بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اراک

دانشکده علوم پایه

کارشناسی ارشد علوم و فناوری نانو- نانوشیمی

# سنتز و بررسی خواص نانوکامپوزیت‌های پلی‌آمیدی جدید حاوی نانوذرات نقره و بررسی خواص ضدمیکروبی آن‌ها

پژوهشگر :

الهام هنردوست

استاد راهنما :

دکتر خلیل فقیهی

استاد مشاور:

دکتر علیرضا کریمی

مهر ۹۳

بسم ا... الرحمن الرحیم

# سنتز و بررسی خواص نانوکامپوزیت های پلی آمیدی جدید حاوی نانوذرات نقره و بررسی خواص ضدمیکروبی آن ها


**توسط:**

**الهام هنردوست**


**پایان نامه**

**ارائه شده به مدیریت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته علوم و فناوری نانو- نانوشیمی**


از

دانشگاه اراک

اراک-ایران


**ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه :.....**

دکتر خلیل فقیهی (استادراهنما و رئیس کمیته) ..... دانشیار

دکترعلیرضا کریمی(استاد مشاور)..... دانشیار

دکترعلیرضا صلابت(داورداخلی)..... استاد

مهر ۱۳۹۳

تقدیم به:

وجود پاک پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم

و به مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر

تقدیم به خواهرم:

که وجودش شادی بخش و صفایش مایه آرامش من است

و به برادرانم:

که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بودند وتکیه گاه من در مواجهه با مشکلات، و وجودشان مایه

دلگرمی من می باشد.

**مراتب سپاسگزاری خود را تقدیم می کنم به:**

استاد با کمالات و شایسته، جناب آقای **دکتر خلیل فقیهی** که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی

در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان،

این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید.

استاد صبور و دلسوز، جناب آقای **دکتر علیرضا کریمی** که زحمت مشاوره این رساله را بر عهده گرفتند و جناب

آقای **دکتر علیرضا صلابت**، استاد فرزانه، که داوری این پایان نامه بر عهده ایشان بود.

از دوست خوبم سرکار خانم زینب میرزاخانیان که در مسیر این پایان نامه همکاری داشتند تشکر می کنم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

الهام هنردوست

هفتم مهرماه یکهزار و سیصد و نود و سه خورشیدی

این پایان نامه با حمایت مالی حوزه معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه اراک موضوع قرارداد شماره ۹۳/۷۲۴۸ به تاریخ ۹۳/۷/۷ انجام شده است.

**چکیده:**

در بخش اول این پایان نامه، ابتدا دی‌اسید ۱و۴- بیس[۲- متوکسی-۴- (فنوکسی وینیل)] بوتان (۴) حاوی قطعات اتری از طریق روش بدون حلال با موفقیت تهیه شد و سپس از واکنش آن با دی‌آمین آروماتیک ۱و۴- دی آمینو دی فنیل متان (۵)، پلی‌آمید مقاوم حرارتی تهیه شد. برای تهیه این پلی‌آمید از روش پلیمریزاسیون مستقیم (روش یامازاکی) استفاده گردید. ساختار و خواص پلیمر از طریق طیف‌سنجی مادون قرمز (FT-IR)، رزونانس مغناطیسی هسته ای (H-NMR)، ویسکوزیته درونی، تست حلالیت و آنالیز گرمایی TGA-DTG مورد بررسی قرار گرفت.

در بخش دوم، نانوکامپوزیت‌های پلی‌آمیدی تقویت شده با درصدهای مختلف از نانوذرات نقره (۹-۷) از طریق روش محلول تهیه شدند. ساختار و مورفولوژی نانوکامپوزیت‌های تهیه شده از طریق طیف‌سنجی مادون قرمز (FT-IR)، پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، طیف‌سنجی جذبی (UV-Vis) مورد بررسی قرار گرفت. خواص گرمایی نانوکامپوزیت‌ها از طریق آنالیز گرمایی TGA-DTG بررسی و با خواص پلی‌آمید اولیه مقایسه شد و در نهایت، اثر آنتی باکتریایی نانوکامپوزیت‌ها توسط باکتری E.Coli مورد مطالعه قرار گرفت.

