل اتانول ..... ۴۴
- ۳-۲-۳. مرحله چهارم : آماده سازی و انحلال PVP در اسید استیک ..... ۴۵
- ۳-۲-۴. مرحله پنجم: انحلال محلول آب ، الکل و نیترات نقره در اسید استیک و PVP ..... ۴۶
- ۳-۲-۵. مرحله دهم : بررسی توسط پراش پرتو ایکس XRD ..... ۴۷
- ۳-۲-۱۰-۲-۳-۳. نمونه یک نمودار حاصل از XRD ..... ۴۷
- ۳-۲-۱۰-۳-۳. نحوه بررسی وجود ذرات نقره ..... ۴۷
- ۳-۲-۵-۱. نحوه محاسبه اندازه ذرات ..... ۴۸
- ۳-۲-۶. مرحله دوازدهم : بررسی توسط میکروسکوپ الکترونی TEM ..... ۴۹
- ۳-۲-۷. مرحله سیزدهم : کشت میکروبی ..... ۴۹
- ۳-۴. شرح آزمایشات ..... ۵۰
- ۳-۴-۱. نتیجه به دست آمده از نتایج چهار آزمایش اول ..... ۵۱
- ۳-۴-۲. شرح کلی مراحل انجام شده در آزمایشات موفق ..... ۵۱
- ۳-۵. جداول نتایج و اطلاعات آزمایشات انجام شده ..... ۵۵

### فصل چهارم : ارائه نتایج آزمایشات و تحلیل آنها

- ۴-۱. ارائه نتایج XRD برای نمونه های حاصل ..... ۶۰
- ۴-۱-۱. تحلیل XRD برای نمونه شماره هفت ..... ۶۰
- ۴-۱-۲. تحلیل XRD برای نمونه شماره هشت ..... ۶۳
- ۴-۱-۳. تحلیل XRD برای نمونه شماره نه ..... ۶۵
- ۴-۱-۴. تحلیل XRD برای نمونه شماره ده ..... ۶۷
- ۴-۱-۵. تحلیل XRD برای نمونه شماره یازدهم ..... ۶۹
- ۴-۱-۶. تحلیل XRD برای نمونه شماره دوازدهم ..... ۷۰

۷۲	.....	۲-۴ . ارائه نتایج TEM برای نمونه های حاصل
۷۵	.....	۳-۴ . ارائه نتایج آزمون میکروپ زدایی
۷۵	.....	۱-۳-۴ . هدف
۷۵	.....	۲-۳-۴ . باکتری های مورد آزمایش
۷۶	.....	۳-۳-۴ . روش آماده سازی سوسپانسیون باکتری
۷۶	.....	۴-۳-۴ . کنترل تاییدی
۷۶	.....	۵-۳-۴ . محیط های کشت
۷۷	.....	۶-۳-۴ . روش انجام طرح
۷۸	.....	۷-۳-۴ . نتایج
۷۸	.....	۴-۴ . تحلیل نتایج و پیشنهادات

## پیوست

۸۴	.....	منابع فارسی
۸۵	.....	منابع غیر فارسی
۸۹	.....	چکیده انگلیسی

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۶.....	شکل (۱-۱). (توپ C <sub>60</sub> ).....
۱۰.....	شکل (۲-۱). نانو لوله کربنی .....
۱۰.....	شکل (۳-۱). نانو کپسول.....
۱۸.....	شکل (۴-۱). تصویر TEM از نانو ذرات نقره.....
۲۱.....	شکل (۵-۱). مکانیزم میکروپ کشی نانو ذرات نقره .....
۲۹.....	شکل (۱-۲). فناوری سل ژل .....
۳۱.....	شکل (۲-۲). فرآیند سل ژل .....
۳۲.....	شکل (۳-۲). انواع مختلف ژل.....
۳۷.....	شکل (۴-۲). مراحل فرایند سل-ژل .....
۴۳.....	شکل (۱-۳). مراحل انجام آزمایشات .....
۴۶.....	شکل (۲-۳). انحلال نیترات نقره در آب مقطر .....
۴۷.....	شکل (۳-۳). نمونه یک نمودار حاصل از XRD نانو ذرات نقره.....
۴۸.....	شکل (۴-۳). نمونه پیک های استاندارد جهت عنصر نقره .....
۴۹.....	شکل (۵-۳). نمونه تصویر حاصل از TEM .....
۵۱.....	شکل (۶-۳). اکسید نقره .....
۵۱.....	شکل (۷-۳). انحلال آب و الکل.....
۵۲.....	شکل (۸-۳). محلول حاصل قبل از رفلاکس .....
۵۳.....	شکل (۹-۳). رفلاکس .....
۵۳.....	شکل (۱۰-۳). حمام روغن .....
۵۴.....	شکل (۱۱-۳). نمونه حاصل بعد از اشتعال .....
۷۳.....	شکل (۱-۴). نمونه شماره ۹ با مقیاس ۲۵ نانو متر.....



