بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه بیرجند

دانشکده علوم

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی معدنی

عنوان:

سنتز و شناسایی نانوذرات اکسید کروم(III)

استاد راهنما:

دکتر ریحانه ملکوتی

نگارش:

رضوان مختاری

مرداد ماه ۱۳۸۹

کلیه مزایا اعم از چاپ، تکثیر، نسخه برداری، ترجمه، اقتباس و ... از پایان‌نامه کارشناسی ارشد برای دانشگاه بیرجند محفوظ است. نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

قدم رروما م

پاس مر م واسای شان ازکا .اثاروواز ود ز ی

پاس عا . مرشارو مای ا ید ش و ودشان ان مرد ن روزگاران مرن ن ا ت.

پاس قـ ی رشان یادرس ا ت و مر دای و س ناشان جا ت ی اید.

و پاس ت ی ی شان وش ی ند.

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش خداوند منان را که مرا مورد لطف و عنایت خود قرار داد تا بیاموزم آنچه را نمی‌دانم. آموختنی‌های این پایان‌نامه حاصل یاری خوبانی است که تا به امروز در تاریکی ابهام لحظه‌های بی-پاسخم، روشنی را به من هدیه کردند. یاریشان را می‌ستایم و نامشان را در اولین لوح ماندگارم می‌نگارم.

از محبت‌های بی‌شائبه استاد راهنمای عزیزم سرکار خانم دکتر ملکوتی، که با نظارت صبورانه و مساعدت همه جانبه خود، بنده را صمیمانه یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌کنم. بی‌شک تهیه و تدوین این پایان‌نامه بدون کمک و راهنمایی‌های ارزنده ایشان امکان پذیر نبود.

از اساتید محترم جناب آقای دکتر رضایی فرد و جناب آقای دکتر حسینی که زحمت داوری و بازنگری این پایان‌نامه را داشتند تشکر و قدردانی می‌کنم.

از جناب آقای مهندس حاجی زاده که به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاعیه حضور داشتند، نهایت تشکر را دارم.

از پدر و مادر عزیزم که دعای خیرشان همواره راهگشای تمام مشکلاتم بوده تشکر و قدردانی می‌کنم.

از برادر و خواهران عزیزم که همواره در کنار من بوده و وجودشان باعث پشت گرمی من است تشکر می‌کنم.

از همه دوستان و همراهانم در آزمایشگاه تحقیقاتی نانوشیمی، خانم‌ها یلدا تختی، سهیلا شفیعی، مهدیه پارسایی، مریم رستمی و آقایان محمودی و آتشین و تمامی دوستانم در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی آلی، کاتالیزوری، تجزیه و شیمی فیزیک نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

در این پژوهش، نانوذرات اکسید کروم (III) با استفاده از تجزیه حرارتی دو ماده اولیه کلرید کروم (III) بی‌آب و کمپلکس هگزا اوره کروم (III) تری کلرید در حضور سورفکتنت‌های اسید اولئیک و اولیل آمین در محیط آلی سنتز شدند. نانوذرات بدست آمده، با استفاده از روش های SEM، TEM، XRD، IR و TGA شناسایی شدند.

تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌های جامد و کلوئیدی بدست آمده از ماده اولیه $CrCl_3$، مؤید شکل کروی با اندازه ذره ۹۰-۴۰ نانومتری می‌باشند. الگوی XRD نانوذرات کلوئیدی، نشان‌دهنده حضور ترکیب حدواسط Cr_5O_{12} بوده که با اعمال تابکاری در کوره الکتریکی، به اکسید کروم (III) تبدیل شدند. وجود باندهای جذبی مربوط به ارتعاشات C–O و C=O و باندهای C-H اولیل‌آمین در طیف IR نانوذرات سنتز شده، اتصال سورفکتنت‌های اسیداولئیک و اولیل‌آمین به سطح نانوذرات را تأیید می کنند.

با استفاده از ماده اولیه کمپلکس هگزا اوره کروم (III) تری کلرید، نانوذرات کروی با اندازه ذره ۷۰-۶۰ نانومتر سنتز شدند. الگوی XRD مواد بلافاصله پس از سنتز بی‌شکل بوده، در حالیکه بعد از تابکاری، الگوی اکسید کروم (III) بدست آمد. آنالیز حرارتی TGA نانوذرات Cr_2O_3 در محدوده دمایی نسبتاً وسیع، کاهش وزن بسیار کم را نشان داده که پایداری بالای حرارتی محصولات بدست آمده را نشان می‌دهد.

