۱۲۲۸۱۴

دانشگاه بیرجند

دانشکده علوم

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک (حالت جامد)

عنوان:

ساخت نانوذرات اکسید آهن به روش مایسل معکوس و اندازه‌گیری خواص فیزیکی آن

استاد راهنما:

دکتر هادی عربی

استاد مشاور:

دکتر سوسن صادقی بجد

نگارش:

سمیه ناطقی

۱۳۸۸/۱۲/۲۷

تابستان ۱۳۸۶

۱۳۳۸۱۲

کلیه مزایا اعم از چاپ، تکثیر، نسخه برداری، ترجمه، اقتباس و ...

از پایان نامه کارشناسی ارشد برای دانشگاه بیرجند محفوظ می‌باشد.

نقل مطالب با ذکر منابع بلامانع است.

به نام خدا

فرم شماره ۵

دانشگاه بیرجند
مدیریت تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تاییدات خداوند متعال جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی کارشناسی ارشد خانم **سمیه ناطقی** به شماره

دانشجویی: **۸۳۱۱۱۰۶۳** رشته: **فیزیک** گرایش: **حالت جامد** دانشکده: **علوم** **دانشگاه بیرجند**

تحت عنوان : **ساخت نانو ذرات اکسید آهن به روش مایسل معکوس و اندازه گیری خواص فیزیکی آن**

به ارزش: **۶** واحد درساعت: **۸** روز: **چهارشنبه** مورخ: **۸۶/۶/۲۸**

با حضور اعضای محترم هیات داوران متشکل از :

سمت	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر هادی عربی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر سوسن صادقی	دانشیار	
داور اول	دکتر فاطمه ابراهیمی	استادیار	
داور دوم	دکتر احمد امیرآبادیزاده	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر امان الله اسدی	استادیار	

تشکیل گردید نتیجه ارزیابی به شرح زیر مورد تایید قرار گرفت:

☒ قبول (با درجه: عالی و امتیاز: ۱۹٫۵۶) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود

۱- عالی (۲۰-۱۸) ۲- بسیار خوب (۱۷/۹۹ – ۱۶) ۳- خوب (۱۵/۹۹ – ۱۴) ۴- قابل قبول (۱۳/۹۹ -۱۲)

تقدیم به خاک پای منتقم بزرگ تاریخ انسان، عدالت‌گستر جهان، حجت حق و ولی‌عصر، عج‌الله تعالی فرجه‌الشریف.

تقدیم به همه‌ی دانشمندان و اندیشمندان جامعه بشری، از بدو خلقت تا به امروز، که تمدن بشری مدیون تلاشهای بی‌امان تمام آنان است.

تقدیم به خانواده عزیزم، که محبتهای بی‌دریغشان همواره بهترین دلگرمی برایم بوده وهست.

تقدیم به مادر عزیزم که خالصانه‌ترین عشق را بدرقه راه زندگی‌ام کرد و سفیدموی گشت تا من سفیدروی گردم.

تقدیم به پدر عزیزم آن حاتم صفتی که دل به سپاس نبست و جاذبه‌ی عشق و الفتش، در بی‌چشمداشتی است.

و در آخر تقدیم می‌کنم به تمامی مردم ایران زمین که دوستشان دارم و برای سرافرازی و سربلندیشان همواره تلاش خواهم کرد.

تشکر وقدردانی

سپاس خداوند را که باب رحمت بگشود و راه طلب بنمود، در آینه دلها جلوه کرد و از دریچه عقول پرتو افکند.

در ابتدا از خانواده عزیزم، بخصوص پدر و مادر بزرگوارم، بخاطر تمام مهربانی‌هایشان سپاسگزارم.

از استاد راهنمای گرامی، جناب آقای دکتر هادی عربی که همواره از راهنمائیهای ارزنده ایشان بهره‌مند بوده‌ام، سپاسگزارم.

از سرکار خانم سوسن صادقی که مشاوره این پایان نامه را به عهده داشتند صمیمانه تشکر می‌کنم.

از جناب آقای دکتر امیرآبادی و سرکار خانم ابراهیمی که زحمت بازخوانی و داوری این پایان‌نامه را به عهده گرفتند سپاسگزارم.

از جناب آقای دکتر فرسی که صبورانه پاسخگوی سؤالاتم بودند صمیمانه قدردانی می‌کنم.

و از تمام دوستان عزیزم که دوستشان دارم و با همدلی بی‌دریغشان مرا یاری دادند از صمیم قلب سپاسگزارم. از خانم زکیه افتتاحی بخاطر تمام محبتهای بی‌پایان‌اشان قدردانی می‌کنم، همچنین از دوستان عزیزم خانم‌ها آتنا قاسم‌آبادی، بهاره خلیل‌زاده، رحیمه محمودی، زهره خسروی، سلمه فخاری، زهره اسکندری، محبوبه شاهینی، مریم گوهرجو، الهام شیخ‌زاده، سمیه علیزاده، آمنه قاسم‌نژاد، فروغ بلادر، وجیه قاسمی،سمیه قدمیه، سحر خدادای و سمیه آقاشاهی و تمام دوستان عزیزم سپاسگزارم.

