وزارت علوم تحقیقات و فناوری

دانشگاه دامغان

دانشکده شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی (گرایش معدنی)

تهیه و شناسایی نانو ذرات NiO طی تجزیه حرارتی کمپلکس‌های کربونیل بیس (N، N´- ارتو وانیلین ایمیناتو) نیکل (II) و بیس سالیسیل آلدهید نیکل (II)

تهیه و شناسایی نانو ذرات Fe_3O_4 طی تجزیه حرارتی سیترات آهن (III)

توسط:

عادل ساقی

استاد راهنما:

دکتر عظیم ملک زاده

شهریور ماه ۱۳۹۲

وزارت علوم تحقیقات و فناوری

دانشگاه دامغان

دانشکده شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی (گرایش معدنی)

تهیه و شناسایی نانو ذرات NiO طی تجزیه حرارتی کمپلکس‌های کربونیل بیس (N، $N^{\prime}$- ارتو وانیلین ایمیناتو) نیکل (II) و بیس سالیسیل آلدهید نیکل (II)
تهیه و شناسایی نانو ذرات Fe_3O_4 طی تجزیه حرارتی سیترات آهن (III)

توسط:

عادل ساقی

استاد راهنما:

دکتر عظیم ملک زاده

شهریور ماه ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت علوم تحقیقات و فناوری

دانشگاه دامغان

دانشکده شیمی

پایان‌نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی
از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته‌ی:

شیمی (گرایش معدنی)

تهیه و شناسایی نانو ذرات NiO طی تجزیه حرارتی کمپلکس‌های کربونیل بیس (N، N´- ارتو وانیلین ایمیناتو) نیکل (II) و بیس سالیسیل آلدهید نیکل (II)
تهیه و شناسایی نانو ذرات Fe_3O_4 طی تجزیه حرارتی سیترات آهن (III)

توسط:

عادل ساقی

استاد راهنما:

دکتر عظیم ملک زاده

شهریور ماه ۱۳۹۲

به نام خدا

تهیه و شناسایی نانو ذرات NiO طی تجزیه حرارتی کمپلکس‌های کربونیل بیس (N، N- ارتو وانیلین ایمیناتو) نیکل (II) و بیس سالیسیل آلدهید نیکل (II)
تهیه و شناسایی نانو ذرات Fe_3O_4 طی تجزیه حرارتی سیترات آهن (III)

توسط:

عادل ساقی

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی

از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته:

شیمی (گرایش معدنی)

از دانشگاه دامغان

ارزیابی و تایید شده توسط کمیته پایان نامه با درجه : عالی

دکتر عظیم منکزاده، استادیار شیمی معدنی، دانشکده شیمی، دانشگاه دامغان (استاد راهنما)

دکتر سید جواد معافی، استادیار شیمی معدنی، دانشکده شیمی، دانشگاه دامغان (استاد داور)

دکتر ربیه عمیزاده، استادیار شیمی معدنی، دانشکده شیمی، دانشگاه دامغان (استاد داور)

دکتر احمد سلیمان‌پور، استادیار شیمی تجزیه، دانشکده شیمی، دانشگاه دامغان (نماینده تحصیلات تکمیلی)

شهریور ۱۳۹۲

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

آنان که به من چگونه زیستن را آموختند،

و دعای خیرشان بدرقه ی راهم بود،

و در راه کسب علم و معرفت برای من آنچه در توان داشتند

انجام دادند.

و تقدیم به دو برادر عزیزم

که وجودشان شادی بخش

و صفایشان مایه آرامش من است.

سپاسگزاری:

ستایش برای خداست؛ آن نخستین بی آغاز و آن واپسین بی انجام.

او که دیده ی بینندگان از دیدنش فرو ماند، و اندیشه ی وصف کنندگان ستودنش نتواند.

آفریدگان را به قدرت خود آفرید، و به خواست خویش بر آنان جامه ی هستی پوشید.

امام سجاد (ع)

به مصداق «من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق» بسی شایسته است از استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر ملک زاده که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی های کارساز و سازنده بارور ساختند؛ تقدیر و تشکر نمایم.