شکل (۲-۴). نمونه شماره ۹ با مقیاس ۲۵ نانومتر..... ۷۳

شکل (۳-۴). نمونه شماره ۹ در مقیاس ۳۲ نانومتر..... ۷۴

شکل (۴-۴). نمونه شماره ۹ در مقیاس ۳۲ نانومتر..... ۷۴

شکل (۵-۴). نمونه شماره ۹ در مقیاس ۶۴ نانومتر..... ۷۵

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۷.....	جدول (۱-۱). خواص عنصر نقره.....
۳۷.....	جدول (۱-۲). انواع پوشش های رایج.....
۴۱.....	جدول (۱-۳). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد بکار برده شده.....
۵۰.....	جدول (۲-۳). اطلاعات آزمایشات انجام شده.....
۵۵.....	جدول (۳-۳). وزن و حجم مواد برای آزمایشات.....
۵۶.....	جدول (۴-۳). اطلاعات مربوط به زمان سپری شده برای هر مرحله در هر آزمایش موفق.....
۵۷.....	جدول (۵-۳). اطلاعات مربوط به دما در مراحل مختلف در شش آزمایش نهایی.....
۵۷.....	جدول (۶-۳). تاثیر مدل گرمادهی در کوره بر نتیجه در ۶ آزمایش نهایی.....
۵۸.....	جدول (۷-۳). نتایج آزمایشات.....
۶۰.....	جدول (۱-۴). مشخصات بدست آمده بر اساس XRD برای نمونه ۷.....
۶۲.....	جدول (۲-۴). نتایج مربوط به نمونه شماره هفت.....
۶۳.....	جدول (۳-۴). مشخصات بدست آمده بر اساس XRD برای نمونه ۸.....
۶۴.....	جدول (۴-۴). نتایج مربوط به نمونه شماره هشت.....
۶۵.....	جدول (۵-۴). مشخصات بدست آمده بر اساس XRD برای نمونه ۹.....
۶۶.....	جدول (۶-۴). نتایج مربوط به نمونه شماره نه.....
۶۷.....	جدول (۷-۴). مشخصات بدست آمده بر اساس XRD برای نمونه ۱۰.....
۶۸.....	جدول (۸-۴). نتایج مربوط به نمونه شماره ده.....
۶۹.....	جدول (۹-۴). مشخصات بدست آمده بر اساس XRD برای نمونه ۱۱.....
۷۰.....	جدول (۱۰-۴). نتایج مربوط به نمونه شماره یازده.....
۷۰.....	جدول (۱۱-۴). مشخصات بدست آمده بر اساس XRD برای نمونه ۱۲.....
۷۱.....	جدول (۱۲-۴). نتایج مربوط به نمونه شماره دوازده.....
۷۲.....	جدول (۱۳-۴). نتایج متوسط عددی تمام نمونه ها.....