از همراهان و دوستان همیشگی‌ام خانم‌ها فاطمه مشایخی، سارا معمارزاده، شیلا خسروکیانی و آقایان صالح دشتی و رضا مرادی تشکر وقدردانی فراوان می‌کنم و از خانواده محترم آقای واله بخاطر محبتهای بدریغشان سپاسگزارم و در نهایت برای تمامی دوستان و عزیزانم آرزوی سرافرازی و سربلندی دارم.

چکیده

امروزه در دنیای مدرن اکسیدهای آهن و بویژه نانوذرات مغناطیسی اکسیدآهن، نقش بسیار زیادی را در علم و تکنولوژی ایفا می‌کند. برای ساخت نانوذرات اکسیدآهن، به‌خصوص مگنتیت و مگهمیت، روش‌های متنوعی وجود دارد. دراین پایانامه از میان این روش‌ها، از روش مایسل معکوس، که کنترل بسیار خوبی برروی اندازه و مورفولوژی و خواص مغناطیسی نانوذرات دارد، استفاده شده-است. علاوه‌بر ساخت نانوذرات اکسیدآهن اثر پارامترهایی از قبیل دمای انجام واکنش، اتمسفر محیط، فاکتور ω(غلظت مولی آب به سورفکتانت) و غلظت محلول نمک بر روی ابعاد و خواص مغناطیسی نانوذرات تهیه شده مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان می‌دهد، با انجام آزمایش در دمای اتاق، ذرات با نقص کریستالی کمتری ایجاد می‌گردد. از طرفی در طی انجام آزمایش لازم است که میزان اکسیژن در محیط واکنش، توسط گاز آرگون تحت کنترل درآید.

با استفاده از الگوی پراش اشعه**X** نانوذرات بدست‌آمده، فاز نمونه‌ها و نیز اندازه تقریبی نانوذرات معین گردید. با افزایش فاکتور ω، ذرات با ابعاد بزرگتری تولید می‌گردد. ابعاد ذرات که توسط دستگاه **XRD** اندازه‌گیری شد، برای فاکتور ω، ۱۶/۸۳، ۱۱/۲۲ و ۵/۶ به ترتیب برابر با ۱۵/۲۲، ۱۱/۶۶ و ۱۰/۵ نانومتر بود همچنین افزایش غلظت محلول آبی موجب بوجودآمدن ذرات با ابعاد کوچکتر شد.

برای بررسی مورفولوژی سطح و اندازه دقیق ذرات نیز از دستگاه میکروسکوپ الکترونی **SEM** و **TEM** استفاده شد. اندازه نانوذرات بدست‌آمده در محدوده ۹ تا ۲۰ نانومتر بود.

خواص مغناطیسی نانوذرات بوسیله دستگاه **VSM** اندازه‌گیری و مورد بررسی قرارگرفت. منحنی هیسترسیس نمونه‌ها و اندازه تقریبی آنها از روی داده‌های مغناطیسی مشخص گشت.

کلمات کلیدی: نانوذرات اکسیدآهن؛ مگنتیت؛ مگهمیت؛ مایسل معکوس.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل اول: مقدمه‌ای بر نانوتکنولوژی و کاربرد آن ۱
۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ نانوچیست؟ ۲
۱-۳ چرا به دنبال استفاده از فناوری نانو در زندگی هستیم؟ ۵
۱-۳-۱ امنیت ٦
۱-۳-۱-۱ ایجاد مواد فوق‌العاده سبک ٦
۱-۳-۱-۲ افزایش آگاهی از شرایط محیطی ٦
۱-۳-۱-۳ مهمات قوی ۷
۱-۳-۲ مراقبت‌های پزشکی ۷
۱-۳-۲-۱ تشخیص ۷
۱-۳-۲-۲ داروهای جدید ۸
۱-۳-۳ منابع ۸
۱-۳-۳-۱ انرژی ۹
۱-۳-۳-۱-۱ استفاده از فناوری نانو در ساخت باتری‌ها ۹
۱-۳-۳-۱-۲ تولید نور با فناوری نانو ۱۰
۱-۳-۳-۲ آب ۱۱
۱-۳-۳-۲-۱ رفع آلودگی TCE (تری‌کلرواتیلن) ۱۱
۱-۳-۳-۲-۲ آب تمیزتر با هزینه کمتر ۱۲
۱-٤ مواد نانوساختار ۱۲
۱-٤-۱ نانوذرات سنگ بنای نانو تکنولوژی ۱۳
۱-۵ نانوساختارهای مغناطیسی ۱۵
۱-۵-۱ دسته بندی نانوساختارهای مغناطیسی ۱٦
۱-٦ ابزارهای شناسایی و اندازه‌گیری نانوذرات ۱۸
۱-٦-۱ میکروسکوپ نیروی اتمی ۱۹
۱-٦-۲ میکروسکوپ پیمایشگر الکترونی (SEM) ۲۰
۱-٦-۳ میکروسکوپ عبوری الکترونی (TEM) ۲۱
۱-٦-٤ میکروسکوپ پیمایشگر تونلی (STM) ۲۲
۱-٦-۵ میکروسکوپ نیروی رزونانس مغناطیسی (MRFM) ۲۲
۱-٦-٦ دستگاه مغناطیس‌سنج ۲۳
فصل دوم: مفاهیم بنیادی مغناطیس وتأثیر اندازه ذرات بر خواص مغناطیسی ۲۵
۲-۱ مقدمه ۲۶