و از دوستان دوره کارشناسی آقایان احمد زمانی، محمود اشرافیان و حمید امیدوار و دوستان دوره کارشناسی ارشد آقایان حسین خشاتن، محمد سلیمانی، حاصل بامراد و جواد واعظی که همیشه همراه و پشتیبان من بودند تقدیر و تشکر می نمایم و با تشکر خالصانه خدمت همه کسانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده اند.

چکیده:

تهیه و شناسایی نانو ذرات NiO طی تجزیه حرارتی کمپلکس‌های کربونیل بیس (N, N´- ارتووانیلین ایمیناتو) نیکل (II) و بیس سالیسیل آلدهید نیکل (II)
تهیه و شناسایی نانو ذرات Fe_3O_4 طی تجزیه حرارتی سیترات آهن (III)

توسط:

عادل ساقی

نانو ذرات اکسید نیکل، NiO، به روش تجزیه حرارتی پیش‌ماده‌های کمپلکسی بیس سالیسیل آلدهید نیکل (II)، کربونیل بیس (N،N´- ارتو وانیلین ایمیناتو) نیکل (II)، نیکل (II) سالن در حضور امولسیون‌کننده‌ی اسید سیتریک تهیه شد. تأثیر امولسیون‌کننده بر تشکیل فاز و توزیع اندازه ذرات بررسی شد. ابتدا کمپلکس‌های پیش ماده تهیه و توسط طیف‌های FT-IR و جذبی و آنالیز گرمایی، TG-DTA، بررسی شد. سپس در دماهای ۳۶۰ و ۴۳۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۵ ساعت کلسینه شد. محصولات با استفاده از طیف‌بینی FT-IR و XRD مطالعه شد. سیستم بلوری مکعبی برای محصولات مشاهده شد. میانگین اندازه ذرات با روش‌های شرر و ویلیامسون- هال محاسبه و با مقادیر اندازه گیری شده تصاویر TEM مقایسه شد. گاف انرژی نانوذرات تهیه شده با استفاده از طیف جذبی و رابطه تاوک محاسبه شد. نانو ذرات Fe_3O_4 به روش تجزیه حرارتی پیش‌ماده سیترات آهن (III) تهیه شد. پیش ماده تهیه شده توسط طیف‌های FT-IR و جذبی و آنالیز TG-DTA بررسی شد. سپس به مدت ۳ ساعت تحت جوهای متفاوت خنثی، اکسنده و کاهنده در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد تجزیه حرارتی شد. تجزیه حرارتی در جو خنثی، N_2، در دماهای ۱۷۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی نیز مطالعه شد. ذرات سیاه رنگ مگنتیت طی جذب با آهنربا جداسازی شد. محصول با استفاده از طیف‌بینی FT-IR، VSM و XRD مطالعه شد. میانگین اندازه ذرات با روش‌های شرر و ویلیامسون- هال محاسبه و با مقادیر اندازه گیری شده تصاویر TEM مقایسه شد. گاف انرژی نانوذرات مگنتیت تهیه شده با استفاده از طیف جذبی و رابطه تاوک محاسبه شد.

کلمات کلیدی: نانو ذرات اکسید نیکل، روش تجزیه حرارتی، گاف انرژی، طیف‌های FT-IR، جذبی، آنالیز TG-DTA، روش‌های شرر و ویلیامسون-هال، رابطه تاوک.