**کلید واژه :** نانوکامپوزیت، پلی آمید، نانوذرات نقره، خواص ضدمیکروبی

## فهرست مطالب

**فصل اول: مقدمه**


۱-۱-فناوری نانو ..... ۲

۱-۱-۱- پیشینه فناوری نانو ..... ۲

۱-۱-۲- نانوفناوری چیست؟ ..... ۲

۱-۲- نانوذرات ..... ٤

۱-۲-۱- نانوذرات فلزی ..... ۷

۱-۲-۱-۱- معایب نانوذرات فلزی ..... ۷

۱-۲-۲- نانوذرات نقره ..... ۸

۱-۲-۲-۱- تاریخچه ..... ۸

۱-۲-۲-۲- مکانیزم عملکرد نانوذرات نقره در برابر باکتری ها ..... ۹

۱-۲-۲-۳-عوامل مؤثر بر فعالیت ضدمیکروبی نانونقره ..... ۱۱

۱-۲-۲-۴- کاربرد نانوذرات نقره ..... ۱۳

۱-۲-۲-۵- روشهای سنتز نانوذرات نقره ..... ۱٦

الف- سنتز نانوذرات نقره توسط احیاکننده های شیمیایی ..... ۱٦

ب- سنتز نوری نانوذرات نقره ..... ۱٦

ج- سنتز نانوذرات نقره به روش هیدروترمال ..... ۱۷

د- سنتز نانوذرات نقره به وسیله ی دمیدن گاز به عنوان احیاکننده ..... ۱۷

م- سنتز نانوذرات نقره با استفاده از روش الکتروشیمیایی ..... ۱۷

ن- سنتز نانوذرات نقره به روش میکروامولسیون ..... ۱۷

و- سنتز نانوذرات نقره با استفاده از امواج فراصوت ..... ۱۸

ه- سنتز نانوذرات نقره به روش تولن ..... ۱۸
ی- سنتز نانوذرات نقره با استفاده ازکاهش بیولوژیکی ..... ۱۹
۱-۲-۲-۶- مورفولوژی نانوذرات نقره ..... ۲۰
۱-۳- پلیمرهای با کارایی بالا (High performance polymers) ..... ۲۱
۱-۳-۱- پلی آمیدها ..... ۲۳
۱-۳-۱-۱- برخی روش های سنتز پلی آمیدها ..... ۲٤
الف- پلیمرشدن تراکمی درسطح مشترک دوفاز ..... ۲٤
ب- پلیمرشدن تراکمی محلول در دمای پایین ..... ۲۵
پ- پلیمرشدن تراکمی مستقیم ..... ۲۵
۱-۴- نانوکامپوزیت ها ..... ۲٦
۱-۴-۱- انواع نانوکامپوزیت ها ..... ۲۸
۱-۴-۲- مزایا و معایب نانوکامپوزیت ها ..... ۲۹
۱-۵-نانوکامپوزیت های پلیمر–فلز ..... ۳۰
۱-۶- نانوکامپوزیت های پلیمر–نقره ..... ۳۱
۱-۶-۱- برخی روشهای سنتز نانوکامپوزیت های برپایه ی نقره ..... ۳۲
۱-۶-۲- روش های شناسایی نانوکامپوزیت های برپایه ی نقره ..... ۳٦
۱-۶-۳- کاربردهای نانوکامپوزیت های نقره ..... ۳۸