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۲ مفاهیم بنیادی	۲۷
۲-۲-۱ پارامترهای مغناطیسی	۲۷
۲-۲-۱-۱ منحنی مغناطیسی	۲۷
۲-۲-۱-۲ واحدهای مغناطیسی	۲۸
۲-۲-۱-۳ حوزه‌های مغناطیسی	۲۹
۲-۲-۱-٤ پذیرفتاری مغناطیسی و ناهسانگردی مغناطیسی	۳۰
۲-۲-۱-٤-۱ ناهمسانگردی مگنتوبلورین	۳۱
۲-۲-۱-٤-۲ ناهمسانگردی شکل	۳۳
۲-۳ رفتار مغناطیسی مواد	۳۳
۲-۳-۱ دیامغناطیس	۳۳
۲-۳-۲ پارامغناطیس	۳٤
۲-۳-۳ فرومغناطیس	۳۵
۲-۳-٤ آنتی فرومغناطیس	۳۷
۲-۳-۵ فری‌مغناطیس	۳۷
۲-٤ نظریه فری‌مغناطیس	۳۸
۲-٤-۱ منشاء فری مغناطیس	۳۹
۲-٤-۱-۱ برهم‌کنش تبادلی	۳۹
۲-٤-۱-۲ برهم‌کنش ابرتبادلی	٤٦
۲-۵ فریت ها	۵۰
۲-۵-۱ ساختار فریت‌های مکعبی	۵٤
۲-٦ مغناطش اشباعی	۵۷
۲-٦ وابستگی ویژگیهای مغناطیسی به شکل و اندازه	٦۰
۲-٦-۱ ابرپارامغناطیس	٦۰
۲-٦-۲ نیروی وادارندگی ذرات ریز	٦۵
۲-٦-۲-۱ چند حوزه‌ای	٦٦
۲-٦-۲-۲ تک حوزه‌ای	٦۷
۲-٦-۳ روش اندازه گیری تجربی دمای انسداد (T_B)	٦۷
فصل سوم: انواع مختلف اکسیدهای آهن و روش‌های ساخت آن	**۷۰**
۳-۱ مقدمه	۷۱
۳-۲ اکسیدهای آهن	۷۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۲-۱ مگنتیت	۷۲
۳-۲-۲ مگهمیت	۷٤
۳-۲-۳ ژئوتایت	۷۵
۳-۲-٤ لیپیداکرسایت	۷٦
۳-۲-۵ اکاگانیت	۷٦
۳-۲-٦ فیراکسی هایت	۷۷
۳-۲-۷ فری‌هیدریت	۷۷
۳-۲-۸ هماتیت	۷۸
۳-۳ روشهای علمی تهیه نانوذرات	۷۹
۳-۳-۱ روش‌های فیزیکی	۸۰
۳-۳-۱-۱ آسیاب کردن	۸۰
۳-۳-۲ فرایند مکانوشیمیایی	۸۱
۳-۳-۳ روش‌های شیمیایی	۸۲
۳-۳-۳-۱ روش هم‌رسوبی	۸۲
۳-۳-۳-۲ روش هیدروترمال	۸۳
۳-۳-۳-۳ روش‌های کاهش	۸۳
۳-۳-۳-٤ روش سل-ژل	۸۵
۳-۳-۳-۵ روش مایسل معکوس	۸٦
۳-۳-۳-۵-۱ تاریخچه	۸٦
۳-۳-۳-۵-۲ اساس مایسل	۸۷
۳-۳-۳-۵-۳ ویژگی‌های مواد فعال سطحی	۸۹
۳-۳-۳-۵-۱ دسته بندی ساختمان مواد فعال در سطح	۹۳
۳-۳-۳-۵-٤ غلظت بحرانی میسلی CMC(Critical Micelle Concentration)	۹٤
۳-۳-۳-۵-۵ عدد تراکمی میسلی	۹٦
۳-۳-۳-۵-٦ ساختار و شکل مایسل	۹۷
۳-۳-۳-۵-۷ تهیه ذرات بسیار ریز در مایسل معکوس	۱۰۰
۳-٤ کاربرد نانوذرات اکسید آهن	۱۰۱
۳-٤-۱ کاربردهای پزشکی	۱۰۲
۳-٤-۱-۱ جداسازی سلول	۱۰۲
۳-٤-۱-۲ آنالیز DNA	۱۰۲

