دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در شیمی معدنی

عنوان:

تهیه، شناسایی و مطالعه نانوکریستالهای اورتوفریت عناصر لانتانیدی

استاد راهنما:

دکتر مژگان خراسانی مطلق

استاد مشاور:

دکتر هاشم شهروس وند

تحقیق و نگارش:

اکرم آهنین جان

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

آبان ۱۳۸۹

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان تهیه، شناسایی و مطالعه نانوکریستالهای اورتوفریت عناصر لانتانیـدی قـسمتی از برنامـه آموزشی دوره کارشناسی ارشد شیمی معدنی توسط دانشجو اکرم آهنین جان تحت راهنمایی استاد پایان نامـه دکتر مژگان خراسانی مطلق تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشـی بـا ذکـر مرجـع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

اکرم آهنین جان و امضاء

این پایان نامه ..... واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسـی و درجـه ..... به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی **امضاء** **تاریخ**

استاد راهنما:

استاد راهنما:

استاد مشاور:

داور ۱:

داور ۲:

نماینده تحصیلات تکمیلی:

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب اکرم آهنین جان تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: اکرم آهنین جان

امضاء

تقدیم به:

پدر و مادر مهربانم

به پاس خوبی هایشان.

کاش در شکوه بی نهایت تان با تمام وجود امتداد صدها تکرار بودم.

روزی ما دوباره کبوترهایمان را پیدا خواهیم کرد

و مهربانی دست زیبایی را خواهد گرفت

روزی که کمترین سرود

بوسه است

و هر انسان برای هر انسان

برادری است.

روزی که دیگر درهای خانه هایشان را نمی بندند

قفل افسانه یی ست

و قلب

برای زندگی بس است.

تقدیم به ستاره شبهای تنهایی ام آقای محمد رجبی

به پاس تلاش ها و زحمات بی دریغش...

«اگر عشق نیست

هرگز هیچ آدمیزاده را

تاب سفری این چنین نیست!»

سپاسگزاری

شکر ذات مقدس پروردگار را سزاست که شاکرترین بندگانش از حق شکر او عاجز و عابدترین آن‌ها در عبادتش قاصر، شکر را تعلیم داد و بر آن سپاس عظیم مقرر فرمود.اقیانوس رحمتش را ساحلی و نعمت‌هایش را شماره‌ای نباشد.

در آغاز کلام بایسته می‌دانم از سرکار خانم دکتر مژگان خراسانی مطلق استاد راهنمای بزرگوار و ارجمندم که با راهنمایی‌های دلسوزانه و مهربانانه‌شان همانند چراغی فروزان روشنگر راهم بودند برای عمری سپاسگزار باشم. از خداوند تبارک و تعالی مسئلت دارم که همواره وجود شریفشان منشأ اثر خیر و برکت باشد.

صمیمانه‌ترین سپاس‌ها را به محضر استاد مشاور بزرگوارم آقای دکتر هاشم شهروس‌وند تقدیم می‌دارم.

با امتنان بیکران از مساعدت‌های بی‌شائبه‌ی جناب آقای دکتر میثم نوروزی فر که داوری این پایان نامه را بر عهده گرفتند.

همچنین قدردانی می‌کنم از آقای دکتر حسن منصوری ترشیزی که این پایان نامه را داوری نمودند. از آقای دکتر علیرضا مدرسی عالم، نماینده محترم تحصیلات تکمیلی نیز سپاسگزارم.

از دانشجویان دکترای آزمایشگاه، خانم‌ها صفاری، اکرامی، نیرومند، خالقیان و مودی که مرا صمیمانه و مشفقانه یاری داده‌اند تشکر می‌کنم.

بر خود لازم می‌دانم از برادران و خواهران عزیزم رضا، رسول، اعظم و فاطمه که همواره یار و یاورم بوده‌اند تقدیر و تشکر کنم. از دوست مهربان و دلسوزم خانم شهره جهانی که همراه اینجانب در این دوره بودند و نیز از آقای محمد شهرکی صمیمانه تشکر کرده و امیدوارم در تمام مراحل زندگی موفق باشند.

همچنین از دوستان عزیزم در آزمایشگاه خانم‌ها زهرایاوری و فهیمه زارعیان و آقایان مهدی رونده، رحیم والی و مجتبی بمانادی متشکرم. با سپاس بی دریغ خدمت دوستان گران مایه‌ام آقای مهدی گل محمدی و خانم‌ها خدیجه حسنی، محدثه میری، فاطمه سراج‌الدین و الهام انجم شعاع که انیس روزگار غربتم بودند.