**فصل دوم: بخش تجربی**

۲-۱- مواد مصرفی ..... ٤۰
۲-۲- دستگاه ها و تجهیزات ..... ٤۰

۲-۳- تهیه مونومرها ..... ٤١
۲-۳-۱- تهیه ۱و۴- بیس[۲- متوکسی-۴- (کربوکسی آلدهید) فنوکسی] بوتان ..... ٤١
۲-۳-۲- تهیه بیس[(۲- متوکسی-۴-(کربوکسی وینیل)فنوکسی] بوتان ( دی اسید۴) به روش بدون حلال ..... ٤١
۲-۴- سنتز نانوکامپوزیت های پلی آمید/ نانونقره جدید بر پایه ۴،۴'- دی آمینودی فنیل متان (۵) ودی اسیدسنتزی (۴) به روش پلیمریزاسیون محلول ..... ٤٢
۲-۴-۱- تهیه پلی آمید(۶) ..... ٤٢
۲-۴-۲- تهیه نانوکامپوزیت های ۱٪، ۲٪ و ۵٪ به روش محلول(۹-۷) ..... ٤٣
۲-۵- بررسی اثر آنتی باکتریایی نانوکامپوزیت های پلی آمید- نقره ..... ٤٤
۲-۵-۱- آماده سازی محیط کشتNA..... ٤٤
۲-۵-۲- آماده سازی قرص نانوکامپوزیتی ..... ٤٥
۲-۵-۳- واردکردن نانوکامپوزیت پلی آمید- نقره درمحیط کشت حاوی باکتری ..... ٤٥

**فصل سوم: بحث و نتیجه گیری**

۳-۱- تهیه و بررسی خواص پلی آمید(۶) حاوی دی اسید بیس[۲- متوکسی-۴-(کربوکسی وینیل) فنوکسی] بوتان (۴) ودی آمین بنزیدین از طریق روش پلیمریزاسیون محلول ..... ٤٧
۳-۱-۱- تهیه ۱و۴- بیس[۲- متوکسی-۴-( کربوکسی آلدهید) فنوکسی] بوتان ..... ٤٧
۳-۱-۲- تهیه بیس[ ۲-متوکسی-۴-(کربوکسی وینیل) فنوکسی] بوتان ( دی اسید۴)..... ٤٩
۳-۱-۳- تهیه پلی آمید(۶) ..... ٥١
۳-۳- بررسی خواص ..... ٥٤
۳-۳-۱- حلالیت ..... ٥٤
۳-۳-۲- خواص گرمایی ..... ٥٥
۳-۴- بررسی طیف سنجی پراش پرتوایکس پلی آمید و نانوکامپوزیت با درصدهای مختلف نانوذره نقره ..... ٥٦

۳-۵- تحلیل طیفیUV-Vis پلیمر و نانوکامپوزیت های مربوطه ..... ۵۷
۳-۶- بررسی تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری(TEM) ..... ۵۷
۳-۷- بررسی تصاویر میکروسکوپ نوری ..... ٦٤
۳-۸- بررسی تاثیر نانوکامپوزیت های تهیه شده بر باکتریE.Coli ..... ۵۸

## فهرست جداول

جدول (۱-۱) بیانگر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نانوذرات ..... ٦
جدول (۲-۱) مشخصات نانوکامپوزیت‌های پلی‌آمید/ نقره ..... ۴۳
جدول (۳-۱) حلالیت مونومرها و پلیمر در برخی حلال‌های آلی ..... ۵۴
جدول (۳-۲) بررسی خواص گرمایی پلیمر و نانوکامپوزیت‌ها ..... ۵٦

## فهرست اشکال

شکل(۱-۱): مقایسه ای بین مقیاس های طولی گوناگون ..... ۳
شکل(۱-۲) ویژگی‌های بالقوه قابل بهره برداری در دسته بندی‌های مختلف نانوذرات ..... ۴
شکل(۱-۳ ): مکانیزم پیشنهادی برای فعالیت ضدمیکروبی نانوذرات ..... ۱۱
شکل (۱-۴): طبقه بندی نانوذرات آنتی باکتریایی برحسب ترکیب شیمیایی ..... ۱۲
شکل( ۱-۵): محدوده ی کاربردهای عملی نانوذرات آنتی باکتریال ..... ۱۵
شکل (۱-۶): مورفولوژی های مختلف نانوذرات نقره ..... ۲۱
شکل(۱-۷): تعریف نانوکامپوزیت ..... ۲۸
شکل (۱-۸): تصویرنانوذرات (الف)،نانوصفحه (ب)،نانوالیاف (ج) ونانولوله (د) ..... ۲۹
شکل(۱-۹): سنتز نانوفیبر پلیمر/ نانوذرات نقره با استفاده از پلیمریزاسیون پاشندگی با حدواسط رادیکالی ..... ۳۳
شکل(۱- ۱۰): مثالی از سنتز نانوکامپوزیت های دندریمر/ نقره . ..... ۳۴
شکل(۱-۱۱): شماتیکی از مکانیزم تشکیل نانوذرات نقره برروی سطح نانوذره$SiO_2$ ..... ۳۵