فهرست مطالب

۱-۱- فناوری نانو ۲

۱-۱-۱- فناوری نانو چیست؟ ۲

۱-۱-۲- تاریخچه فناوری نانو ۲

۱-۱-۳- نانوپودرها ۳

۱-۱-۴- خواص نانوپودرها ۴

۱-۱-۵- محیط میکروسکوپی دنیای نانو در طبیعت ۴

۱-۱-۶- کاربردهای فناوری نانو در صنایع مختلف ۵

۱-۱-۷- بخشی از کاربردهای متنوع نانو ذرات اکسید فلزی ۶

۱-۱-۸- مطالعه روش‌های شیمیایی تهیه نانو اکسیدها ۷

۱-۲- اکسید نیکل (NiO) و اکسید آهن (مگنتیت) (Fe_3O_4) ۸

۱-۲-۱- شیمی اکسید نیکل و اکسید آهن (مگنتیت) ۱۰

۱-۲-۲- کاربردها ۱۱

۱-۲-۳- روش‌های تهیه نانو ذرات اکسید نیکل و اکسید آهن (مگنتیت) ۱۲

۱-۲-۴- مزایای روش تجزیه حرارتی ۱۳

۲-۱- سنتز بیس سالیسیل آلدهید نیکل(II) ($Ni(L1)_2$) ۱۵

۲-۲- تهیه کمپلکس کربونیل بیس (N، N´- ارتو وانیلین ایمیناتو) نیکل(II) در حضور تری اتیل آمین (به روش غیرمستقیم) (NiL2) ۱۶

۲-۳- تهیه لیگاند سالن یا N، N' بیس سالیسلیدن اتیلن ۱و۲- دی آمین (H_2salen) ۱۶

۲-۴- تهیه کمپلکس نیکل(II) سالن (NiL3) ۱۷

۲-۵- تهیه سیترات آهن(III) ۱۷

۲-۶- روش تهیه نانو ذرات ۱۷

۲-۷- دستگاه‌ها ۱۹

۲-۷-۱- طیف‌بینی زیر قرمز تبدیل فوریه ۱۹

۲-۷-۲- مطالعه پراش پرتو X نمونه‌های پودری ۲۰

۲-۷-۳- تجزیه وزن سنجی گرمایی- تفاضلی ۲۰
۲-۷-۴- طیف بینی جذبی فرابنفش و مرئی (UV-Vis) ۲۰
۲-۷-۵- میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) ۲۰
۲-۷-۶- مغناطیس سنج با نمونه ارتعاشی (VSM) ۲۱
۲-۸- تعیین گاف انرژی ۲۱
۳-۱- تهیه و شناسایی کمپلکس سالیسیل آلدهید نیکل(II) ($Ni(L1)_2$) ۲۳
۳-۱-۱- تهیه کمپلکس ($Ni(L1)_2$) ۲۳
۳-۱-۲- تفسیر طیف FT-IR کمپلکس (NiL2) ۲۴
۳-۱-۳- تفسیر طیف جذب الکترونی کمپلکس (NiL2) ۲۵
۳-۲- تهیه و شناسایی کمپلکس کربونیل بیس (N، N´- ارتووانیلین ایمیناتو) نیکل (II) (NiL2) ۲۷
۳-۲-۱- تهیه کمپلکس (NiL2) ۲۷
۳-۲-۲- تفسیر طیف FT-IR کمپلکس (NiL2) ۲۸
۳-۲-۳- تفسیر طیف جذب الکترونی کمپلکس (NiL2) ۲۸
۳-۳- تهیه و شناسایی لیگاند سالن و کمپلکس نیکل (II) سالن (NiL3) ۲۹
۳-۳-۱- تهیه لیگاند سالن ۲۹
۳-۳-۲- تفسیر طیف FT-IR لیگاند سالن ۳۰
۳-۳-۳- تهیه کمپلکس (NiL3) ۳۰
۳-۳-۴- تفسیر طیف FT-IR کمپلکس (NiL3) ۳۱
۳-۳-۵- تفسیر طیف جذب الکترونی کمپلکس (NiL3) ۳۱
۳-۴- تجزیه وزن سنجی گرمایی-تفاضلی ۳۳
۳-۴-۱- طیف‌های TG-DTA کمپلکس (NiL1) همراه (A۱) و بدون اسیدسیتریک (N۱) ۳۳
۳-۴-۲- طیف‌های TG-DTA کمپلکس (NiL2) همراه (A۲) و بدون اسیدسیتریک (N۲) ۳۶
۳-۵- تفسیر طیف FT-IR نمونه‌های اکسید نیکل ۳۸
۳-۵-۱- تفسیر طیف FT-IR اکسید نیکل (A۱-A۳) و (N۱-N۳) ۳۸
۳-۶- تفسیر طیف XRD نمونه‌های نیکل (N۱-N۳) ۴۰
۳-۶- ۱-مقدمه ۴۰
۳-۶-۲- طیف XRD نمونه‌های N۱و A۱ ..... ۴۰
۳-۶-۳- طیف XRD نمونه‌های N۲، N۳، A۲ و A۳ ..... ۴۱