چکیده:

نانوکریستال‌های پرووسکیتی $LaFeO_3$ با ساختار ارتورومبیک، با استفاده از سه روش ساده و مؤثر شیمی تَر؛ هم‌رسوبی، هم‌رسوبی همراه با ماکروویو و هم‌رسوبی همراه با اولتراسونیک در حضور دو سورفاکتانت مختلف، تهیه شدند. شرایط واکنش از قبیل نوع سورفاکتانت، pH محلول و دمای کلسیناسیون بهینه شد. مورفولوژی، پارامترهای شبکه و اندازه‌ی ذرات در این مواد، توسط تکنیک‌های طیف‌بینی تبدیل فوریه (FT-IR)، پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، طیف‌سنجی تفکیک انرژی (EDX) مورد مطالعه و شناسایی قرار گرفتند. خواص مغناطیسی محصولات توسط مغناطیس‌سنج ارتعاشی نمونه (VSM) در دمای اتاق اندازه‌گیری شد. نانوکریستال‌های اورتوفریت رفتار مغناطیسی ضعیفی را نشان می‌دهند. پرووسکیت‌های سنتز شده با استفاده از سه روش، دارای فاز کریستالی نسبتاً خالصی از $LaFeO_3$ بودند، اما شکل و اندازه ذرات متفاوت است. نانوذرات بدست آمده از روش هم‌رسوبی به شکل نانومیله و نانوذرات تهیه شده از سایر روش‌ها بصورت کروی هستند. همچنین نتایج نشان می‌دهند که با تابش‌دهی امواج ماکروویو و ماوراء صوت می‌توان زمان تولید نانوذرات را بطور قابل ملاحظه‌ای کوتاه کرد.

کلمات کلیدی: اورتوفریت لانتانیم- هم‌رسوبی- هم‌رسوبی همراه با ماکروویو- هم‌رسوبی همراه با ماوراء صوت- نانوکریستال‌های اورتوفریت- سورفاکتانت

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه **۱**
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۱-۱- نانو ۲
۱-۱-۲- نانوتکنولوژی ۲
۱-۱-۳- شیمی و فناوری نانو ۳
۱-۲- نانوذرات ۴
۱-۳- روش‌های تولید نانوذرات ۴
۱-۳-۱- روش‌های مکانیکی ۵
۱-۳-۲- روش‌های فیزیکی ۶
۱-۳-۳- روش‌های شیمیایی ۷
۱-۴- روش هم‌رسوبی ۸
۱-۵- سونوشیمی ۹
۱-۶- روش ماکروویو ۱۲
۱-۷- اکسیدهای مختلط ۱۴
۱-۷-۱- پروسکیت ۱۴
۱-۷-۲- ایلمینت ۱۸
۱-۷-۳- اسپینل ۱۹
۱-۷-۳-۱- اسپینل نرمال ۲۰
۱-۷-۳-۲- اسپینل معکوس ۲۱
۱-۸- اورتوفریت لانتانیم $LaFeO_3$ ۲۱
۱-۹- هدف ۲۴
فصل دوم: بخش تجربی **۲۵**
۲-۱- مواد شیمیایی و دستگاهها ۲۶
۲-۱-۱- مواد شیمیایی ۲۶
۲-۱-۲- دستگاهها ۲۶
۲-۲- روش‌های تهیه نانواورتوفریت لانتانیم ۲۷
۲-۲-۱- تهیه نانواورتوفریت لانتانیم $LaFeO_3$ (I) ۲۷
۲-۲-۲- تهیه نانواورتوفریت لانتانیم $LaFeO_3$ (II) ۲۸