شکل(۱-۱۲): سنتز درختسان های پلی آمیدوآمین و نانوکامپوزیت های نقره ی آن ها ..... ۳۶
شکل (۳-۱): طیف FT-IRدی آلدهید (۳) ..... ۶۰
شکل (۳-۲): طیف H-NMR دی آلدهید(۳) ..... ۶۱
شکل (۳-۳): طیف H-NMR بازشده دی آلدهید(۳) ..... ۶۲
شکل (۳-۴): طیفH-NMR باز شده دی آلدهید (۳) ..... ۶۳
شکل (۳-۵): طیف C-NMR دی اسید (۴) ..... ۶۴
شکل (۳-۶): طیفFT-IR دی اسید(۴) ..... ۶۵
شکل (۳-۷): طیف H-NMR دی اسید (۴) ..... ۶۶
شکل (۳-۸): طیف H-NMR دی اسید بازشده از ۱تا ppm ۵ ..... ۶۷
شکل (۳-۹): طیف H-NMR دی اسید بازشده از ۶ تا ppm ۸ ..... ۶۸
شکل (۳-۱۰): طیف FT-IR پلی آمید (۶) ..... ۶۹
شکل (۳-۱۱): طیف H-NMR پلی آمید (۶) ..... ۷۰
شکل (۳-۱۲): طیف FT-IR نانوکامپوزیت 1% ..... ۷۱
شکل (۳-۱۳): طیف FT-IR نانوکامپوزیت 2% ..... ۷۲
شکل (۳-۱۴):طیف FT-IR نانوکامپوزیت ۵٪ ..... ۷۳
شکل (۳-۱۵): آنالیز گرمایی پلی آمید ..... ۷۴
شکل (۳-۱۶): آنالیزگرمایی نانوکامپوزیت ۱٪ ..... ۷۴
شکل (۳-۱۷): آنالیزگرمایی نانوکامپوزیت ۲٪ ..... ۷۵
شکل (۳-۱۸): آنالیزگرمایی نانوکامپوزیت ۵٪ ..... ۷۵
شکل (۳-۱۹): مقایسه نمودارهایTG ..... ۷۶

شکل (۳-۲۰): طیف XRD نانوکامپوزیت های ۱٪ ،۲٪ و ۵٪ ..... ۷۶

شکل (۳-۲۱): طیف جذبی UV-Vis ..... ۷۷

شکل (۳-۲۲): تصویر TEM نانوکامپوزیت ۲٪ ..... ۷۷

شکل (۳-۲۳): تصاویر میکروسکوپ نوری ..... ۷۸

شکل (۳-۲۴): تصاویر مربوط به تست آنتی باکتریال ..... ۷۹

**جدول علائم و اختصارات:**

| ردیف | نماد | نام |
|---|---|---|
| ۱ | PVP | پلی وینیل پیرولیدون |
| ۲ | PMMA | پلی متیل متااکریلات |
| ۳ | PVA | پلی وینیل الکل |
| ۴ | PTFE | پلی تترافلوئورواتیلن |
| ۵ | TEM | میکروسکوپ الکترونی عبوری |
| ۶ | XRD | پراکندگی اشعه ایکس |
| ۷ | NMR | طیف‌های مغناطیس هسته‌ای |
| ۸ | FT-IR | مادون قرمز |
| ۹ | NA | نوترینت آگار |
| ۱۰ | E.Coli | ایشریشیا کلای |
| ۱۱ | TPP | تری فنیل فسفیت |
| ۱۲ | Py | پیریدین |
| ۱۳ | NMP | N-متیل-۲-پیرولیدون |
| ۱۴ | DMAC | N,N-دی متیل استامید |
| ۱۵ | DMF | N,N-دی متیل فرمامید |
| ۱۶ | THF | تتراهیدروفوران |
| ۱۷ | TGA | آنالیز گرمایی وزن سنجی |
| ۱۸ | LOI | شاخص محدودیت اکسیژن |