## فهرست نمودارها

صفحه	عنوان
۶۱.....	نمودار(۱-۴). حاصل از اطلاعات XRD برای نمونه ۷
۶۲.....	نمودار(۲-۴). حاصل از اطلاعات XRD برای نمونه ۸
۶۵.....	نمودار(۳-۴). حاصل از اطلاعات XRD برای نمونه ۹
۶۸.....	نمودار(۴-۴). حاصل از اطلاعات XRD برای نمونه ۱۰
۶۹.....	نمودار(۵-۴). حاصل از اطلاعات XRD برای نمونه ۱۱
۷۱.....	نمودار(۶-۴). حاصل از اطلاعات XRD برای نمونه ۱۲

## چکیده :

نانو ذرات نقره با توجه به توانایی بالای میکروپزدایی دارای کاربرد های گسترده ای هستند و همکنون مورد توجه محافل آکادمیک و صنعتی می باشند . هدف تولید نانو ذرات نقره با استفاده از روش سل ژل می باشد. فصل اول به معرفی علم نانو و اهمیت نانو تکنولوژی و کاربردهای آن در زمینه های مختلف اختصاص پیدا کرده است .

در ادامه به معرفی نانو ذرات وانواع روش های سنتز آن اشاره شده است . شاخه های مختلف علم نانو را توضیح داده و در مورد هر کدام توضیحاتی ارائه گشته است و انواع روش های ساخت نانو ذرات را معرفی شده است .

سپس به معرفی عنصر نقره پرداخته و خصوصیات مختلف این عنصر ارائه شده است . سپس به معرفی خصوصیات و ویژگی های نانو ذرات نقره پرداخته شده است و مواردی از کاربردهای نانو ذرات نقره ذکر شده است .

در فصل دوم معرفی روش سل ژل و ذکر فواید آن ، انواع شاخه های آن ، مراحل آن، کاربردهای آن و همچنین معرفی انواع ژل ها و اهمیت روش سل ژل در تولید نانو ذرات ذکر گردیده است .

در فصل سوم توضیحاتی درباره تئوری آزمایشات و خصوصیات شیمیایی هر کدام از مواد استفاده شده در آزمایش آمده است و سپس مراحل آزمایش را تعریف نموده و فرمول های مورد نیاز را ارائه گردیده است و کلیه محاسبات لازم را ارائه گردیده است.

در فصل چهارم بررسی و تحلیل نتایج TEM ، XRD و میکروپزدایی برای نمونه های تولید شده ارائه شده است و همچنین نتایج دست آمده تشریح گردیده و اثر پارامتر های مختلف بر کیفیت نمونه تولید شده نیز بررسی گشته است.

**واژگان کلیدی :** نانو فناوری - نانو ذرات - نقره - سل ژل - میکروپزدایی

## مقدمه

امروزه با وجود حجم بالای تولید علم شاخه های نوینی در عرصه علم هر روز پدیدار می گردند . در این میان ایجاد شاخه های میان رشته ای نیز حائز اهمیت می باشند و سبب پیدایش مسائل جدیدی در عرصه علم می گردند . در این میان نانو تکنولوژی جزء شاخه های جدید علمی می باشد که توانسته بسیاری از مشکلات حل نشدنی پیش روی علم را پاسخ دهد و به تبع آن زمینه ای بسیاری را برای تحقیق و پژوهش تعریف نماید. در یک دسته بندی کلی می توان فعالیت های پژوهشی در حوزه نانو را به سه دسته تقسیم نمود اول حوزه سنتز نانو ذرات و دوم حوزه تولید نانو کامپوزیت ها و سوم کاربردی نمودن ذرات نانو .

سنتز ذرات نانو خود یکی از مهمترین شاخه های تحقیقی در علم نانو می باشد. زیرا ابتدا بایستی نانو ذره سنتز شود و سپس با بررسی خواص جدیدی که این نانو ذره از خود بروز می دهد کامپوزیت های مختلف و حوزه های مختلف کاربرد را برای آن تعریف نمود .

برای سنتز نانو ذرات روش هایی ارائه گردیده که هر روزه بر تعداد روشهای ابداعی نیز افزوده می گردد .

در یک دسته بندی کلی می توان روشهای تولید نانو ذرات را به دو دسته تقسیم نمود اول روشهای بالا به پائین و دوم روشهای پائین به بالا . در روشهای بالا به پائین که معمولا فیزیکی هستند ذرات درشت به ذرات ریز تر تا حد نانو تقسیم می شوند و در روشهای پائین به بالا که شیمیایی می باشند ذرات بسیار ریز در کنار یکدیگر قرار می گیرند و تولید ذرات دشت تر در مقیاس نانو می نمایند . روشهای پائین به بالا معمولا محصولات بهتری را از لحاظ دانه بندی ارائه می دهند . یکی از روشهای معمول در قسمت پائین به بالا روش سل ژل می باشد.