فهرست مطالب

عنوان .....صفحه

فصل اول: مقدمه

۱-۱- نانوتکنولوژی چیست؟ ۱

۱-۲- تأثیر اندازه بر روی خصوصیات مواد ۲

۱-۲-۱- کاهش دمای ذوب ۳

۱-۲-۲- افزایش فشار انتقال فاز جامد- جامد ۴

۱-۲-۳- انتقالات نوری وابسته به اندازه ۴

۱-۲-۴- تغییر ویژگی‌های مکانیکی ۵

۱-۳- سنتز نانوذرات ۶

۱-۳-۱- روش های بالا- پایین ۷

۱-۳-۲- روشهای پایین- بالا ۷

۱-۳-۳- سنتز نانوذرات بااستفاده از تبدیلهای گاز- جامد ۸

۱-۳-۳-۱- رسوبگذاری شیمیایی فاز بخار (CVD) ۹

۱-۳-۳-۲- انواع فرایندهای CVD ۹

۱-۳-۴- سنتز نانوذرات بااستفاده از تبدیلهای مایع - جامد ۱۰

۱-۳-۴-۱- روش همرسوبی ۱۰

۱-۳-۴-۲- فرایند سل- ژل ۱۱

۱-۳-۴-۳- تکنیک میکروامولسیون ۱۳

۱-۳-۴-۴- تکنیک های سولووترمال ۱۴
۱-۳-۴-۵- نانوذرات مشتق شده از سطح / الگو ۱۵
۱-۳-۴-۶- سنتز کلوئیدی نانوکریستال ها با استفاده از روش‌های تجزیه حرارتی در محیط آلی ۱۶
۱-۴- مراحل تشکیل و رشد نانوذرات ۱۹
۱-۴-۱- هسته‌زایی هموژن ۲۰
۱-۴-۲- رشد هسته‌ها ۲۶
۱-۴-۲-۱- رشد کنترل شده توسط انتشار ۲۷
۱-۴-۲-۲- رشد کنترل شده توسط فرایند سطح ۲۹
۱-۵- نانوذرات اکسید فلزی ۳۲
۱-۶- کروم (III) اکسید ۳۴
۱-۶-۱- کاربرد های کروم (III) اکسید ۳۵
۱-۶-۲- روش های سنتز نانوذرات کروم (III) اکسید ۳۵
۱-۶-۲-۱- روش رسوب گیری فیلم نازک ۳۵
۱-۶-۲-۲- روش سل – ژل ۳۷
۱-۶-۲-۳- سنتز با استفاده از مواد سیلیکای حفره دار به عنوان الگو ۳۷
۱-۶-۲-۴- سنتز با استفاده از خاک رس ۳۹
۱-۶-۲-۵- سنتز با استفاده از روش تجزیه حرارتی مواد اولیه در حضور عامل تمپلیت (الگو) ۳۹
۱-۶-۲-۶- سنتز با استفاده از تابش ماکروویو ۴۱
۱-۶-۲-۷- روش رسوب کردن ۴۲
۱-۶-۲-۸- روش سولووترمال ۴۳
۱-۶-۲-۹- روش تجزیه حرارتی کمپلکس‌های کروم در حضور سورفکتنت‌ها در حلال‌های آلی ۴۶

فصل دوم: بخش تجربی

۲-۱- مواد و دستگاههای مورد استفاده ۴۸

۲-۱-۱- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)..... ۴۸

۲-۱-۲- میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) ۴۹

۲-۱-۳- دستگاه پراش اشعه ایکس..... ۵۰

۲-۲- سنتز نانوذرات کروم (III) اکسید با استفاده از کمپلکس هگزا اوره کروم (III) تری کلرید $[Cr(Urea)_6]Cl_3$ به عنوان ماده اولیه ۵۱

۲-۲-۱- سنتز کمپلکس هگزا اوره کروم (III) تری کلرید $[Cr(Urea)_6]Cl_3$..... ۵۱

۲-۲-۲- سنتز نانوذرات Cr_2O_3، نمونه (a)..... ۵۱

۲-۲-۳- سنتز نانوذرات Cr_2O_3، نمونه (b)..... ۵۲

۲-۲-۴- سنتز نانوذرات Cr_2O_3، نمونه (c)..... ۵۲

۲-۲-۵- سنتز نانوذرات Cr_2O_3، نمونه (d)..... ۵۲

۲-۳- سنتز نانوذرات کروم (III) اکسید با استفاده از ماده اولیه کروم (III) کلرید بی‌آب ۵۳