۳-۷- نتایج تصاویر TEM ۴۲
۳-۸- تعیین گاف انرژی نمونه‌های نیکل (N۳-N۱) ۴۳
۳-۹- شناسایی سیترات آهن (III) ۴۵
۳-۹-۱- تفسیر طیف FT-IR سیترات آهن (III) ۴۵
۳-۹-۲- تفسیر طیف جذب الکترونی سیترات آهن (III) ۴۶
۳-۱۰- تجزیه وزن سنجی گرمایی-تفاضلی ۴۷
۳-۱۰-۱- طیف TG-DTA سیترات آهن (III) ۴۷
۳-۱۱- تفسیر طیف FT-IR نمونه‌های اکسید آهن ۴۹
۳-۱۱- ۱-مقدمه ۴۹
۳-۱۱-۲- تفسیر طیف FT-IR اکسید آهن (F۳-F۱) ۵۰
۳-۱۱-۳- تفسیر طیف FT-IR اکسید آهن (F۸-F۴) ۵۱
۳-۱۲- تفسیر طیف XRD نمونه‌های اکسید آهن ۵۲
۳-۱۲-۱-مقدمه ۵۲
۳-۱۲-۲- طیف XRD نمونه‌های F۱، F۶ و F۷ ..... ۵۲
۳-۱۲-۳- طیف XRD نمونه F۸ ..... ۵۴
۳-۱۳- نتایج مغناطیس‌سنجی با نمونه ارتعاشی (VSM) ۵۵
۳-۱۴- نتایج تصاویر TEM ۵۶
۳-۱۵- تعیین گاف انرژی نمونه‌های آهن (F۷-F۱) ۵۷
۳-۱۵- ۱-تعیین گاف انرژی برای نمونه F۱ ..... ۵۷
۳-۱۶- نتیجه گیری ۵۸
۳-۱۷- نوآوری ۵۹
۳-۱۸- پیشنهادات ۵۹
فهرست منابع ۶۱

فهرست جدول ها

جدول ۱-۱: برخی مشخصات شیمیایی و فیزیکی اکسید نیکل ۹

جدول ۱-۲: برخی مشخصات شیمیایی و فیزیکی اکسید آهن (مگنتیت)..... ۹

جدول۲-۱: کمپلکس‌های نیکل کلسینه شده در دماهای مختلف با و بدون اسیدسیتریک ۱۹

جدول ۲-۲: نمونه‌های سیترات آهن (III) کلسینه شده در دماها و جوهای مختلف..... ۱۹

جدول ۳-۱: بررسی انتقالات الکترونی در برخی از کمپلکس‌های چهاروجهی نیکل(II) ۲۶

جدول ۳-۲: بررسی انتقالات الکترونی در برخی از کمپلکس‌های مسطح مربعی نیکل(II) ۳۲

جدول ۲-۳: نمونه‌های سیترات آهن(III) کلسینه شده در دماها و جوهای مختلف ۳۲

جدول ۳-۳: بررسی فرکانس کششی پیوند NiO در برخی از مقالات..... ۳۸

جدول۳- ۴: میانگین اندازه ذرات بر حسب نانومتر برای نمونه‌های ۱N و ۱A..... ۴۱

جدول ۳-۵: پارامترهای شبکه برای نمونه‌های ۱N و ۱A ۴۱

جدول ۳- ۶: میانگین اندازه ذرات بر حسب نانومتر برای نمونه‌های ۲N، ۳N، ۲A و ۳A..... ۴۱

جدول ۳-۷: پارامترهای شبکه برای نمونه‌های ۲N، ۳N، ۲A و ۳A..... ۴۲

جدول ۳- ۸: مقادیر گاف انرژی برای نمونه‌های ۱N، ۲N و ۳N ۴۵

جدول ۳- ۹: بررسی انتقالات الکترونی در برخی از کمپلکس‌های هشت وجهی آهن (III)..... ۴۷