در این روش ابتدا محلولی شامل مواد مختلف تهیه می شود و سپس محلول حاصل طی فرآیند هایی تبدیل به ژل می گردد و در نهایت با روشهای مختلف گرما دهی و خالص سازی نانو ذره مورد نظر استحصال می شود. سنتز نانو ذرات به روش سل ژل باعث ایجاد ذرات با دانه بندی یک دست تری نسبت به سایر روش ها می گردد. روش سل ژل نیاز به فناوری پیشرفته ندارد و به گذاره زمان و میزان جرم مواد بسیار حساس است.

نقره همواره در طول دوران تمدن بشری فلزی مورد توجه بوده است . از جمله خواص نقره می توان به خاصیت میکروب زدایی آن اشاره نمود . این خاصیت از دیرباز مورد توجه بشر بوده است و در مواقع مختلف از آن استفاده می نموده است . حال با توجه به این نکته که با کوچکتر شدن ذرات تا حد نانو میزان جرم به سطح افزایش می یابد ، خاصیت میکروب زدایی در نانو ذرات نقره نیز به شدت افزایش می یابد.

حال با استفاده از روش سل ژل نانو ذرات نقره سنتز می گردد و با توجه به حساسیت روش سل ژل به پارامتر هایی مانند زمان و نحوه اختلاط مواد بایستی سعی گردد اثر این پارامتر ها بر کیفیت ذرات تولید شده بررسی شود .

جهت بررسی نتایج و تحلیل کیفیت نانو ذرات استحصال شده (با استفاده از روشهای مختلف استحصال) روشهای مختلفی بکار گیری می شود از جمله معتبرترین و پرکاربرد ترین روشهای تحلیل و آزمایش نمونه های تولید شده روش XRD یا همان پراش اشعه ایکس می باشد و روش معتبر و بسیار دقیق دیگر عکس برداری توسط میکروسکوپ الکترونی TEM می باشد.

توسط روشهای مختلف ذکر شده می توان اصل وجود نانو ذره و همچنین اندازه تقریبی آن را محاسبه نمود. سپس به وسیله قراردادن نمونه در محیط کشت میکروبی می توان توانایی آن را در میکروب زدایی بررسی نمود.

**فصل اول :**

**تعاريف و كلييات**

## ۱-۱ . معرفی نانو فناوری و ابعاد نانو:

تکنولوژی در قرن گذشته در هر چه ریزتر کردن دانه‌های بزرگتر پیشرفت چشمگیری داشت، بطوری که به مزاح گفته شد که دیگر کشف ذرات زیر اتمی<sup>۱</sup> نه تنها جایزه نوبل ندارد، بلکه به آن جریمه هم تعلق می‌گیرد. تکنولوژی های نو در قرن حاضر مسیر عکس را طی می‌کنند. یعنی مواد فوق ریز را بوسیله دانش و فن آوری باید ترکیب کرد تا دانه‌های بزرگتر و کارآمد بوجود آورد. درست همان روشی که در طبیعت برای تولید کردن حاکم است. مجموعه‌های طبیعی، ترکیبی از دانه‌های فوق ریز قابل تشخیص با خواص مشابه و یا متفاوت با اندازه‌هایی در حدود نانو است [۱].

### تعاریف مختلف :

فناوری نانو<sup>۲</sup> عبارت است از هنر دستکاری مواد در مقیاس اتمی یا مولکولی و به خصوص ساخت قطعات و لوازم میکروسکوپی (مانند روبات‌های میکروسکوپی)

- فناوری نانو، توانمندی تولید مواد، ابزار و سیستم های جدید با درست گرفتن کنترل در سطوح مولکولی و اتمی و استفاده از خواص آنها است که در آن سطوح ظاهر می شود . فناوری نانو یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته هاست .