۲-۳-۱- تهیه نانوذرات پودری..... ۵۳

۲-۳-۱-۱- سنتز نانوذرات پودری Cr_2O_3، نمونه‌های (e) تا (h) ۵۳

۲-۳-۱-۲- سنتز نانوذرات پودری Cr_2O_3، نمونه‌های (i) و (j)..... ۵۴

۲-۳-۱-۳- سنتز نانوذرات پودری Cr_2O_3، نمونه‌های (k) و (l) ۵۵

۲-۳-۲- تهیه نانوذرات با استفاده از روش استخراج از رسوب..... ۵۶

۲-۳-۲-۱- سنتز نانوذرات Cr_2O_3، نمونه‌های (m) تا (p) ۵۶

۲-۳-۳- سنتز نانوذرات Cr_2O_3، نمونه (q)، به روش استخراج از محلول..... ۵۷

۲-۳-۴- سنتز نانوذرات Cr_2O_3، نمونه (r)، در حضور اولئیک اسید به عنوان تنها لیگاند..... ۵۷

۲-۳-۵- سنتز نانوذرات Cr_2O_3، نمونه (s)، در جو هوا ۵۸
۲-۴- تهیه نانوذرات با استفاده از استیل استونات کروم(III) ۵۸
۲-۴-۱- سنتز استیل استونات کروم(III) ۵۸
۲-۴-۲- تهیه نانوذرات با استفاده از استیل استونات کروم (III) ۵۸

فصل سوم: بحث و نتیجه‌گیری

۳-۱- بررسی نانوذرات سنتز شده با استفاده از کمپلکس هگزا اوره کروم (III) تری کلرید ۶۰
۳-۱-۱- بررسی طیف IR کمپلکس هگزا اوره کروم (III) تری کلرید ۶۰
۳-۱-۲- بررسی طیف IR نانوذرات سنتز شده با استفاده از کمپلکس هگزا اوره کروم (III) تری کلرید ۶۱
۳-۱-۳- بررسی ریخت شناسی و تعیین اندازه نانوذرات کروم (III) اکسید پودری سنتز شده با استفاده از کمپلکس هگزا اوره کروم (III) تری کلرید به عنوان ماده اولیه ۶۲
۳-۱-۳-۱- بررسی ریخت شناسی و تعیین اندازه نانوذرات نمونه (c) ۶۳
۳-۱-۳-۲- بررسی ریخت شناسی و تعیین اندازه نانوذرات (d) ۶۴
۳-۱-۴- بررسی الگوی XRD نانوذرات سنتز شده از کمپلکس هگزا اوره کروم (III) تری کلرید به عنوان ماده اولیه ۶۴
۳-۱-۵- بررسی آنالیز حرارتی (TGA) نمونه (c) ۶۶
۳-۲- بررسی ریخت شناسی و تعیین اندازه نانوذرات کروم (III) اکسید پودری سنتز شده با استفاده از کلرید کروم (III) بی‌آب به عنوان ماده اولیه ۶۶
۳-۲-۱- نمونه های (e) تا (h) ۶۶
۳-۲-۲- نمونه های (i) و (j) ۶۸
۳-۲-۳- نمونه های (k) و (l) ۷۰

۳-۲-۴- بررسی نمونه های کلوئیدی استخراج شده از رسوب، نمونه های (m) تا (p)..... ۷۱
۳-۲-۵- بررسی ریخت‌شناسی نانوذرات کروم (III) اکسید سنتز شده در جو هوا، نمونه (s) ۷۴
۳-۲-۶- بررسی بلوری بودن نانوذرات کروم (III) اکسید سنتز شده با استفاده از کلرید کروم(III) بی‌آب ۷۵
۳-۲-۶-۱- بررسی الگوی پراش اشعه X نمونه (o) ۷۵
۳-۲-۶-۲- بررسی الگوی پراش اشعه X نمونه (q) ۷۶
۳-۳- بررسی سنتز نانوذرات با استفاده از کمپلکس استیل استونات کروم (III) به عنوان ماده اولیه .. ۷۸
نتیجه‌گیری ۸۰
پیشنهادات ۸۱
مراجع ۸۲