۲-۲-۳- تهیه نانواورتوفریت لانتانیم $LaFeO_3$ (III) ۲۹
۲-۲-۴- تهیه نانواورتوفریت لانتانیم $LaFeO_3$ (IV) ۳۰
۲-۲-۵- تهیه نانواورتوفریت لانتانیم $LaFeO_3$ (V) ۳۱
۲-۲-۶- تهیه نانواورتوفریت لانتانیم $LaFeO_3$ (VI) ۳۱
فصل سوم: شناسایی نانواورتوفریت‌های لانتانیم (I-VI)..... ۳۳
۳-۱- مطالعه طیف‌بینی زیرقرمز تبدیل فوریه (FT-IR)..... ۳۵
۳-۱-۱- بررسی طیف FT-IR نانواورتوفریت لانتانیم I ۳۶
۳-۱-۲- بررسی طیف FT-IR نانواورتوفریت لانتانیم II ۴۰
۳-۱-۳- بررسی طیف FT-IR نانواورتوفریت لانتانیم III ۴۳
۳-۱-۴- بررسی طیف FT-IR نانواورتوفریت لانتانیم IV ۴۶
۳-۱-۵- بررسی طیف FT-IR نانواورتوفریت لانتانیم V ۵۰
۳-۱-۶- بررسی طیف FT-IR نانواورتوفریت لانتانیم VI ۵۳
۳-۲- مطالعه طیف XRD نانواورتوفریت‌های لانتانیم ۵۵
۳-۲-۱- بررسی طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم I ۵۹
۳-۲-۲- بررسی طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم II ۶۱
۳-۲-۳- بررسی طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم III ۶۳
۳-۲-۴- بررسی طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم IV ۶۵
۳-۲-۵- بررسی طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم V ۶۷
۳-۲-۶- بررسی طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم VI ۶۹
۳-۳- بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترون روبشی (SEM) نانواورتوفریت‌های لانتانیم ۷۱
۳-۳-۱- بررسی تصویر SEM نانواورتوفریت لانتانیم I ۷۲
۳-۳-۲- بررسی تصویر SEM نانواورتوفریت لانتانیم II ۷۳
۳-۳-۳- بررسی تصویر SEM نانواورتوفریت لانتانیم III ۷۴
۳-۳-۴- بررسی تصویر SEM نانواورتوفریت لانتانیم IV ۷۵
۳-۳-۵- بررسی تصویر SEM نانواورتوفریت لانتانیم V ۷۶
۳-۳-۶- بررسی تصویر SEM نانواورتوفریت لانتانیم VI ۷۷
۳-۴- بررسی نتایج طیف‌سنجی تفکیک انرژی (EDS) ۷۸
۳-۴-۱- نتایج EDX نانواورتوفریت‌های لانتانیم ۸۰
۳-۵- مطالعه خواص مغناطیسی (VSM) ۸۶
۳-۵-۱- نتایج VSM نانواورتوفریت‌های لانتانیم (I-VI) ۸۸
فصل چهارم: بحث و نتیجه‌گیری ۸۹
۴-۱- مقدمه ۹۰
۴-۲- تأثیر pH در تهیه نانواورتوفریت لانتانیم ۹۱
۴-۳- تأثیر دمای کلسیناسیون..... ۹۲
۴-۴- مقایسه روش‌های مختلف تهیه نانواورتوفریت لانتانیم ۹۴
۴-۵- مقایسه اندازه ذرات در روش‌های مختلف تهیه اورتوفریت لانتانیم ۹۶
۴-۶- مقایسه نتایج SEM ۹۷

۴-۷- مقایسه نتایج VSM ۹۷
مراجع **۹۸**

فهرست جدول ها

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۳-۱. مقایسه FT-IR نانواورتوفریت‌های لانتانیم (I-VI) ۵۴

جدول ۳-۲. اندازه ذرات نانواورتوفریت لانتانیم I ۵۹

جدول ۳-۳. اندازه ذرات نانواورتوفریت لانتانیم II ۶۱

جدول ۳-۴. اندازه ذرات نانواورتوفریت لانتانیم III ۶۳

جدول ۳-۵. اندازه ذرات نانواورتوفریت لانتانیم IV ۶۵

جدول ۳-۶. اندازه ذرات نانواورتوفریت لانتانیم V ۶۷

جدول ۳-۷. اندازه ذرات نانواورتوفریت لانتانیم VI ۶۹

جدول ۴-۱. اندازه ذرات نانواورتوفریت‌های $LaFeO_3$ کلسینه شده در دماهای مختلف ۹۳

جدول ۴-۲. مقایسه اندازه ذرات نانواورتوفریت‌های لانتانیم (I-VI) ۹۶

جدول ۴-۳. مقایسه پارامترهای شبکه و میانگین اندازه ذرات نانواورتوفریت‌های لانتانیم ۹۷

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۱-۱. ساختار پروسکیت مکعبی $BaTiO_3$ ۱۵