---

<sup>۱</sup> (Sub - Atomic)

<sup>۲</sup> Nano



- فناوری نانو فناوری است که بر پایه دستکاری تک تک اتم‌ها و مولکول‌ها استوار است بدین منظور که بتوان ساختاری پیچیده را با خصوصیات اتمی تولید کرد.
- فناوری نانو واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود.



شکل (۱-۱). (توپ C<sub>60</sub>)

فناوری نانو به دلیل پتانسیل بسیار بزرگی که برای ایجاد تغییرات در زندگی انسان‌ها دارد در دو دهه گذشته مورد توجه بسیاری از دانشمندان و پژوهشگران قرار گرفته است. فناوری نانو یا تسلط انسان بر اتم پیامدهای بسیار عظیمی در پی خواهد داشت. اما هنوز کار بر روی این فناوری در آزمایشگاه‌ها در جریان است و قدرت آن به حدی که امروز می‌توانیم تصور و تجسم کنیم نرسیده است. بنابراین تنها راه دانشمندان و محققان برای بررسی این تأثیرات و تغییرات نوشتن سناریوهای احتمالی است [۱].

به طور کلی کلمه نانو یعنی یک میلیاردم هر مقیاسی. دانشمندان وقتی از فناوری نانو صحبت می‌کنند عمدتاً منظورشان یک میلیاردیم متر می‌باشد. برای احساس اندازه‌های فوق ریز، قطر موی سر انسان را که یک دهم میلیمتر است در نظر بگیرید، یک نانومتر صد هزار برابر کوچکتر است. ( $10^{-9} m$ ).

### ۱-۱-۲. برخی اهداف فناوری نانو:

- ۱- توسعه فناوری و تحقیقات در سطوح اتمی، مولکولی و یا ماکرو مولکولی در مقیاس اندازه‌های ۱ تا ۱۰۰ نانومتر.
- ۲- خلق و استفاده از ساختارها، ابزار و سیستمهایی که به خاطر اندازه کوچک آنها، خواص و عملکرد جدیدی دارند.
- ۳- توانایی کنترل یا دستکاری در سطوح اتمی.

## ۱-۲. تاریخچه پیدایش:

در طول تاریخ بشر از زمان یونان باستان، مردم و به خصوص 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<sup>۱</sup> فیلسوف یونانی را پدر فناوری و علوم نانو دانست چرا که در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح او اولین کسی بود که واژه اتم<sup>۲</sup> را که به معنی تقسیم‌نشده در زبان یونانی است برای توصیف ذرات سازنده مواد به کار برد. با تحقیقات و آزمایش‌های بسیار، دانشمندان تاکنون ۱۰۸ نوع اتم و تعداد زیادی ایزوتوپ<sup>۳</sup> کشف کرده‌اند. آنها همچنین پی برده‌اند که اتم‌ها از ذرات کوچکتری مانند کوارک‌ها<sup>۴</sup> و لپتون‌ها<sup>۵</sup> تشکیل شده‌اند. با این حال این کشف‌ها در تاریخ پیدایش این فناوری پیچیده زیاد مهم نیست. 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<sup>۶</sup> 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 بدست می‌آمده است. این قبیل شیشه‌ها هم‌اکنون در بین شیشه‌های بسیار قدیمی یافت می‌شوند. رنگ به‌وجودآمده در این شیشه‌ها برپایه این حقیقت استوار است که مواد با ابعاد نانو دارای همان خواص مواد با ابعاد میکرو نمی‌باشند. در واقع یافتن مثالهایی برای استفاده از نانو ذرات فلزی چندان سخت نیست. رنگدانه‌های تزئینی جام مشهور لیکرگوس<sup>۷</sup> 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.

---

<sup>۱</sup> Deocritus

<sup>۲</sup> Atom

<sup>۳</sup> Isotope

<sup>۴</sup> quark

<sup>۵</sup> Leptons

<sup>۶</sup> Medieval forges

<sup>۷</sup> Licergus

آنالیز این شیشه حکایت از وجود مقادیر بسیار اندکی از بلورهای فلزی ریز  $700 \text{ nm}$  دارد، که حاوی نقره و طلا با نسبت مولی تقریباً ۱۴ به ۱ است حضور این نانوبلورها باعث رنگ ویژه جام لیکرگوس گشته است [۱].