جدول ۳-۱۰: بررسی فرکانس کششی پیوندFe-O در برخی از مقالات..... ۵۰

جدول ۳-۱۱: بررسی فرکانس کششی پیوند Fe-O در برخی از مقالات ۵۳

جدول ۳-۱۲: پارامترهای شبکه برای نمونه‌های ۱F، ۶F و ۷F ۵۳

جدول ۳-۱۳: پارامترهای شبکه برای نمونه‌های ۱F، ۶F و ۷F ۵۵

جدول ۳-۱۴: میانگین اندازه ذرات بر حسب نانومتر برای نمونه ۸F..... ۵۴

جدول ۳-۱۵: پارامترهای شبکه برای نمونه ۸F..... ۵۵

جدول ۳-۱۶: مقادیر گاف انرژی برای نمونه‌های ۱F تا ۷F..... ۵۸

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱: ساختار بلوری NiO ۸

شکل ۱-۲: نانو پودرهای NiO ۸

شکل ۱-۳: ساختار بلوری Fe_3O_4 ..... ۸

شکل ۱-۴: نانو پودرهای Fe_3O_4 ..... ۸

شکل ۳-۱: واکنش تهیه‌ی کمپلکس $(Ni(L1)_2)$ ۲۴

شکل ۳-۲: طیف زیر قرمز کمپلکس $(Ni(L1)_2)$ ۲۴

شکل ۳-۲: طیف جذبی کمپلکس (NiL_1) ۲۵

شکل ۳-۳: طیف جذب الکترونی کمپلکس $(Ni(L1)_2)$ ۲۷

شکل ۳-۴: واکنش تهیه‌ی کمپلکس (NiL_2) ۲۷

شکل ۳-۵: طیف زیر قرمز کمپلکس (NiL_2) ۲۸

شکل ۳-۶: طیف جذب الکترونی کمپلکس (NiL_2) ۲۹

شکل ۳-۷: واکنش تهیه‌ی لیگاند سالن ۲۹

شکل ۳- ۸: طیف زیر قرمز لیگاند سالن ۳۰

شکل ۳- ۹: طیف زیر قرمز کمپلکس (NiL_3) ۳۰

شکل ۳- ۱۰: طیف زیر قرمز کمپلکس (NiL_3) ۳۱

شکل ۳- ۱۱: طیف جذب الکترونی کمپلکس (NiL_3) ۳۳

شکل ۳- ۱۲: طیف وزن سنجی گرمایی- تفاضلی نمونه N۱ ..... ۳۵

شکل ۳-۱۳: طیف وزن سنجی گرمایی- تفاضلی نمونه A۱ ..... ۳۵

شکل ۳-۱۴: طیف وزن سنجی گرمایی- تفاضلی نمونه N۲ ..... ۳۷

شکل ۳-۱۵: طیف وزن سنجی گرمایی- تفاضلی نمونه A۲ ..... ۳۷

شکل ۳-۱۶: طیف زیر قرمزنمونه‌های ۱N-۳N ۳۹

شکل ۳-۱۷: طیف زیرقرمزنمونه‌های ۱A-۳A ۳۹

شکل ۳-۱۸: طیف XRD نمونه‌های ۱N و ۱A ۴۰

شکل ۳-۱۹: تصویر TEM نمونه ۱N در مقیاس ۱۰ نانومتر ۴۲

شکل۳-۲۰: تصویر TEM نمونه ۱N در مقیاس ۲۵ نانومتر ۴۳
شکل۳-۲۱: هیستوگرام توزیع اندازه ذرات نمونه ۱N ۴۳
شکل ۳-۲۲: طیف جذب الکترونی نمونه ۱N ۴۴
شکل ۳-۲۳: طیف $(Ahυ)^2$–hυ نمونه ۱N ۴۴
شکل ۳-۲۴: طیف زیر قرمز سیترات آهن (III) ۴۵
شکل ۳-۲۵: طیف جذب الکترونی سیترات آهن (III) ۴۶
شکل ۳-۲۶: طیف وزن سنجی گرمایی- تفاضلی نمونه سیترات آهن (III) ۴۹
شکل ۳-۲۷: طیف زیرقرمزنمونه‌های ۱F-۳F ۵۱
شکل۳-۲۸: طیف زیر قرمز نمونه‌های ۴F-۷F ۵۲
شکل ۳-۲۹: طیف XRD نمونه‌های ۱F، ۶F و ۷F ۵۳
شکل ۳-۳۰: طیف XRD نمونه۸F ۵۴
شکل ۳-۳۱: منحنی M-H اندازه‌گیری شده در دمای اتاق برای نمونه‌ی ۱F ۵۵
شکل ۳-۳۲: تصویر TEM نمونه ۱F در مقیاس ۳۵ نانومتر ۵۶
شکل ۳-۳۳: تصویر TEM نمونه ۱F در مقیاس ۵۰ نانومتر ۵۶
شکل ۳-۳۴: طیف جذب الکترونی نمونه ۱F ۵۷
شکل ۳-۳۵: طیف $(Ahυ)^2$–hυ نمونه ۱F ۵۸

