





دانشگاه صنعتی اصفهان  
دانشکده شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته شیمی فیزیک خانم سیده فرشته روحانی

تحت عنوان

**پوشش دهی نانوذرات مغناطیسی  $Fe_3O_4$  و بررسی اثر پوشش ها بر اندازه و خواص مغناطیسی نانوذره**

در تاریخ ۱۳۸۷/۱۲/۲۴ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

دکتر عزت کشاورزی

۱- استاد راهنمای پایان نامه

دکتر یوسف غایب

۲- استاد راهنمای پایان نامه

پروفسور بیژن نجفی

۳- استاد داور

دکتر فرهاد حدادزاده

۴- استاد داور

پروفسور بیژن نجفی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

## تشکر و قدردانی

سپاسگزارم از آفریدگار مهربان که مرا در پایان رساندن مرحله ای دیگر از تحصیل علم و رسیدن به آمال هایم یاری نمود.

از خانواده مهربان و دلسوزم که در تمامی مراحل زندگی یاورم هستند سپاسگزارم. از اساتید گرامی خانم دکتر کشاورزی و آقای دکتر غائب به خاطر آنچه از ایشان آموخته ام سپاسگزارم.

از اساتید بزرگوارم در این دوره تحصیلی آقای دکتر نجفی و آقای دکتر تبریزی نهایت تشکر را دارم.

از اساتید گرامی که به عنوان داور مطالعه پایان نامه را به عهده داشته اند صمیمانه تشکر می کنم.

از دوستان عزیزم که در طول دور کارشناسی ارشد در محضرشان بودم و کمک های فراوانی به من نمودند، کمال تشکر را دارم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،  
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این  
پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

## تقدیم به

مادر مهربانم که همیشه الگوی موفقیت برایم بوده اند

پدر فداکار و بزرگوام

و خواهر دلسوز و عزیزم هنگامه

## فهرست مطالب

عنوان.....	صفحه.....
فهرست مطالب.....	هشت.....
چکیده.....	۱.....

### فصل اول نانوفناوری

۱-۱- نانو فناوری پیشرفته.....	۲.....
۲-۱- نانو و پزشکی.....	۲.....
۳-۱- روشهای تشخیصی.....	۳.....
۱-۳-۱- کاربرد نانوفناوری در روشهای برون تن.....	۳.....
۲-۳-۱- کاربرد نانوفناوری در روش های درون تن.....	۴.....
۴-۱- سامانه های دارو رسانی و درمانی.....	۵.....
۵-۱- موقعیت نانو پزشکی در مجموعه خدمات پزشکی.....	۶.....
۶-۱- سمیت نانو سامانها.....	۶.....
۷-۱- ساختار پایان نامه.....	۷.....

### فصل دوم: خاصیت مغناطیسی مواد در مقیاس ماکرو و نانو

۱-۲- انواع مواد مغناطیسی در مقیاس ماکرو.....	۹.....
۱-۱-۲- مواد دیا مغناطیس.....	۹.....
۲-۱-۲- مواد پارامغناطیس.....	۹.....
۳-۱-۲- مواد فرومغناطیس.....	۱۰.....
۴-۱-۲- مواد آنتی فرو مغناطیس.....	۱۱.....
۵-۱-۲- مواد فری مغناطیس.....	۱۳.....
۲-۲- فرایند مغناطیدگی.....	۱۳.....
۱-۲-۲- چگونگی مغناطیدگی.....	۱۴.....
۳-۲- خواص مغناطیسی در نانوذرات.....	۱۶.....

- ۲-۴- ناهمسانگردی مغناطیسی ..... ۱۷
- ۲-۵- افت و خیز گرمایی و ظهور پدیده سوپر پارامغناطیس ..... ۱۷
- ۲-۵-۱- وابستگی نیروی وادارنده به اندازه ذرات ..... ۱۹
- ۲-۶- اندازه گیری پارامترهای مغناطیسی نانوذرات ..... ۲۰
- ۲-۷- اتلاف انرژی در مواد مغناطیسی و تولید گرما ..... ۲۲
- ۲-۷-۱- انرژی حاصل از اصطکاک ..... ۲۲
- ۲-۷-۲- اتلاف انرژی حاصل از پسماند مغناطیسی ..... ۲۲
- ۲-۷-۳- انرژی حاصل از واهلش ..... ۲۳
- ۲-۸- قدرت اتلاف ویژه ..... ۲۴
- ۲-۸-۱- اتلاف انرژی حاصل از مکانیسم واهلش (آسایش) ..... ۲۶
- ۲-۸-۲- مقایسه اثر آسایش نیل و بروان در تولید گرما ..... ۲۷
- ۲-۸-۳- وابستگی اتلاف انرژی به اندازه ذرات ..... ۲۸
- ۲-۸-۴- وابستگی اتلاف انرژی به فرکانس ..... ۳۱
- ۹-۲- بررسی عوامل موثر در مقدار SAR ..... ۳۱