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

۳-٤-۱-۳ عامل تمایز در MRI ۱۰۳
۳-٤-۱-٤ کنترل انتقال دارو در بدن ۱۰٤
۳-٤-۲ فروفلوئیدها ۱۰۵
۳-٤-۳ کاربردهای الکترونیکی و صنعتی ۱۰٦
۳-٤-٤ کاربرد در کشاورزی ۱۰٦
فصل چهارم: تهیه نانوذرات اکسیدآهن و شناسایی آن ۱۰۷
٤-۱ مقدمه ۱۰۸
٤-۲ مواد مورد استفاده ۱۰۸
٤-۳ لوازم مورد استفاده در آزمایش ۱۰۹
٤-٤ مراحل تهیه نانوذرات ۱۰۹
٤-٤-۱ تهیه میکروامولسیون ۱۱۰
٤-٤-۲ مخلوط کردن دو میکروامولسیون ۱۱۰
٤-٤-۳ مرحله جداسازی و شستشو ۱۱۰
٤-٤-٤ مرحله خشک کردن ۱۱۰
٤-۵ روش انجام آزمایش و بررسی تأثیر پارامترهای مختلف بر روی آن ۱۱۱
٤-۵-۱ بررسی تأثیر اتمسفر در مراحل انجام آزمایش ۱۱۱
٤-۵-۲ بررسی تأثیر تغییرات فاکتور ω برروی اندازه ذرات ۱۱۲
٤-۵-۳ بررسی دمای انجام واکنش ۱۱۳
٤-۵-٤ بررسی تأثیر غلظت محلول نمک برروی اندازه ذرات ۱۱۳
٤-٦ تجزیه و تحلیل نانوذرات بدست‌آمده ۱۱۳
٤-٦-۱ بررسی ساختار مغناطیسی ذرات با استفاده از دستگاه مغناطیس‌سنج (VSM) ۱۱۳
٤-۷ بررسی الگوهای پراش اشعه X ۱۲۹
٤-۷-۱ تعیین فاز نانوذرات ۱۳۰
٤-۷-۲ بررسی و مقایسه ساختار و اندازه ذرات ۱۳۵
٤-۸ بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی نانوذرات ۱۳۸
٤-۹ بیان مشکلات ۱٤٤
٤-۱۰ بحث و نتیجه‌گیری ۱٤۷
٤-۱۱ پیشنهادات ۱٤۷

فهرست جدول

عنوان	صفحه

جدول ۲-۱: واحدهای مغناطیسی وتبدیلات واحد ۲۹

جدول ۲-۲: دمای کوری برای مواد فرومغناطس مختلف ۳۶

جدول ۲-۳: گشتاورهای اسپینی اولین سری یون های عناصر واسطه ۵۲

جدول۲-٤: توزیع یونی و گشتاور خالص چند فریت نوعی ۵۸

جدول ۳-۱:. ویژگیهای شبکه بلوری و مغناطیسی اکسید آهن ۷۳

جدول۳-۲: ویژگیهای مغناطیسی برای نسبتهای مختلف Co/Fe ۸۷

جدول۳-۳: مشخصات ساختاری میسل ها ۹۹

جدول ٤-۱: مقادیر استفاده شده جهت انجام آزمایش با فاکتور ω متغیر و غلظت ثابت ۱۱۲

جدول ٤-۲: مقادیر مورد استفاده در آزمایش با فاکتور ω ثابت ۱۱۳

جدول ٤-۳: مغناطش اشباع و اندازه مغناطیسی ذرات ۱۲۸

جدول٤-٤: محاسبه تقریبی اندازه نانوذرات با استفاده از فرمول شرر ۱۳۸

فهرست شکل

عنوان | صفحه

شکل۱-۱: مقایسه ابعاد مختلف طول با یکدیگر ۳

شکل۱-۲:انواع نانوساختارهای مغناطیسی ۱۷

شکل۱-۳: میکروسکوپ نفوذ اتمی ۲۰

شکل۱-٤: میکروسکوپ الکترونی پویشی ۲۱

شکل۱-٥: شکل هندسی مالینسون ۲٤

شکل ۲-۱: حلقه هیسترسیس مواد فرومغناطیس و پارامترهای مهم مغناطیسی ۲۷

شکل۲-۲: حوزه ها ودیواره مغناطیسی ۳۰

شکل۲-۳: رفتار متفاوت مغناطیسی جهات کریستالی در آهن ۳۲

شکل ۲-٤: وابستگی مغناطش به میدان مغناطیسی و وابستگی پذیرفتاری به دما برای مواد پارامغناطیس. همچنین ممانهای مغناطیسی که در مواد پارامغناطیس، به‌طور کاتوره‌ای جهتگیری کرده‌اند، به طور شماتیکی توصیف شده‌اند. ۳٥