شکل ۱-۲. ساختار پروسکیت $LaAlO_3$ ۱۵

شکل ۱-۳. ساختار سلول واحد تقارن‌های انحرافی از ساختار ایده‌ال پروسکیت ۱۷

شکل ۱-۴. ساختار تیتانات آهن که در سیستم ایلمنیت متبلور می‌شود ۱۸

شکل ۱-۵. ساختار کلی اسپینل AB_2O_4 ۱۹

شکل ۱-۶. ساختار $MgAl_2O_3$ که در سیستم اسپینل نرمال متبلور می‌شود ۲۰

شکل ۱-۷. ساختار اسپینل معکوس $CoFe_2O_4$ ۲۱

شکل ۱-۸. ساختار اورتوفریت لانتانیم $LaFeO_3$ با تقارن اورتورومبیک ۲۴

شماتیک ۲-۱. تهیه نانواورتوفریت‌های لانتانیم I و II و III ۲۹

شماتیک ۲-۲. تهیه نانواورتوفریت‌های لانتانیم IV ۳۰

شماتیک ۲-۳. تهیه نانواورتوفریت‌های لانتانیم V و VI ۳۲

شکل ۳-۱. طیف FT-IR اکتانوئیک اسید ۳۷

شکل ۳-۲. طیف FT-IR پیش ماده (نمونه قبل از کوره) نانواورتوفریت لانتانیم I ۳۸

شکل ۳-۳. طیف FT-IR نانواورتوفریت لانتانیم I (نمونه بعد از کوره) ۳۸

شکل ۳-۴. طیف‌های a FT-IR) اکتانوئیک اسید، b) پیش ماده، c) نانواورتوفریت لانتانیم I ۳۹

شکل ۳-۵. طیف FT-IR پیش ماده (نمونه قبل از کوره) نانواورتوفریت لانتانیم II ۴۱

شکل ۳-۶. طیف FT-IR نانواورتوفریت لانتانیم II (نمونه بعد از کوره) ۴۱

شکل ۳-۷. طیف‌های a FT-IR) اکتانوئیک اسید، b) پیش ماده، c) نانواورتوفریت لانتانیم II ۴۲

شکل ۳-۸. طیف FT-IR پیش ماده (نمونه قبل از کوره) نانواورتوفریت لانتانیم III ۴۴

شکل ۳-۹. طیف FT-IR نانواورتوفریت لانتانیم III (نمونه بعد از کوره) ۴۴
شکل ۳-۱۰. طیف‌های a FT-IR) اکتانوئیک اسید، b) پیش ماده، c) نانواورتوفریت لانتانیم III ۴۵
شکل ۳-۱۱. طیف FT-IR اولئیک اسید ۴۷
شکل ۳-۱۲. طیف FT-IR پیش ماده (نمونه قبل از کوره) نانواورتوفریت لانتانیم IV ۴۸
شکل ۳-۱۳. طیف FT-IR نانواورتوفریت لانتانیم IV (نمونه بعد از کوره) ۴۸
شکل ۳-۱۴. طیف‌های a FT-IR) اولئیک اسید، b) پیش ماده، c) نانواورتوفریت لانتانیم IV ۴۹
شکل ۳-۱۵. طیف FT-IR پیش ماده (نمونه قبل از کوره) نانواورتوفریت لانتانیم V ۵۱
شکل ۳-۱۶. طیف FT-IR نانواورتوفریت لانتانیم V (نمونه بعد از کوره) ۵۱
شکل ۳-۱۷. طیف‌های a FT-IR) اولئیک اسید، b) پیش ماده، c) نانواورتوفریت لانتانیم V ۵۲
شکل ۳-۱۸. طیف FT-IR نانواورتوفریت لانتانیم VI (نمونه بعد از کوره) ۵۳
شکل ۳-۱۹. یک الگوی پراش پودری نمونه ۵۶
شکل ۳-۲۰. یک الگوی طیف XRD ۵۷
شکل ۳-۲۱. طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم I ۶۰
شکل ۳-۲۲. طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم II ۶۲
شکل ۳-۲۳. طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم III ۶۴
شکل ۳-۲۴. طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم IV ۶۶
شکل ۳-۲۵. طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم V ۶۸
شکل ۳-۲۶. طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم VI ۷۰
شکل ۳-۲۷. تصویر SEM نانواورتوفریت لانتانیم I ۷۲
شکل ۳-۲۸. طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم II ۷۳
شکل ۳-۲۹. طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم III ۷۴
شکل ۳-۳۰. طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم IV ۷۵
شکل ۳-۳۱. طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم V ۷۶
شکل ۳-۳۲. طیف XRD نانواورتوفریت لانتانیم VI ۷۷
شکل ۳-۳۳. تصویر EDX نانواورتوفریت لانتانیم I ۸۰