در سال ۱۹۵۹ ریچارد فاینمن<sup>۲</sup> مقاله‌ای را درباره قابلیت‌های فناوری نانو در آینده منتشر ساخت. باوجود 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 در آن سال در یک مهمانی 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.

سخنرانی او شامل این مطلب بود که می‌توان تمام دایره‌المعارف بریتانیکا را بر روی یک سنجاق نگارش کرد. یعنی ابعاد آن به اندازه  $1/25000$  ابعاد واقعه‌ی کوچک می‌شود. او همچنین از دوتایی‌کردن اتم‌ها برای کاهش ابعاد کامپیوترها<sup>۳</sup> 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.

### ۱-۳. اهمیت، کاربردها و آینده نانو فناوری

#### ۱-۳-۱. اهمیت نانو ابعاد:

دلایل زیادی برای اهمیت نانو ابعاد وجود دارد، که بعضی از آنها به شرح زیر است:

۱- خصوصیات مواد در اندازه های نانو متری دچار تغییراتی می شود و با طراحی مواد نانو متری تغییر در خصوصیات ماکروسکوپی و میکروسکوپی ماده مانند رنگ، خواص مغناطیسی، دمای ذوب و ... بدون تغییر ترکیبات شیمیایی آن ممکن می شود.

---

<sup>۱</sup> Nano meter

<sup>۲</sup> Richard Phillips Feynman

<sup>۳</sup> Computer

۲- از جمله خصوصیت مواد بیولوژیکی و زنده، سازماندهی منظم آنها در ابعاد نانومتری است و توسعه در زمینه نانو فناوری به ما اجازه خواهد داد که چیزهای نانو ابعادی ساخت بشر را در داخل سلولهای زنده قرار دهیم. همچنین این کار باعث خواهد شد که با استفاده از خود چینی طبیعت بتوانیم مواد جدیدی بسازیم. مطمئناً این کار باعث ایجاد ترکیبات بیولوژی با علم مواد خواهد شد.

۳- ترکیبات نانو متری دارای نسبت سطح به حجم بسیار زیادی هستند (حجم کمی دارند اما سطح زیادی را پوشش می دهند) و لذا استفاده از آنها در مواد کامپوزیتی دارو رسانی در بدن و ذخیره انرژی به شکل شیمیایی (مانند گاز طبیعی و هیدروژن) بسیار ایده آل خواهد بود [۲].

۴- سیستم های ماکروسکوپییک ساخته شده از نانو ساختارها می توانند چگالی بسیار بیشتری نسبت به مواد ساخته شده از میکروساختارها داشته باشند و همچنین هدایت الکتریکی بهتری دارند. با استفاده از برهمکنش نانو ساختارها مفاهیم جدیدی در ابزارهای الکترونیکی، مانند مدارهای کوچکتر و سریعتر، کارایی بسیار پیشرفته تر و مصرف برق بسیار کمتر پدید می آید.

### ۱-۳-۲. کاربردها:

برای نانو تکنولوژی کاربردهایی را در حوزه های مختلف از غذا، دارو، تشخیص پزشکی و بیوتکنولوژی<sup>۱</sup> تا الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، مواد، هوافضا و امنیت ملی بر شمرده اند. کاربردهای وسیع این عرصه به همراه پیامدهای اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فن آوری را به عنوان یک زمینه فرا رشته ای و فرابخش مطرح نموده است.

استفاده از این فن آوری در کلیه علوم پزشکی، پتروشیمی، علوم مواد، صنایع دفاعی، الکترونیک، کامپوترهای کوانتومی و غیره باعث شده که تحقیقات در زمینه نانو به عنوان یک چالش اصلی علمی و صنعتی پیش روی جهانیان باشد.

### ۱-۴. تفاوت فناوری نانو با فناوری دیگر

در فناوری نانو تنها کوچک بودن اندازه مد نظر نیست بلکه زمانی که اندازه مواد در این مقیاس قرار می گیرد، خصوصیات ذاتی آنها از جمله رنگ، استحکام، مقاومت در برابر خوردگی و ... تغییر می یابد.

---

<sup>۱</sup> Biotechnology