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- فناوری نانو

۱-۱-۱- فناوری نانو چیست؟

فناوری نانو را می‌توان توانایی کار کردن در سطح مولکولی، اتم به اتم، برای ایجاد ساختارهای بزرگ با سازمان مولکولی اساساً جدید، تعریف کرد [۱]. فناوری نانو، مهندسی سیستم‌های کاربردی در مقیاس مولکولی است. این تعریف هم تحقیقات جاری و هم مفاهیم پیشرفته‌تر را پوشش می‌دهد. یک نانومتر یک میلیاردم یا $۱۰^{-۹}$ متر است که حدود ۵۰۰۰۰ برابر کوچک‌تر از قطر موی انسان است. همچنین یک رشته از DNA دوگانه مارپیچ، قطری حدود ۲ نانومتر دارد. دانشمندان برای تعریف مقیاس نانو به حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر استناد می‌کنند و ذراتی که در این مقیاس هستند با نام نانو بلور یا نانو مواد[1] شناخته می‌شوند [۲].

۱-۱-۲- تاریخچه فناوری نانو

اولین جرقه فناوری نانو (البته در آن زمان هنوز به این نام شناخته نشده بود) در سال ۱۹۵۹ زده شد. در این سال فیزیکدان آمریکایی به نام ریچارد فینمن[2] طی سخنرانی که در سال ۱۹۵۹ ارائه نمود و در سال ۱۹۶۰ منتشر شد، این‌طور بیان نمود که: «اصول فیزیک، تا آنجایی که من می‌توانم ببینم، امکان جابجایی ماهرانه‌ی اتم به اتم اشیاء را فراهم می‌سازد و من آن را رد نمی‌کنم». تعریف فینمن به وسیله درکسلر در کتابش با نام "موتورهای آفرینش، عصر ورود نانوفنّاوری[3]" گسترش داده شد. به نقل از درکسلر در سال ۱۹۹۰: نانوتکنولوژی عبارت است از اصل دست‌کاری اتم‌ها[4] به صورت اتم به اتم، از طریق کنترل ساختار ماده در سطح

[1] Nano-materials
[2] Richard Feynman
[3] Engines of Creation The Coming Age of Nanotechnology
[1] Atom manipulation

مولکولی. بینیگ و روهرر[1] نظریات درکسلر را به طریقهٔ 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 جابجا کنند تا ساختارهای در مقیاس نانو بسازند [۳]. اساساً خاستگاه اصطلاح نانوتکنولوژی به همین آزمایش‌های ابتدایی اولیه که کاربرد عملی فوری نداشتند، بر می‌گردد و به همان تجربیات محدود شده بود. بنابراین اگرچه فناوری نانو در تحقیقات اخیر علمی گسترش بسیاری یافته است، اما توسعه مفاهیم اصلی آن در مدت زمان طولانی‌تری شکل گرفته است. فناوری نانو در دهه ۱۹۸۰ به سبب رخدادهای مدرن آزمایشگاهی نظیر اختراع میکروسکوپ پیمایش گر روبشی[2] در سال ۱۹۸۱ و کشف فولرن‌ها[3] در سال ۱۹۸۵ ظهور یافت [۴].