شکل ۳-۳۴. تصویر EDX نانواورتوفریت لانتانیم II ۸۱
شکل ۳-۳۵. تصویر EDX نانواورتوفریت لانتانیم III ۸۲
شکل ۳-۳۶. تصویر EDX نانواورتوفریت لانتانیم IV ۸۳
شکل ۳-۳۷. تصویر EDX نانواورتوفریت لانتانیم V ۸۴
شکل ۳-۳۸. تصویر EDX نانواورتوفریت لانتانیم VI ۸۵
شکل ۳-۳۹. نمودار تصویری حلقه‌ی هیستریزیس یک ماده مغناطیسی ۸۷
شکل ۳-۴۰. نمودار هیستریزیس نانواورتوفریت لانتانیم I ۸۸
شکل ۳-۴۱. نمودار هیستریزیس نانواورتوفریت لانتانیم IV ۸۸
شکل ۴-۱. طیف‌های XRD نانواورتوفریت‌های لانتانیم در مقادیر مختلف pH ۹۱
شکل ۴-۲. طیف‌های XRD نانواورتوفریت‌های لانتانیم تهیه شده در دماهای مختلف کلسیناسیون ۹۲
شکل ۴-۳. طیف‌های XRD نانواورتوفریت‌های لانتانیم سنتز شده با اکتانوئیک اسید با روش a) هم‌رسوبی، b) اولتراسونیک، c) ماکروویو ۹۴
شکل ۴-۴. طیف‌های XRD نانواورتوفریت‌های لانتانیم سنتز شده با اولئیک اسید با روش a) هم‌رسوبی، b) اولتراسونیک، c) ماکروویو ۹۵

فهرست علائم

علامت	نشانه
EDX	طیف‌سنجی تفکیک انرژی
FT-IR	طیف‌بینی زیر قرمز تبدیل فوریه
H_c	نیروی پسماندزدایی
h k l	اندیس میلر
L (m)	متر
L (nm)	نانومتر
m (g)	گرم
m (kg)	کیلوگرم
M (mol/lit)	مولار
M_r	پسماند مغناطیسی
M_s	اشباع مغناطیسی
MWH	گرمایش ماکروویو
P (W)	توان
T ($^{\circ}$C)	درجه سانتی‌گراد
RHEED	پراش الکترونی پر انرژی انعکاسی
SEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی
SPM	میکروسکوپ روبشی
TEM	میکروسکوپ الکترونی عبوری
t (h)	ساعت

T (K)	کلوین
t (min)	دقیقه
V (ml)	میلی‌لیتر
v (rpm)	دور بر دقیقه
VSM	مغناطیس‌سنج ارتعاشی نمونه
XPS	طیف‌سنجی فتوالکترونی پرتو ایکس
XRD	پراش پرتو ایکس
λ (Å)	طول موج

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه [۳-۱]:

فناوری نانو حدود نیم قرن پیش، در دهه‌های آخر قرن بیستم همراه با توسعه فناوری‌های نوین تصویربرداری، دستکاری و شبیه‌سازی ماده در مقیاس اتمی پدید آمده است. نانو در گذشته، فیزیک اتمی نامیده می‌شد و پس از کاربردی شدن، نانو نام گرفت، نانو یک علم جدید نیست اما کاربردی شدن آن زندگی انسان را دگرگون ساخته است. نانو تکنولوژی برای اولین بار توسط اریک دریگسلیر[۱] به دنیا عرضه شد، او در آزمایشگاه مشهور MIT[2] متعلق به انستیتو فورسایت[۳]، مطالعات خود را با سیستم‌های بیولوژیکی آغاز کرد و سپس متوجه شد که می‌توان دستگاه‌های مولکولی را تولید کرد. بدین ترتیب نانوتکنولوژی به نام او ثبت شد.

۱-۱-۱- نانو:

نانو از واژه یونانی به معنی بسیار ریز وکوچک گرفته شده است. اما در زبان علمی معادل یک میلیاردم متر یا تقریباً معادل اندازه ده اتم هیدروژن است که در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. نانوفناوری توسط ریچارد فینمن[۴] استاد فیزیک نظری در انستیتو کالیفرنیا[۵] بنا نهاده شد.