# فصل اول

# مقدمه

## ۱-۱- فناوری نانو

### ۱-۱-۱- پیشینه فناوری نانو

شاید بتوان گفت اولین نانوتکنولوژیست ها شیشه گران قرون وسطا بودند. در آن زمان برای ساخت شیشه های کلیساها از ذرات نانومتری طلا استفاده می شده است که بدین وسیله شیشه های رنگی بسیار زیبایی به دست می آمد. نمونه دیگری از آن، جام مشهور لیکرگوس (Lycurgus) متعلق به قرن چهارم میلادی و مربوط به روم است که تصویری از شاه افسانه ای، لیکرگوس بر آن نقش بسته است. این جام که در موزه بریتانیا نگهداری می شود، در نور روز، به رنگ سبز دیده می شود ولی با تاباندن نور به داخل جام، به رنگ قرمز دیده می شود و بخشی از آن نقش به رنگ صورتی در می آید. این خاصیت اپتیکی غیرمعمول به دلیل وجود ذرات طلا و نقره ۷۰ نانومتری است. درواقع ذرات بسیار ریز و در ابعاد نانومتری طلا مسئول چنین پدیده ای در جام هستند.

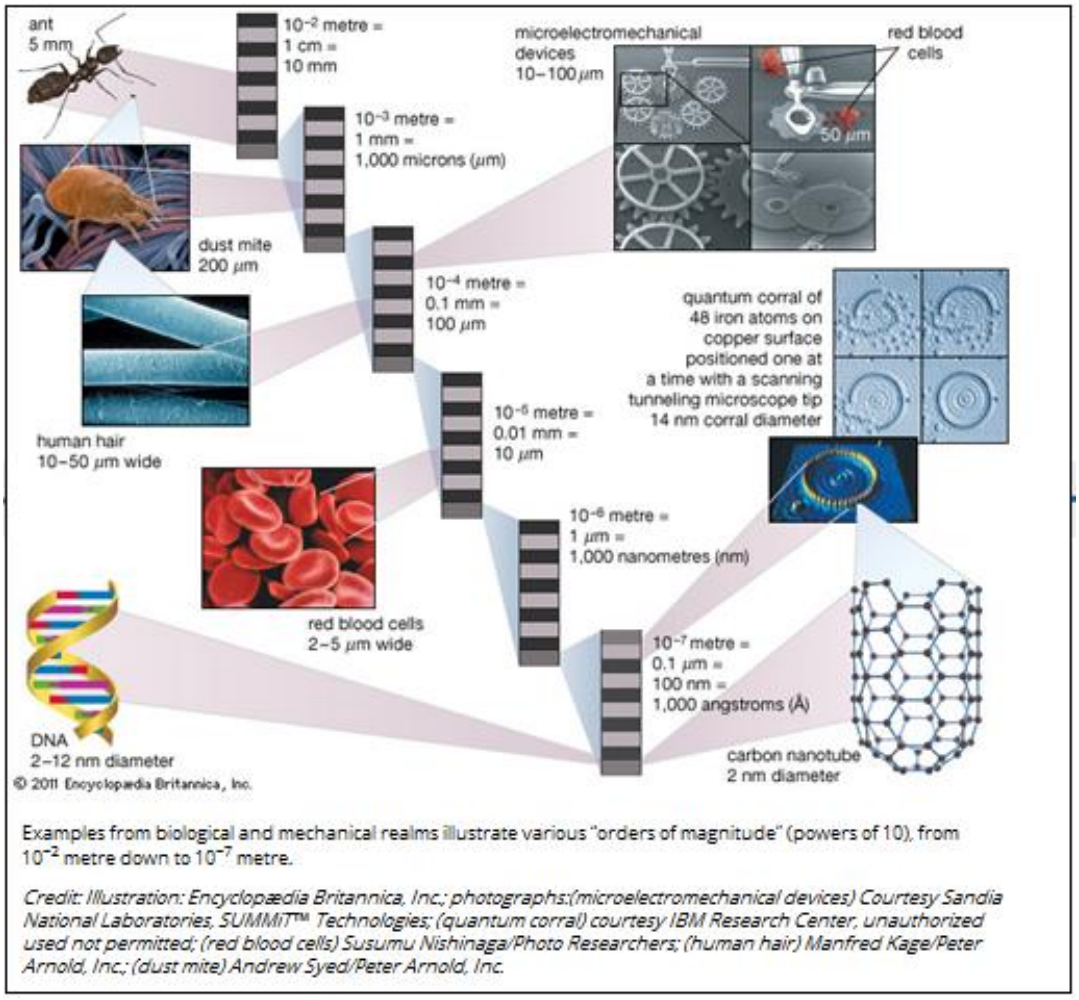
در سال ۱۹۵۹ میلادی فیزیک دانی به نام ریچارد فاینمن[۱]، مفهوم فناوری نانو را با یک سخنرانی در دانشگاه کالتاک[۲] تحت عنوان " فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد " معرفی کرد. پس از او در سال ۱۹۷۴ میلادی نوریو تاینیگوچی[۳] استاد علوم دانشگاه توکیو نخستین بار از واژه فناوری نانو برای توضیح دقیقی از مهندسی فرایندهای مواد نیمه رسانا استفاده نمود [۱].