فهرست شکل‌ها

عنوان ..... صفحه

شکل (۱-۱): نمونه هایی از نانوساختارها و نانومواد و محدوده ابعاد آنها ۱

شکل (۱-۲): ۱- تصویر SEM نانوذرات طلا ،۲- نانوکریستال های طلای محلول و۳- پایدار شدن نانوذرات طلا توسط تیول ۳

شکل (۱-۳): طیف جذبی و فوتولومینسانس نقاط کوانتومی کادمیم سلنید (CdSe) ۵

شکل (۱-۴): مکانیسم تشکیل ذرات فلزی یا اکسید فلزی توسط روش میکروامولسیون ۱۴

شکل (۱-۵): استفاده از اسکلت مزوساختار برای سنتز نانواکسید فلز. A) هضم میکروویو B) نفوذ ماده اولیه معدنی C) کلسیناسیون D) تیزابکاری توسط HF یا NaOH. تصویر بزرگ شده، فراوانی گروههای سیلانول روی سطح حفرهها را نشان میدهد. ۱۶

شکل (۱-۶): کاهش انرژی آزاد گیبس محلول فوق اشباع با تشکیل فاز جامد و باقی ماندن غلظت تعادلی در محلول ۲۰

شکل(۱-۷): شمای نشان دهنده تغییر انرژی آزاد حجمی، $\Delta\mu_V$، و انرژی آزاد سطح، $\Delta\mu_S$، و انرژی آزاد کلی، ΔG، به عنوان تابعی از شعاع هسته ها ۲۳

شکل (۱-۸): تأثیر درجه حرارت روی اندازه ها و انرژی های آزاد بحرانی سه هسته کروی. فوق اشباع با کاهش درجه حرارت افزایش می‌یابد و همچنین انرژی سطح با دما تغییر میکند. $T_E > T_1 > T_2 > T_3$ که T_E درجه حرارت تعادلی است. ۲۳

شکل (۱-۹): فرایند های هسته زایی و رشد ۲۵

شکل (۱-۱۰): روابط بین هسته‌زایی و سرعت های رشد و غلظت اجزای رشد ۲۶
شکل (۱-۱۱): نمودار توزیع ناخالصی در عرض سطح مشترک جامد- مایع که نشان دهنده تشکیل یک لایه مرزی در فاز مایع است. ۲۸
شکل (۱-۱۲): اختلاف شعاع، به عنوان تابعی از اندازه ذره، برای هر سه مکانیسم رشد ۳۱
شکل (۱-۱۳): اختلاف شعاع، به عنوان تابعی از زمان رشد، برای هر سه مکانیسم رشد ۳۲
شکل (۱-۱۴): تصویر SEM فیلم نازک Cr_2O_3 رسوب داده شده بر روی استیل ضد زنگ توسط سان و همکاران..... ۳۶
شکل (۱-۱۵): تصاویر AFM فیلم های رسوب داده شده با ماده اولیه $Cr(CO)_6$ (a) و کروم (III) هگزافلوئورو استیل استونات (b)..... ۳۶
شکل (۱-۱۶): تصویر TEM نانوذرات Cr_2O_3 سنتز شده توسط ال شیخ و همکاران ۳۷
شکل (۱-۱۷): تصویر TEM نانولوله های سه بعدی Cr_2O_3 تهیه شده توسط هی و همکاران ۳۸
شکل (۱-۱۸): تصویر SEM اکسید کروم (III) حفره دار سنتز شده توسط استین و همکاران ۳۸
شکل (۱-۱۹): تصویر TEM نانوذرات سنتز شده توسط ژو و همکاران ۳۹
شکل (۱-۲۰): تصویر TEM پودر Cr_2O_3 سنتز شده توسط گایبوت و ویدال..... ۴۰
شکل (۱-۲۱): تصویر TEM نانوذرات Cr_2O_3 سنتز شده توسط یان و همکاران ۴۰
شکل (۱-۲۲): تصویر TEM نانوذرات Cr_2O_3 سنتز شده توسط ژو و همکاران..... ۴۱
شکل (۱-۲۳): تصویر SEM نانوذرات Cr_2O_3 سنتز شده توسط وارما و همکاران..... ۴۱
شکل (۱-۲۴): تصویر SEM ذرات اکسید کروم سنتز شده توسط اوه و همکاران ۴۲
شکل (۱-۲۵): آنالیز AFM نانوذرات Cr_2O_3 سنتز شده توسط گولی – استال و همکارن..... ۴۳
شکل (۱-۲۶): تصویر SEM کره های متخلخل اکسید کروم سنتز شده توسط ریچاردز و همکاران ... ۴۳
شکل (۱-۲۷): تصویر SEM نانوذرات Cr_2O_3 سنتز شده توسط پی و ژنگ..... ۴۴