۱-۱-۳- نانو پودرها[4]

نانو مواد، ترکیباتی هستند که از طریق کنار هم قرار دادن اتم‌ها، مولکول‌ها یا مجموعه‌هایی از آن‌ها به طور مصنوعی تولید می‌شوند [۵]. نانو مواد را، وقتی که متراکم و فشرده نشده باشند، نانو پودر می‌نامند. اندازه دانه‌های آن‌ها حداقل در یک بعد و یا معمولاً در سه بعد در محدوده ۱-۱۰۰ nm است [۳]. مواد در سه حالت زیر به عنوان نانو پودر به شمار می‌آیند:

۱- ساختار تشکیل‌دهنده پودر در حد نانو باشد [۶]؛ یعنی اگر ساختار ذرات تشکیل‌دهنده پودر را به صورت یکی از اشکال منظم هندسی در نظر بگیریم، میانگین اندازه اضلاع آن بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد [۷]. مهم‌ترین اشکال هندسی، کره و مکعب‌اند. اگر ساختار ذرات تشکیل‌دهنده پودرها را به صورت کره فرض کنیم، باید قطر کره کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد و

[2] Binnig and Rohrer
[3] Scanning Tunneling Microscopy (STM)
[4] Fullerenes
[5] Nano Powder

چنانچه ساختار آن‌ها مکعب فرض شود، میانگین اضلاع مکعب باید در محدوده ۱ تا ۱۰ نانومتر قرار گیرد.

۲- دانه‌های تشکیل‌دهنده پودر ابعاد نانومتری داشته باشند؛ در حالتی که اندازه ذرات تشکیل‌دهنده پودرها از ۱۰۰ نانومتر بیش‌تر باشد، کافی است دانه‌های آن ابعاد نانومتری داشته باشند تا نانو پودر به شمار آیند [۷].

۳- ذره‌های نانو پودر و ذره‌های پودر معمولی ترکیب شوند؛ در این حالت، پودر را نانو پودر کامپوزیتی می‌نامند [۷].

۱-۱-۴- خواص نانو پودرها

پودرها دارای نسبت سطح به حجم زیادی‌اند که ناشی از خاصیت تف جوشی[1] ذاتی بالای آن‌ها است. نانو پودرهای فلزی با اندازه ذره کمتر از یک میلی‌متر، عمدتاً کسر بالایی از اتم‌ها را در سطحشان جای داده‌اند. از جمله مزایای نانو پودرها می‌توان به این موارد اشاره کرد: بالا بردن سرعت واکنش شیمیایی، سرعت تف جوشی بیش‌تر، مقاومت الکتریکی بالاتر، افزایش خواص مغناطیسی، جذب میکروویو و ... . همچنین این ذرات دارای خواص الکتریکی و نوری، مقاومت شیمیایی، مکانیکی و سختی مناسب می‌باشند. علاوه بر این، تهیه نانو پودرهای معدنی کمک شایانی به صنایع تولید سرامیک، کاتالیست، علوم پزشکی و حتی صنایع غذایی نموده است [۸].

۱-۱-۵- محیط میکروسکوپی دنیای نانو در طبیعت

نانو ساختارها در طبیعت و تکنولوژی به وفور یافت می‌شوند. تمایل طبیعت به ایجاد خودبخود ساختارهای مختلف با فرآیندهای غیر تعادلی، منجر به تشکیل ساختاری کم و بیش

[1] Sintering

منظم با ابعاد نانو می‌شود. چنین ساختارهایی در غبارات موجود در هوا، ساختارهای معدنی و یا در هسته‌های اولیه بخار آب کندانس شده، دیده می‌شود. کوچک‌ترین جزء بیولوژیکی با عملکرد مستقل، ویروس‌ها هستند. ویروس‌ها با ابعاد چند ده تا چند صد نانومتر از کوچک‌ترین سلول‌ها، کوچک‌تر هستند که به تنهایی قادر به زندگی نیستند و تنها وقتی خواص بیولوژیکی از خود نشان می‌دهند که در حال اندر کنش با سلول‌ها باشند [۹]. مولکول DNA ۲/۵ نانومتر پهنا دارد و پروتئین‌ها بین ۱ تا ۲۰ نانومتر هستند و قطر مولکول ATP، ۱۰ نانومتر است [۳].