### ۱-۱-۲- نانوفناوری چیست؟

قرن بیست و یکم، قرن فناوری نانو مهمترین دوران صنعت به شمار می رود. قرن نانو، قرن سلامتی، قرن صرفه جویی و آرامش نامیده می شود. پیشوند نانو در اصل یک کلمه یونانی است. معادل لاتین این کلمه، "دوارف"[۴] که به معنی کوتوله و قدکوتاه است. این پیشوند در علم مقیاس ها به معنی میلیاردم است. بنابراین یک نانومتر یک میلیاردم متر است. حدود ۱۰ اتم هیدروژن در یک خط، یک نانومتر را می سازند[۲]. برای درک بیشتر این مقیاس در شکل (۱-۱) مقایسه های طولی گوناگون، نشان داده شده است.

---

[۱] *Richard Faynman*
[۲] *kaltec*
[۳] *Norio Taniguchi*
[۴] *Dwarf*




Examples from biological and mechanical realms illustrate various "orders of magnitude" (powers of 10), from $10^{-2}$ metre down to $10^{-7}$ metre.

*Credit: Illustration: Encyclopædia Britannica, Inc.; photographs:(microelectromechanical devices) Courtesy Sandia National Laboratories, SUMMiT™ Technologies; (quantum corral) courtesy IBM Research Center, unauthorized used not permitted; (red blood cells) Susumu Nishinaga/Photo Researchers; (human hair) Manfred Kage/Peter Arnold, Inc.; (dust mite) Andrew Syed/Peter Arnold, Inc.*

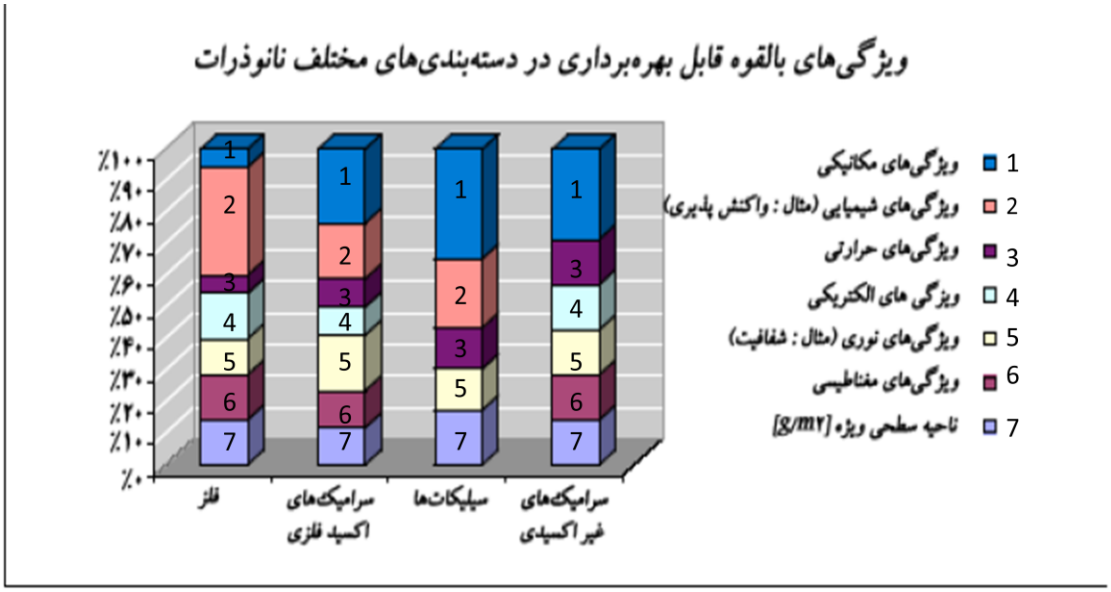
شکل(۱-۱): مقایسه ای بین مقیاس های طولی گوناگون