شکل۲-٥: رفتار فرومغناطیس. وابستگی پذیرفتاری به دما در دماهای بالاتر از دمای کوری و مغناطش خودبه‌خودی در دمای پایینتر از دمای کوری و جفت‌شدگی فرومغناطیسی ممانهای مغناطیسی در یک فرومغناطیس در دمای پایینتر از دمای کوری به‌طور شماتیکی توصیف شده‌است. ۳۷

شکل۲-٦: (a) هنگامی که اسپین دو الکترون پادموازی‌اند، احتمال آنکه هردوی آنها بین دو هسته (AوB) حضور داشته باشند، زیاد است و لذا برهمکنش جاذب الکترون-هسته در این حالت بیشتر خواهد بود. (b) برعکسهنگامیکه اسپینها موازی‌اند، الکترونها تمایل دارند از یکدیگر پرهیز کنند که این عامل منجر به ضعیفتر شدن برهمکنش کولنی الکترون-هسته خواهد گردید. ٤۰

شکل ۲-۷: نمودار تراز انرژی ناشی از برهمکنش تبادلی بین دو الکترون واقع بر روی یک اتم هنگامیکه اسپینها موازی هستند، انرژی تبادلی $E_{ex}=\frac{-J}{2}$ است و هنگامی که پادموازی هستند، انرژی تبادلی $E_{ex}=\frac{+J}{2}$ می‌باشد ٤۳

شکل۲-۸: اوربیتالهای مولکولی سیستم دوذره‌ایی، حالت پیوندی که دارای حالت فضایی متقارن و حالت اسپینی پادمتقارن است و حالت ضدپیوندی که دارای حالت فضایی پادمتقارن و حالت اسپینی متقارن است.حالت پیوندی پایدارتر از حالت ضد پیوندی است. ٤٥

شکل۲-۹: ساختار بلورین و مغناطیسی Mno ٤۷

شکل ۲-۱۰: خطوط پراش نوترونی از بلور MnO در زیر و بالای دمای کوری ٤۸

فهرست شکل

عنوان | صفحه

شکل۲-۱۱: نمایش شماتیک از یکی از حالت های میانی در ابرتبادل برای اکسید منگنز ٤٩
شکل ۲-۱۲: نموداری است که جهتگیری اربیتال P2ی یون اکسیژن را نسبت به یونهای فلزی نشان می‌دهد..... ٥٠
شکل ۲-۱۳: تغییرات گرمایی ویژگی های مغناطیسی یک فریت نوعی $NiO.Fe_2O_3$ منحنی خط چین مربوط به یک فرومغناطیس مثل آهن است..... ٥٣
شکل۲-١٤: تک‌یاخته شبکه اسپینلی، کره‌های بزرگ یونهای اکسیژن را نشان می‌دهند. کره‌های کوچک روشن در مکان چهاروجهی (A) و کره‌های کوچک تیره در مکان هشت‌وجهی (B) قرارگرفته‌اند..... ٥٤
شکل۲-١٥:سمت راست شکل، مکان چهاروجهی و سمت چپ مکان هشت‌وجهی را نشان می‌دهد..... ٥٦
شکل۲-١٦: مغناطش اشباعی برخی از فریتها در صفر درجه کلوین ٥٩
شکل۲-۱۷: منحنی های مغناطش ذرات آهن با قطر٦٤آنگستروم ٦٢
شکل۲-۱۸: تغییر نیروی وادارندگی به طور شماتیک با اندازهٔ ذره برای آن دسته از ذراتی که نیروی وادارندگی آنها ناشی از ناهمسانگردی بلوری است ٦٥
شکل ۲-۱۹: تغییر نیروی وادارندگی H_c با قطر ذره D را به صورت شماتیک نشان می دهد..... ٦٦
شکل۳-۱: توصیف شماتیکی از مسیرهای شکل‌گیری اکسیدهای آهن مختلف..... ٧٢
شکل ۳-۲: توصیف شماتیکی از ساختار اسپینل..... ٧٤
شکل ۳-۳: ساختار کریستالی ژئوتایت..... ٧٦
شکل ۳-٤: ساختار هماتیت ٧٩
شکل۳-٥: نمایش انواع مختلف فعالیتهای سطحی مواد فعال سطحی ٩٠
شکل۳-٦: جهتگیری ترجیحی مولکولهای ماده فعال در سطح در سطوح مشترک..... ٩١
شکل ۳-۷: توصیف سیستم مایسل معکوس..... ٩٢
شکل ۳-۸: دیاگرام فاز تأثیر نسبت آب، روغن و سورفکتانت را برروی فاز محلول..... ٩٣
شکل ۳-۹: نمودار تغییر کشش سطحی با تغییر غلظت ماده فعال سطح ٩٥
شکل۳-۱۰: انواع ساختار میسل ٩٨
شکل۳-۱۱: ساختار یک میسل کروی ١٠٠
شکل٤-۱:الف و ب: حلقه‌های هیسترسیس برای میدانهایی که عمود(الف) و موازی (ب) با محور آسان ذرات تک-حوزه تک‌محور اعمال می‌شود. جهت محور آسان مغناطش با نقطه‌چین نشان داده شده است..... ١١٤
شکل٤-۲: حلقه هیسترسیس مربوط به نمونه (۱)..... ١١٦
شکل٤-۳: حلقه هیسترسیس مربوط به نمونه (۲)..... ١١٧
شکل٤-٤: حلقه هیسترسیس مربوط به نمونه (۳)..... ١١٨
شکل٤-٥: حلقه هیسترسیس مربوط به نمونه (٤)..... ١١٩
شکل٤-٦: حلقه هیسترسیس مربوط به نمونه (٥)..... ١٢٠
شکل٤-۷: حلقه هیسترسیس مربوط به نمونه (٦)..... ١٢١