۱-۱-۲- نانوتکنولوژی [۳]:

نانوتکنولوژی عبارت است از فناوری ساخت و تولید پیش‌بینی شده که امکان کنترل ظریف، دقیق و ارزان ساختار ماده را از طریق تغییر، جابجایی و بازی کردن با اتم‌های تشکیل دهنده آن، فراهم می‌سازد. نانومواد هنگامی که متراکم و فشرده نشده باشند، نانوپودر نامیده می‌شوند که اندازه دانه‌های آن‌ها حداقل در یک بعد در محدوده ۱-۱۰۰nm می‌باشند.

---

[1] Eric Drexler
[2] Massachusettes Institue of technology
[3] Foresight
[4] Richard Fenman
[5] Caltech

هر ذره‌ای که ابعادش در سه بعد، کوچکتر از ۲۰ نانومتر باشد، نانوذره صفر بعدی نامیده می‌شود. اگر ابعاد ذره‌ای در یک، دو یا سه بعد بیشتر از ۲۰ نانومتر و کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد به ترتیب نانوذره یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی نامیده می‌شود.

یک ماده نانوساختار[1] یا واضح‌تر یک بدنه نانوساختار، جامدی است که در آن انتظام اتمی، اندازه کریستال‌های تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی در سراسر بدنه در مقیاس چند نانومتری گسترده شده باشد. خواص فیزیکی و شیمیایی نانومواد (ذرات، الیاف، گلوله و ...) در مقایسه با مواد میکروسکوپی نه تنها از نظر کوچکی اندازه بلکه از نظر خواص جدید آن‌ها در مقیاس نانو تفاوت اساسی دارند.

۱-۱-۳- شیمی و فناوری نانو [۴]:

در دهه اخیر، پیشرفت در علوم فناوری نانو همراه با روش‌های جدید برای ساخت، مطالعه و اصلاح نانوذرات و نانوساختارها بوده است. گسترش و پیشرفت در این زمینه ناشی از پیشرفت در نانوشیمی است. نانوشیمی از دو دیدگاه دارای اهمیت است: ۱- علم نانوشیمی خواص شیمیایی مختص هر عنصر را در سیستم‌های نانومتری بررسی می‌کند و مسائل بنیادی جدیدی را در این علم پایه ریزی می‌کند. ۲- علم نانوشیمی می‌تواند به ساخت، اصلاح، پایداری نانوذرات منفرد و همچنین به تهیه نانوساختارهای خودآرا کمک کند. به هر حال، تغییر خواص ساختارهای تهیه شده با تغییر اندازه و شکل نانوذرات به طور دلخواه امکان‌پذیر است.

نانوشیمی، ساخت و خواص شیمیایی ذرات با اندازه کوچکتر از ۱۰۰nm را مطالعه می‌کند. در نانوشیمی، برهم‌کنش هر ذره با محیط، ویژه و مخصوص است. هنگام مطالعه‌ی خواص انفرادی چنین ذراتی باید بر روی تغییرات کیفی خواص ذرات به صورت تابعی از اندازه توجه شود.

از آنجایی که نانوفناوری، توانمندی تولید مواد، ابزار و سیستم‌های جدید همراه با کنترل در سطوح مولکولی، اتمی و استفاده از خواص آن سطوح است، کاربردهای این فناوری، در حوزه‌های مختلف اعم از غذا، دارو، تشخیص پزشکی، فناوری زیستی، الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، امنیت ملی و غیره می‌باشد. دانشمندان امیدوارند با گسترش نانوفناوری، علاوه بر ارتقای کیفیت در محصولات سنتی، به مواد و محصولات با خواص جدید و چند منظوره دست یابند.

---

[1] Nanostructure

۱-۲- نانوذرات [۵]:

مواد نانو، موادی هستند که حداقل در یک بعد دارای ابعادی در حد چند نانومتر باشند. این مواد به دو دسته کلی تقسیم می شوند: نانوذرات و مواد نانوساختار (یا مواد نانوکریستال). طبق تعریف جوامع علمی، یک نانوذره به ذره‌ای گفته می‌شود که ابعادی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر داشته باشد. نانوذرات از طیف وسیعی از مواد ساخته می‌شوند. متداول‌ترین و پرکاربردترین آن‌ها، نانوذرات سرامیکی هستند. با توجه به تعریف نانوذرات ممکن است این ذهنیت به وجود آید که این ذرات با چنین ابعادی در هوا معلق خواهند ماند. اما در واقع چنین نیست و نیروهای الکترواستاتیکی بین این ذرات، آن‌ها را در کنار هم قرار می‌دهد.