شکل (۱-۲۸): تصویر SEM نانوذرات سنتز شده توسط زو و گروه همکاران ۴۴
شکل (۱-۲۹): تصویر TEM نانوکره های توخالی Cr_2O_3 سنتز شده توسط ژو و همکاران ۴۵
شکل (۱-۳۰): تصویر TEM نانوذرات سنتز شده توسط دو و همکاران ۴۵
شکل (۱-۳۱): تصویر TEM نانوذرات ۶-۲/۵ نانومتری اکسید کروم سنتز شده توسط هیون و همکاران ۴۶
شکل (۱-۳۲): تصویر TEM نانوذرات Cr_2O_3 سنتز شده توسط پنگ و همکاران ۴۷
شکل (۳-۱): طیف IR کمپلکس هگزا اوره کروم (III) تری کلرید ۶۰
شکل (۳-۲): طیف IR نانوذرات سنتز شده با استفاده از کمپلکس کروم – اوره ، قبل از عمل تابکاری در کوره ۶۲
شکل (۳-۳): تصویر SEM نانوذرات نمونه (c) با اندازه ذره ۷۰-۶۰ nm ۶۳
شکل (۳-۴): تصویر SEM نانومیله های نمونه (d) با قطر ۳۰۰ nm ۶۴
شکل (۳-۵): الگوی XRD نمونه (c) قبل از عملیات تابکاری ۶۵
شکل (۳-۶): الگوی XRD نمونه (c) بعد از تابکاری در دمای ۴۰۰°C به مدت یک ساعت ۶۵
شکل (۳-۷): آنالیز حرارتی (TGA) نمونه (c) بعد از تابکاری ۶۶
شکل (۳-۸): تصویر SEM ذرات کروی نمونه (g) با میانگین اندازه ۶۵ nm ۶۷
شکل (۳-۹): تصویر TEM ذرات کروی نمونه (h) با میانگین اندازه ۴۵/۵ nm ۶۸
شکل (۳-۱۰): تصویر SEM ذرات کروی نمونه (i) با میانگین اندازه ذره ۵۱/۵ nm ۶۹
شکل (۳-۱۱): تصویر SEM ذرات زیگزاگی نمونه (j) ۶۹
شکل (۳-۱۲): تصویر SEM ذرات کروی نمونه (k) با میانگین اندازه ۴۶ nm ۷۰
شکل (۳-۱۳): تصویر SEM ذرات نمونه (l) با میانگین اندازه ۴۳ nm ۷۱
شکل (۳-۱۴): تصویر SEM ذرات نمونه (m) با میانگین اندازه ذره ۱۰۷ nm ۷۲

شکل (۳-۱۵): تصویر SEM ذرات نمونه (n) با میانگین اندازه ذره ۱۱۲ nm ۷۳
شکل (۳-۱۶): تصویر SEM ذرات نمونه (o) با میانگین اندازه ذره ۹۵ nm ۷۳
شکل (۳-۱۷): تصویر SEM ذرات نمونه (p) با میانگین اندازه ذره ۲/۵۶ mμ ۷۴
شکل (۳-۱۸): تصویر SEM نانوذرات سنتز شده در جو هوا، نمونه (s) ۷۴
شکل (۳-۱۹): الگوی XRD نمونه (o) بلافاصله بعد از سنتز ۷۵
شکل (۳-۲۰): الگوی XRD نمونه (o) بعد از تابکاری در دی‌اکتیل‌اتر ۷۶
شکل (۳-۲۱): الگوی XRD نمونه (q)، بلافاصله بعد از سنتز ۷۷
شکل (۳-۲۲): الگوی XRD نانوذرات نمونه (q) بعد از تابکاری در کوره در دمای $400^{\circ}C$ به مدت یک ساعت ۷۷