فهرست شکل

عنوان | صفحه

شکل٤-٨: نمودار مغناطش برحسب عکس میدان مربوط به نمونه (١) ١٢٢
شکل٤-٩: نمودار مغناطش برحسب عکس میدان مربوط به نمونه (٢) ١٢٢
شکل ٤-١٠: نمودار مغناطش برحسب عکس میدان مربوط به نمونه (٣) ١٢٣
شکل ٤-١١: نمودار مغناطش برحسب عکس میدان مربوط به نمونه (٤) ١٢٣
شکل ٤-١٢: نمودار مغناطش برحسب عکس میدان مربوط به نمونه (٥) ١٢٤
شکل ٤-١٣: نمودار مغناطش برحسب عکس میدان مربوط به نمونه (٦) ١٢٤
شکل ٤-١٤: نمودار مغناطش بر حسب میدان مربوط به نمونه (١) ١٢٥
شکل ٤-١٥: نمودار مغناطش بر حسب میدان مربوط به نمونه (٢) ١٢٦
شکل ٤-١٦: نمودار مغناطش بر حسب میدان مربوط به نمونه (٣) ١٢٦
شکل ٤-١٧: نمودار مغناطش بر حسب میدان مربوط به نمونه (٤) ١٢٧
شکل٤-١٨: نمودار مغناطش بر حسب میدان مربوط به نمونه (٥) ١٢٧
شکل ٤-١٩: نمودار مغناطش بر حسب میدان مربوط به نمونه (٦) ١٢٨
شکل ٤-٢٠: الگوهای پراش نمونه (١). دایره‌ها فاز مگنتیت و مستطیل فاز مگهمیت رانشان می‌دهند ١٣٠
شکل ٤-٢١: الگوی پراش نمونه (٢). دایره فاز مگنتیت و مستطیل فاز مگهمیت را نشان می‌دهد ١٣١
شکل ٤-٢٢: الگوی پراش نمونه(٣).دایره‌های سفید فاز مگنتیت، مستطیل سفیدرنگ فاز مگهمیت، دایره سیاه‌رنگ هماتیت و مستطیل سیاه بیانگر $Fe_{21.34}O_{32}$ می‌باشد. ١٣٢
شکل ٤-٢٣: الگوی پراش نمونه (٤). دایره‌های سفید فاز مگنتیت، مستطیل سفیدرنگ فاز مگهمیت، دایره سیاه‌رنگ هماتیت، مستطیل سیاه بیانگر $Fe_{21.34}O_{32}$، ستاره $Fe_{0.980}O$ و بیضی سیاه‌رنگ $Fe_{21.340}O_{32}$ می‌باشد ١٣٢
شکل ٤-٢٤: الگوی پراش نمونه (٥). دایره سفیدرنگ فاز مگنتیت را نشان می‌دهد ١٣٣
شکل ٤-٢٥: الگوی پراش نمونه (٦). دایره‌های سفیدرنگ فاز مگنتیت و مستطیل سفیدرنگ بیانگر فاز مگهمیت است. ١٣٤
شکل ٤-٢٦: الگوی پراش نمونه (٧). مستطیلهای سفیدرنگ فاز مگهمیت و دایره‌های سفیدرنگ فاز مگنتیت را نشان می‌دهد. ١٣٤
شکل ٤-٢٧: بررسی تأثیر دما در الگوی پراش. ١٣٥
شکل ٤-٢٨: بررسی تأثیر فاکتور ω بر روی اندازه ذرات ١٣٦
شکل ٤-٢٩: بررسی تأثیر غلظت بر اندازه ذرات ١٣٧
شکل٤-٣٠: بررسی تأثیر اتمسفر اکسیژن بر محصول نهایی واکنش. ١٣٨
شکل٤-٣١: تصویر SEM از نمونه (١). ١٣٩
شکل ٤-٣٢: تصویر SEM مربوط به نمونه (٢) ١٣٩