با توجه به تعریف نانوذرات، این سؤال مهم در تولید مواد نانو مطرح می‌شود که تغییر اندازه ذرات چه تأثیری بر آرایش هندسی و پایداری اتم‌ها دارد؟

اولین اثر کاهش اندازه ذرات، افزایش سطح است. افزایش نسبت سطح به حجم نانوذرات سبب تأثیر بیشتر اتم‌های واقع در سطح ماده نسبت به اتم‌های توده آن بر خواص فیزیکی ذرات می‌گردد. این ویژگی، واکنش پذیری نانوذرات را به شدت افزایش می‌دهد، به گونه‌ای که این ذرات به شدت تمایل به تجمع یا کلوخه‌ای شدن دارند. البته این خاصیت مزایایی هم دربردارد. با استفاده از این خاصیت می‌توان کارایی کاتالیزورهای شیمیایی را به نحو مؤثری بهبود بخشید و یا در تولید کامپوزیت‌ها با استفاده از این ذرات، پیوندهای شیمیایی مستحکم‌تری بین ماده زمینه و ذرات برقرار شده و استحکام کامپوزیت افزایش می‌یابد.

همچنین، افزایش سطح ذرات، فشار سطحی را تغییر داده و منجر به تغییر فاصله بین ذرات یا فاصله بین اتم‌های آن‌ها می‌شود. تغییر در فاصله بین اتم‌های ذرات و نسبت سطح به حجم زیاد در نانوذرات، تأثیر متقابلی در خواص ماده دارد. تغییر در انرژی آزاد سطح، پتانسیل شیمیایی را تغییر می‌دهد. این امر در خواص ترمودینامیکی ماده تأثیر می‌گذارد.

۱-۳- روش‌های تولید نانوذرات [۶]:

از آنجایی که اندازه، توزیع، مورفولوژی، خلوص و درجه کریستالی بودن نانوذرات به روش تولید آن‌ها بسیار وابسته است، بنابراین روش فرآوری این مواد از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. در چند دهه گذشته، روش‌های مختلفی برای تولید این ذرات ابداع شده و توسعه یافتند.

به طور کلی ذرات نانوساختار و پوشش‌هایی با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر توسط روش‌های گوناگونی قابل تولید هستند.

می‌توان روش‌های تهیه نانومواد را به سه دسته تقسیم کرد، هر چند دسته‌بندی روش‌های ساخت نانومواد مانند انواع آن‌ها بسیار متنوع است.

۱ – روش‌های مکانیکی

۲ – روش‌های فیزیکی

۳ – روش‌های شیمیایی (حالت مایع و با کمک روش‌های شیمیایی تَر)

۱-۳-۱- روش‌های مکانیکی:

استفاده از آسیاب‌های گلوله‌ای برای خرد کردن و کاهش اندازه ذرات، سال‌هاست که به طور صنعتی به کار گرفته می‌شود. این فرایند که به آلیاژسازی مکانیکی موسوم است، با مخلوط کردن پودرهای اولیه با نسبت مناسب و وارد کردن آن‌ها به داخل آسیاب حاوی گلوله‌های مقاوم به سایش (فولاد سخت یا سرامیک) آغاز می‌شود. در فرایند آسیاب، ذرات پودر به طور پیوسته مسطح، شکسته و دوباره جوش می‌خورند. بر حسب نوع ماده اولیه و شرایط آسیاب، پس از گذشت زمانی نسبتاً طولانی، بین مکانیزم‌های جوش خوردن و شکستن تعادل برقرار می‌شود که در این حالت، اندازه ذرات به یک حد پایدار می‌رسد، یعنی امکان کاهش بیشتر اندازه ذرات وجود ندارد و فرایند به حالت اشباع می‌رسد.

عوامل مؤثر بر فرآیند:

۱-نوع مواد اولیه

۲-افزودن مواد رقیق کننده

۳-زمان آسیاب

۴-سرعت چرخش آسیاب

۵-اندازه گلوله‌های آسیاب

۶-شرایط عملیات حرارتی