۱-۱-۶- کاربردهای فناوری نانو در صنایع مختلف

کاربردهای فراوانی از فناوری نانو، در صنایع مختلف و جنبه‌های مختلف زندگی بشر به وجود آمده است. ازجمله این صنایع می‌توان به صنعت خودروسازی، نظامی، پزشکی، آرایشی و بهداشتی، نساجی، فناوری اطلاعات و ارتباطات، کشاورزی، بسته‌بندی و غیره اشاره کرد. فناوری نانو به عنوان انقلاب صنعتی قرن آینده اثرات فراوانی در صنایع گوناگون خواهد داشت. در روسیه با اضافه نمودن نانو ذرات الماس توانسته‌اند لاستیک‌های مقاوم به سایش را تولید نمایند. از این لاستیک‌ها می‌توان در تایر اتومبیل، لوله‌های انتقال آب و غیره استفاده نمود. از نانو بلورهای نقره نیز به عنوان روکش ضد میکروب در صنایع پزشکی استفاده شده است. این نانو بلورها قادرند ظرف نیم ساعت انواع میکرب‌ها و باکتری‌ها را شناسایی و از بین ببرند. سیستم-های دارو رسانی نانوذره‌ای نسبت به سایر سیستم‌های ذره‌ای نفوذ بهتری در داخل بدن دارند. عرضه فرآورده‌های حاوی نانو ذرات ترکیبات اکسید روی و اکسید تیتانیوم باعث بهبود چشمگیر کارایی و مقبولیت ضد آفتاب‌ها و مواد آرایشی حاوی مواد غیر آلی شده است. پارچه-های کتانی که هرگز کثیف نمی‌شوند ساخته شده است که توسط پوششی از نانواکسید تیتانیوم پوشیده شده است که خاصیت خود پاک‌کنندگی داشته‌اند و قادر به پاک کردن چربی و سایر

آلودگی‌ها در مجاورت نور خورشید هستند. مواد نانو مغناطیسی در زمینه ذخیره اطلاعات کاربرد دارند. ابزارهایی مانند هارد دیسک‌ها که قابلیت ذخیره‌سازی اطلاعات در آن‌ها وابسته به توانایی در مغناطیسی کردن ناحیه کوچکی از دیسک در حال دوران دارد، متأثر از فناوری نانو و مواد نانو مغناطیس شده است و این فناوری توانسته است قدرت ذخیره‌سازی این نوع حافظه‌ها را افزایش دهد. پوشش‌های گلخانه‌ای که به علت تهیه شدن از مواد نانویی تا ۳ برابر کمتر انرژی حرارتی را از خود عبور می‌دهند و می‌توانند به کاهش مصرف سوخت و افزایش راندمان حرارتی گلخانه‌ها منجر شوند [۵].

۱-۱-۷- بخشی از کاربردهای متنوع نانو ذرات اکسید فلزی

از مهم‌ترین کاربردهای نانو ذرات اکسید فلزی می‌توان به تهیه سلول‌های خورشیدی، تهیه ترکیبات دارای خواص نوری و الکتریکی، خاصیت کاتالیزوری، تهیه رنگدانه‌ها، تهیه ترکیبات مغناطیسی، استفاده در حس گرهای گاز، استفاده در پوشش‌ها، تهیه الکتروکرومیک‌ها، استفاده در ضدعفونی‌کننده‌ها، ضد آفتاب‌ها، خاصیت ضدمیکروبی اشاره کرد. همچنین نانو ساختارهای اکسیدهای فلزی مورد توجه برای ساخت وسایل ذخیره کننده و مصرف انرژی نظیر باتری‌های لیتیم، سل‌های سوختی، ترانزیستورها، دستگاه‌های ساطع کننده نور[1]، تولید هیدروژن به وسیله فتولیز آب و ذخیره آن، تصفیه آب و هوا به وسیله تخریب و جذب مواد آلاینده آلی و معدنی و گازهای سمی، حس‌گرهای رطوبتی و دمایی و آشکارسازهای نوری قرارگرفته‌اند. بعلاوه این اکسیدها کاربرد شگفت‌آوری در علوم زیستی و پزشکی از قبیل تحویل دارو، تصاویرفلوئورسنت، درمان سرطان، برچسب زیستی[2] و غیره دارند [۱۴-۱۰].

[1] Light emitting diodes
[2] Bio labeling