فهرست شکل

عنوان	صفحه

شکل٤-٣٣: تصویر SEM مربوط به نمونه (٣) ١٤٠
شکل ٤-٣٤: تصویر SEM مربوط به نمونه (٤) ١٤٠
شکل٤-٣٥ (a): تصویر TEM مربوط به نمونه (١) ١٤١
شکل٤-٣٥ (b): تصویر TEM مربوط به نمونه (١) ١٤٢
شکل٤-٣٦ (a): تصویر TEM مربوط به نمونه (٥) ١٤٢
شکل٤-٣٦ (b): تصویر TEM مربوط به نمونه (٥) ١٤٣
شکل٤-٣٧: شماتیکی از سیستم مورد استفاده برای انجام آزمایش ١٤٦
شکل ٤-٣٨: شماتیکی از طرح پیشنهادی برای جداسازی مغناطیسی ١٤٨

فصل اول

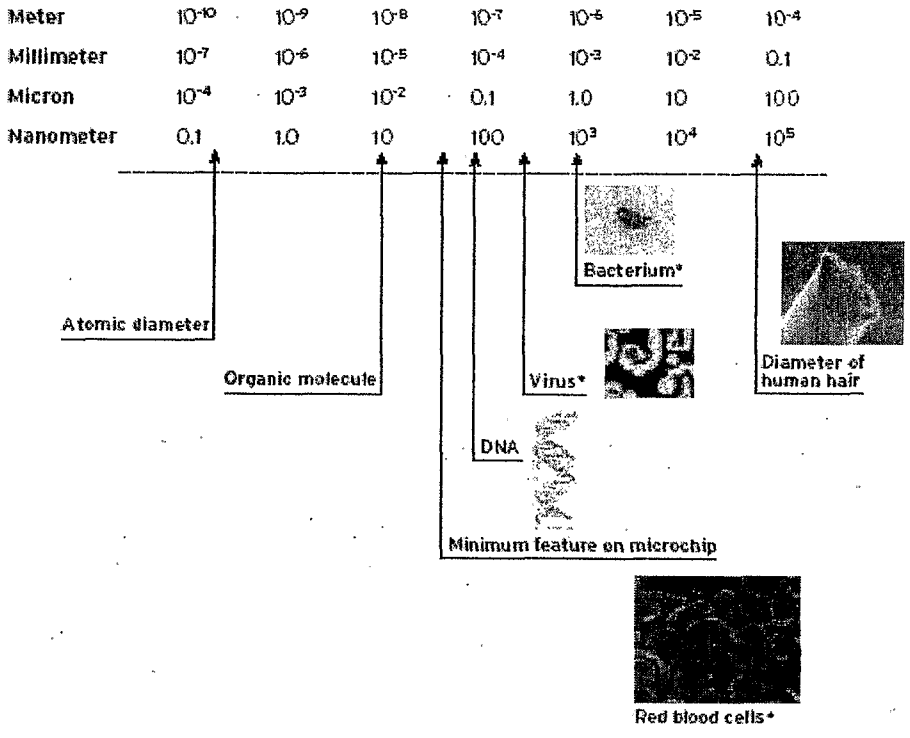
مقدمه‌ای بر نانوتکنولوژی و کاربردهای آن

۱-۱ مقدمه

این‌طور به‌نظر می‌رسد که نانوتکنولوژی، همراه با مهندسی ژنتیک،یکی از بزرگ‌ترین زمینه‌های تحقیقاتی است که رشد فزاینده‌ای را در قرن حاضر داشته است. در حال حاضر نانوتکنولوژی به بزرگی و عظمت مهندسی ژنتیک است. نخستین نوشته‌ها برروی این موضوع از نظر بسیاری از ما، داستان علمی تخیلی تلقی می‌شد. در هرحال، بسیاری از پیشگویی‌های انجام شده، هم‌اکنون یک واقعیت علمی به‌شمار می‌روند. با استفاده از سیستم‌های نانو، در مقایسه با مواد قدیمی یا متداول، محصولات بهتر و ارزان‌تری را می‌توان ساخت. در ادامه، توصیف بیشتری از نانوتکنولوژی و کاربردهای آن خواهیم داشت.