آن چه باعث ظهور نانوفناوری شده نسبت سطح به حجم بالای نانومواد است. این موضوع یکی از مهم ترین خصوصیات مواد تولید شده در مقیاس نانو است. در مقیاس نانو، اشیا شروع به تغییر رفتار می کنند و رفتار سطوح بر رفتار توده ای ماده غلبه می کند. به بیان ساده علم نانو مطالعه اصول اولیه مولکول ها و ساختارهای با ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. این ساختارها به نام نانوساختار شناخته می شوند. ذرات نانومتری خواص متفاوتی با سایر ذرات در زمینه های مکانیکی، گرمایی، نوری و الکتریکی نشان می دهند که عمدتا به دو دلیل می باشد : افزایش نسبت سطح به حجم ذرات و تاثیرات کوانتومی[۱].

با افزایش نسبت سطح به حجم ذرات، سطح در دسترس برای انجام واکنش بیشتر می شود.افزایش سطح، عاملی تعیین کننده و مهم در کارایی کاتالیزگرها و ساختارهایی همانند الکترودهاست و باعث افزایش کارایی و بهره وری باطری و پیل های سوختی است که از این الکترودها استفاده می کنند. همچنین افزایش سطح (رویه سطحی) نانوذرات، تاثیر زیادی بر روی اندرکنش بین مواد ترکیبی مانند نانوکامپوزیت ها دارد و موجب تغییر در خصوصیات شیمیایی، مکانیکی و الکتریکی این مواد می گردد[۳].

### ۱-۲- نانوذرات

نانوذرات رایج‌ترین اجزاء در علم و فناوری نانو بوده و باعث بروز خواص جالب آن‌ها شده است. علاوه بر این، کوچکتربودن ابعاد نانوذرات از طول موج بحرانی نور، آن‌ها را نامرئی و شفاف می‌نماید و این امکان را فراهم می کندکه از آنها در بسته بندی، مواد آرایشی و روکش های رنگ استفاده گردد. با توجه به اثرات کوانتومی یا افزایش اتم های سطحی، برخی از خصوصیات نانوذرات ممکن است به راحتی قابل پیش بینی نباشد. بیشترین ویژگی‌های قابل استخراج از نانوذرات در شکل (۱-۲) نشان داده شده است.




شکل(۱-۲)

برای مثال پژوهش‌های انجام شده در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که ساختار نانوذرات سیلیکون(که نانوکره هایی با قطر بین ۱۰۰-۴۰ نانومتر می باشند) نه تنها از سیلیکون سخت تر اند بلکه سختی بین الماس و یاقوت دارند و کاربردهای بسیار متنوعی در صنایع شیمیایی، پزشکی و دارویی، کشاورزی و الکترونیک نیز دارند. از جمله کاربردهای نانوذرات در سمیت زدایی ترکیبات آلی، تصفیه آب و فاضلاب، مواد عایق کننده، باتری ها، حسگرها و وسایل نقلیه موتوری می باشد. نانوذرات ساختار کریستالی دارند و از کنار هم قرار گرفتن آن‌ها نانوکریستال ها ساخته می شود. با توجه به ترکیب شیمیایی، این ذرات به انواع فلزی، سرامیکی، پلیمری و نیمه هادی تقسیم می شوند[۴].