فهرست جداول

عنوان ..... صفحه

جدول ۱-۱: اثرات نانومواد و کاربردهای ناشی از کاهش ابعاد..... ۲

جدول ۱-۲: خلاصه‌ای از روشهای CVD..... ۱۰

جدول ۲-۱: شرایط سنتز نانوذرات پودری کروم (III) اکسید ، نمونه‌های (e) تا (h) ۵۴

جدول ۲-۲: شرایط سنتز نانوذرات پودری نمونه‌های (i) و (j) ۵۵

جدول ۲-۳: شرایط سنتز نانوذرات پودری نمونه‌های(k) و (l)..... ۵۵

جدول ۲-۴: شرایط سنتز نانوذرات با استفاده از روش استخراج از رسوب ۵۷

جدول ۲-۵: شرایط سنتز نانوذرات با استفاده از ماده اولیه $[Cr(acac)_3]$..... ۵۹

جدول ۳-۱: شرایط سنتز، شکل و اندازه نانوذرات کروم (III) اکسید پودری نمونه‌های (e) تا (h) و بررسی تأثیر درجه حرارت بر تشکیل و رشد این نانوذرات..... ۶۷

جدول ۳-۲: شرایط سنتز، شکل و اندازه نانوذرات کروم (III) اکسید پودری نمونه‌های (i) و (j) و بررسی تاثیر نسبت $CrCl_3$/OLA..... ۶۸

جدول ۳-۳: شرایط سنتز، شکل و اندازه نانوذرات کروم (III) اکسید پودری، نمونه‌های (k) و (l) و بررسی تاثیر مقدار ODE بر شکل و اندازه نانوذرات ۷۰

جدول ۳-۴: شرایط سنتز نانوذرات استخراج شده از رسوب، نمونه‌های (m) تا (p) ۷۲

اختصارات:

Scanning Electron Microscope ..... SEM

Transmission Electron Microscope ..... TEM

X-ray Diffraction ..... XRD

Oleylamine..... OLA

Oleic Acid.....OA

acetylacetonate..... acac

1-Octadecene ..... ODE

Chemical Vapor Deposition..... CVD

Metalorganic Chemical Vapor Deposition .....MOCVD

Plasma/assisted Chemical Vapor Deposition ..... PACVD

Photo Chemical Vapor Deposition .....PCVD

Atomic Force Microscopy .....AFM

Cetyltrimethylammonium Bromide .....CTAB

Thermal Gravimetric Analysis..... TGA

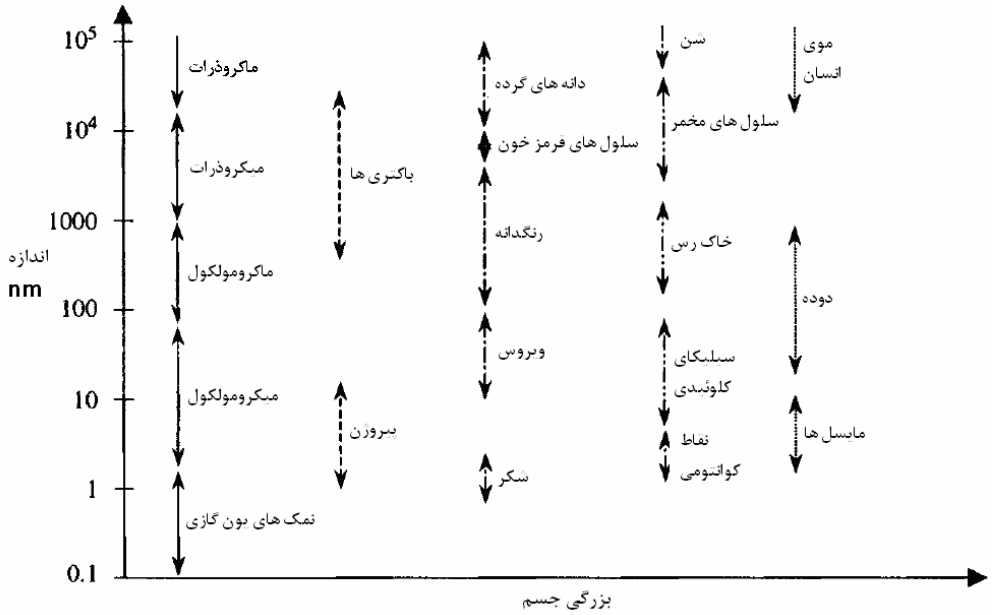
Trioctylphosphine Oxide ..... TOPO

Trioctylphosphine .....TOP

فصل اول

۱-۱- نانوتکنولوژی چیست؟

نانو تکنولوژی، طراحی، تولید و کاربرد نانوساختارها و نانومواد و کشف رابطه بین خصوصیات فیزیکی و ابعاد مواد است. نانوتکنولوژی به مواد و ساختارهایی می‌پردازد که در حد نانومتر هستند، از محدوده‌ای از چند نانومتر تا چند هزار نانومتر. یک نانومتر 10^{-9} میکرومتر یا 10^{-3} متر است. یک نانومتر تقریباً طول معادل با ۱۰ اتم هیدروژن یا ۵ اتم سیلیکون در یک ردیف است. برای داشتن معنا و مفهومی از مقیاس نانو، می‌توان گفت: اندازه مولکول فولرن ۱ نانومتر، نقاط کوانتومی کادمیوم سلنید ۸ نانومتر، دندریمرها[1] ۱۰ نانومتر، قطر مولکول DNA ۲ نانومتر، پروتئین‌ها ۵۰-۵ نانومتر، ویروس‌ها ۱۰۰-۷۵ نانومتر، باکتری‌ها ۱۰۰۰۰-۱۰۰۰ نانومتر و نانوذرات ۱۰۰-۱ نانومتر هستند. در ساده‌ترین حالت، علم نانو، مطالعه اساسی و بنیادی اصول مولکولها و ساختارهایی است، که حداقل یک بُعد از آنها۱۰۰-۱ نانومتر می‌باشد[۱]. شکل (۱-۱) لیست جزئی از نانوساختارهای صفر بُعدی با محدوده ابعادشان را نشان می‌دهد[۲].



شکل۱-۱: نمونه هایی از نانوساختارها و نانومواد و محدوده ابعاد آنها[۲]

[1] Dendrimer

نانومواد به اشکال مختلفی از جمله نانوکره، نانومیله، نانوسیم، نانولوله، نانوروبان، نانومیخ، نانوگل، نانوقاصدک و شکل‌های دیگر وجود دارند و با روش‌های سنتزی مختلف که در همین فصل به برخی از آنها اشاره می‌شود، سنتز می‌شوند. با کوچکتر شدن اندازه ذرات به محدوده نانومتر، کاربردهای زیادی برای آنها پیش بینی می‌شود که به برخی از آنها در جدول ۱-۱ اشاره شده است.

جدول ۱-۱: اثرات نانومواد و کاربردهای ناشی از کاهش ابعاد[۳]

اثرات با کاهش اندازه	کاربردها
نسبت سطح به حجم بالاتر، واکنش پذیری بالاتر	کاتالیزورها، سلول‌های خورشیدی، باتری‌ها، حسگرهای گازی
آستانه نفوذ کمتر	رسانایی و ضریب هدایت مواد
افزایش سختی	پوشش‌های سخت، لایه‌های حفاظتی نازک
فاصله نوار باریک تر	اپتوالکترونیک
مقاومت ویژه بالاتر	الکترونیک، قطعات و اجزای سازنده اثرناپذیر، حسگرها
افزایش مقاومت در برابر سایش	پوشش‌های سخت، ابزار
درجه حرارت ذوب و کلوخه سازی[1] پایین‌تر	مواد با درجه حرارت کلوخه سازی پایین‌تر
سینتیک نقل و انتقال بهبود یافته	باتری‌ها، ذخیره‌سازی هیدروژن
قابلیت اعتماد و اطمینان بیشتر	اجزای الکترونیکی قرار داده شده در محفظه نانوذرات

۱-۲- تأثیر اندازه بر روی خصوصیات مواد

نانوذرات، از نظر اندازه، بین مواد توده و ساختارهای اتمی و مولکولی می‌باشند، به عبارتی آنها در حوزه‌ای مابین اثرات کوانتومی اتم‌ها، مولکول‌ها و خواص مواد توده‌ای قرار می‌گیرند. بیشتر خصوصیات فیزیکی نانوکریستال‌ها به اندازه و شکل، بستگی دارد[۴]. دو اثر اصلی، مسئول اختلافات وابسته به اندازه، در خصوصیات نانوکریستال ها هستند:

[1] sintering