۱-۲ نانوچیست؟

نانو معادل واژه یونانی **(dwarf)**، به معنای مقیاس یک بیلیونیم متر است. در نظر بگیرید که قطر یک تار موی انسان تقریباً ۷۵۰۰۰ نانومتر است. به عبارتی ۱۰ اتم هیدروژن که دنبال هم قرار داده‌شده باشند، برابر یک نانومتر می‌باشند. با توجه به شکل (۱-۱) می‌توان ذهنیتی در مورد این مقیاس بدست‌آورد.



شکل ۱-۱: مقایسه ابعاد مختلف طول با یکدیگر

اندازه‌گیری و تعریف فناوری نانو مشکل است. علوم نانو جدید نیستند چرا که شیمیدان‌ها به شما خواهند گفت آن‌ها صدها سال است که از علم نانو در کار خود استفاده می‌کنند. پنجره‌های رنگارنگ شیشه‌ای کلیساهای قرون وسطی دارای نانوذرات طلا در اندازه‌های مختلف بوده‌اند که براساس اندازه معینی از ذرات، به رنگ‌های نارنجی،بنفش، قرمز، و متمایل به سبز رویت‌می‌شدند. انیشتین[1] به عنوان بخشی از رساله دکترای خود، اندازه یک ملکول شکر را یک نانومتر برآورد کرد.

بنابراین می‌توان از شیشه‌گران قرون وسطی و انیشتین به‌عنوان دانشمندان نانو یاد نمود. آنچه در خصوص علم نانو جدید می‌باشد تمرکز بیش از حد آن بر توسعه فناوری نانوی کاربردی و ظهور ابزارهای مناسب برای فعالیت در این حیطه است. تحقیق در قلمرو نانو تکنولوژی از اواخر دهه ۱۹۵۰ آغاز شد [۱]. در این زمان ریچارد فاینمن[2] فیزیکدان برجسته آمریکایی ایده کار با اتم‌ها و مولکول‌ها را مطرح کرد و از آن پس محققان جهان به کار در این عرصه روی‌آوردند و در دهه ۱۹۹۰ نخستین نتایج

[1] **Einstein**
[2] **Richard Faynman**

چشمگیر از رهگذر این تحقیقات به‌دست‌آمد. دانشمندان با تحقیق در مقیاس کوچک که یک میلیون بار کوچک‌تر از سر سوزن است می‌توانند خواص ماده راتغییر دهند به‌گونه‌ای که رفتار متفاوتی از اجسام بزرگ و معمولی از خود نشان می‌دهند. در این قلمرو، اتم‌ها و ذرات رفتاری غیر متعارف را از خود به نمایش می‌گذارند، لذا قابلیت‌های این علم فقط توانایی کوچک‌کردن اجسام نیست.

دانشمندان با استفاده از این مواد در تلاشند دستگاه‌ها و ابزارهایی بسازند که از قابلیت‌های بسیار شگفت‌انگیز برخوردارباشند. درواقع ، متخصصان نانو می‌کوشند با کاربر روی چگونگی حرکت اتم‌ها و نوع قرارگرفتن آن‌ها در کنار یکدیگر و نیز با تغییرات خاص به ترکیبات مقاوم‌تری از مواد دست‌یابند و کیفیت مواد تولیدی را بهبود بخشیده و در نهایت تولید مواد مختلف را اقتصادی‌تر کنند.

بر اساس مهم‌ترین تعریف ، نانو تکنولوژی تحقیق و توسعه فناوری در سطح اتم و مولکول‌ها در اندازه‌هایی در حدود ۱۰۰-۱ نانومتر جهت دستیابی به درک اساسی از پدیده‌ها و مواد در سطح نانو و ساخت و استفاده از ساختارها ، وسایل و سیستم‌های دارای ویژگی‌ها وعملکرد جدید به دلیل داشتن اندازه‌های کوچک می‌باشد.

نانو، فناوری ریزسازی به‌دنبال فناوری میکرو است .به‌دلیل یکسری از قواعد علمی، در اندازه‌های نانو، مواد دارای خواصی بسیار متفاوت از خواص همان مواد به صورت توده می‌باشند .این مسئله باعث پیدایش مواد محکم‌تر،سبک‌تر و هادی‌تر شده و خواص مغناطیسی عالی ،عایق بهتر گرمایی و فرسایش کمتر به ماده می‌دهد.

نانوتکنولوژی یک رشته جدید نیست بلکه رویکردی جدید در تمام رشته‌ها است و هدف آن ساخت اشیا اتم‌به‌اتم و مولکول‌به‌مولکول است، راهی که طبیعت میلیون‌ها سال است انجام می‌دهد.

خواص و عملکرد بدیع مقیاس نانو را می‌توان با کنترل مواد در بلوک ساختمانی‌اش اعم از اتم، مولکول ونانو ساختار بدست‌آورد و نانو تکنولوژی عبارت از گردآوری این نانوساختارها در مواد و