مواد درگذر از میکروذرات به نانوذرات رسانا می شوند و یا مواد رسانا می توانند رسانندگی خود را از دست بدهند. مثلاً نانوذرات مس در حضور میدان مغناطیسی خاصیت هدایت خود را از دست می دهند[۵]. از خصوصیات فیزیکی نیز می توان به دمای ذوب مواد اشاره کرد که با کاهش اندازه ذرات و گذر از حد۱۰۰ نانومتر با تغییر در دمای ذوب مواجه می شویم. این تغییرات دمایی بسته به نوع ماده، گاهی با کوچک شدن اندازه رابطه مستقیم و گاهی رابطه معکوس دارد. برای مثال دمای ذوب نانوذرات طلا با کاهش اندازه آنها کاهش می یابد. از دیگر خصوصیات فیزیکی رنگ می باشد که این خاصیت نیز همانند دمای ذوب دستخوش تغییر می شود، برای مثال نانوذرات طلا به رنگ قرمز هستند. از خواص دیگری که دچار تغییرات می شود خواص شیمیایی و واکنش پذیری مواد است، برای مثال فعالیت کاتالیزوری نانوذرات طلا با کاهش ابعاد، در اکسیداسیون مونواکسید کربن به شدت افزایش می یابد. این در حالی است که در حالت عادی طلا خاصیت کاتالیزگری برای چنین واکنشی ندارد[۶]. خصوصیات مغناطیسی نانوذرات کبالت و آهن با کاهش ابعاد به شدت افزایش می یابد. به طوری که از نانو ذرات آهن برای تولید نانوفرومغناطیس ها استفاده می شود. این مواد، مایع هایی با خاصیت مغناطیسی دارند که دارای کاربردهای فراوانی در الکترونیک می باشند، حتی تغییر در خواص اپتیکی نیز در نانو ذرات اتفاق می افتد، به طوری که بعضی از میکروذرات پس از نانو ذره شدن، خواص جذب و بازتاب نورشان به شدت تغییر می کند. برای نمونه نانو کادمیم از خود نور ساطع می کند و می توان از آن به عنوان منبع نور استفاده کرد[۴]. در بعضی موارد برای حفظ خواص مطلوب نانوذرات، جهت پیشگیری از واکنش بیشتر، یک پایدارکننده به آن‌ها اضافه می گردد که آن‌ها را قادر می سازد تا در برابر سایش، فرسودگی و خوردگی مقاوم باشند. همچنین با عامل دار کردن سطح

نانوذرات می توان آن‌ها را وادار کرد که در بافت هایی خاص از جمله بافت های سرطانی تجمع کنند و این امر اطلاعات مناسبی در جهت درمان در اختیار پزشک قرار می دهد[۷].

بسیاری از مواد به صورت نانوذرات خواص کاتالیزگری فوق العاده از خودنشان می دهند. مثلاً فلزاتی مثل طلا و پلاتین که جزء فلزات نجیب به شمار می روند و به راحتی در واکنش‌ها شرکت نمی کنند، در ابعاد نانو فعال شده و از مهمترین کاتالیزورها به شمار می روند. سایر کاتالیزورها نیز بصورت نانوذرات خواص بهبود یافته از خود نشان می دهند. علاوه بر بهبود خواص کاتالیزوری سطح زیادی که نانوذرات فراهم می کنند بازده فرایندهای شمیایی را تا چند برابر افزایش می دهد و مقدار ماده مورد استفاده جهت کاتالیز را کاهش می دهد[۸].

مواد در مقیاس نانو، رفتار کاملا متفاوت، نامنظم و کنترل نشده ای از خود بروز می دهند. برخی از ویژگی‌های نانوذرات در جدول ۱-۱ به طور خلاصه آمده است:

جدول ۱-۱- بیانگر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نانوذرات:

| خصوصیات | مثال |
|---|---|
| **کاتالیزوری** | اثرکاتالیزوری بهتر،به دلیل نسبت سطح به حجم بالاتر |
| **الکتریکی** | افزایش هدایت الکتریکی در سرامیک ها<br>و نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی،افزایش مقاومت الکتریکی در فلزات |
| **مغناطیسی** | افزایش خواص مغناطیسی با اندازه بحرانی دانه‌ها،<br>رفتار سوپر پارا مغناطیسی ذرات |
| **نوری** | خصوصیات فلوئورسنتی، افزایش اثر کوانتومی<br>کریستال‌های نیمه هادی |
| **بیولوژیکی** | افزایش نفوذپذیری از بین حصارهای بیولوژیکی<br>(غشاء و سد مغز، خون وغیره)<br>و بهبود زیست سازگاری |