### فصل سوم: نانوذرات مغناطیسی $Fe_3O_4$ تولید و کاربردهای آن

- ۳-۱- سنتز به روش رسوب گیری از محلول ..... ۳۸
- ۳-۱-۱- روش همرسوبی ..... ۳۸
- ۳-۲- سنتز نانوذرات  $Fe_3O_4$  به روش همرسوبی ..... ۴۰
- ۳-۲-۱- تأثیر عوامل مختلف بر خواص نانوذرات سنتز شده به روش همرسوبی ..... ۴۱
- ۳-۳- پوشش دهی نانوذرات ..... ۴۷
- ۳-۳-۱- پوشش دهی نانوذرات مغناطیسی برای کاربردهای زیستی ..... ۴۸
- ۳-۴- ساختار اسپینل ..... ۵۱
- ۳-۴-۱- ساختار  $Fe_3O_4$  ..... ۵۳
- ۳-۵- کاربردهای بیولوژی نانوذرات مگنتیت ..... ۵۲

- ۵۳..... کاربرد نانوذرات مغناطیسی در رهایش دارو ..... ۱-۵-۳
- ۵۵..... کاربرد نانوذرات مغناطیسی در نشاندار کردن و جدایش سلولی ..... ۲-۵-۳
- ۵۵..... کاربرد نانوذرات مغناطیسی در افزایش کنتراست تصویر در تکنیک MRI ..... ۳-۵-۳
- ۵۶..... هایپرترمی (گرما درمانی)..... ۳-۵-۳

### فصل چهارم: پوشش دهی نانوذرات $Fe_3O_4$ و اثرات آن در اندازه و خواص مغناطیسی

- ۶۲..... مواد و دستگاههای مورد استفاده در این پایان نامه..... ۱-۴
- ۶۲..... سنتز نانوذرات  $Fe_3O_4$  به روش همرسوبی..... ۲-۴
- ۷۱..... پوشش دهی نانوذرات..... ۳-۴
- ۷۳..... پوشش اولئیک اسید..... ۱-۳-۴
- ۷۹..... پوشش پالمیتولئیک اسید..... ۲-۳-۴
- ۸۴..... لینولئیک اسید..... ۳-۳-۴
- ۸۹..... پوشش نشاسته..... ۴-۳-۴
- ۹۴..... پوشش اولئیک اسید و نشاسته..... ۵-۳-۴
- ۹۸..... فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری.....
- ۱۰۶..... مراجع.....



## فهرست شکلها

صفحه	عنوان
۱۱	شکل ۱-۲- مغناطیسی خارجی وضعیت حوزه های مغناطیسی نیکل در حضور و در غیاب میدان.....
۱۱	شکل ۲-۲- تبدیل آرایش اسپین الکترونها در مواد فرومغناطیس به آرایش اسپین در مواد پارامغناطیس در دمای کوری.....
۱۲	شکل ۳-۲- نمایش حوزه های مغناطیسی در مواد آنتی فرومغناطیس.....
۱۲	شکل ۴-۲- تبدیل نظم اسپینی مواد آنتی فرومغناطیس به آرایش پارامغناطیس در دمای نیل.....
۱۳	شکل ۵-۲- مقایسه آرایش مغناطیسی در مواد فرو، آنتی و فری مغناطیس.....
۱۴	شکل ۶-۲- نمودار تغییرات مغناطیدگی با تغییر میدان مغناطیسی اعمالی.....
۱۵	شکل ۷-۲- منحنی مغناطیدگی یک ماده پارامغناطیس.....
۱۶	شکل ۸-۲- محدوده اندازه تک حوزه ای شدن برای چند ترکیب.....
۱۸	شکل ۱۱-۲- نمودار H بر حسب M برای سه ماده فرو، پارا و سوپر پارامغناطیس.....
۲۰	شکل ۱۲-۲- رابطه HC با اندازه ذرات.....
۲۱	شکل ۱۳-۲- نمودار ZFC و FC برای نمونه $Fe_2O_3$ .....
۲۴	شکل ۱۴-۲- مکانیسم (a) آسایش نیل. (b) آسایش بروان.....
۲۵	شکل ۱۵-۲- دستگاه گرماسنجی.....
۲۶	شکل ۱۶-۲- نمودار (دما - زمان) برای چند نمونه از نانوذرات مگنتیت در اندازه های مختلف.....
۲۸	شکل ۱۷-۲- نمودار "X بر حسب فرکانس برای نانوذرات مگنتیت پراکنده شده در فسفات بافرسالیین.....
۲۹	شکل ۱۸-۲- اثر اندازه ذرات بر تغییرات اتلاف انرژی حاصل از مکانیسم نیل و پسماند.....
۳۰	شکل ۱۹-۲- نمودار اتلاف انرژی حاصل از پسماند مغناطیسی برای نانوذرات مگنتیت با اندازه های متفاوت.....
۳۱	شکل ۲۰-۲- نمودار تغییرات انرژی اتلاف با فرکانس برای چند نمونه مختلف.....
۳۲	شکل ۲۱-۲- نمودار تغییرات SAR نمونه با تغییرات ویسکوزیته.....
۳۴	شکل ۲۲-۲- اثر غلظت نانوذرات بر مقادیر SAR.....
۳۵	شکل ۲۳-۲- اثر قدرت میدان مغناطیسی بر مقادیر SAR.....
۳۸	شکل ۱-۳- مکانیسم سنتز ذرات طی فرایند هم رسوبی.....
۴۱	شکل ۲-۳- اثر درصد غلظت یون فروس در اندازه نانوذرات سنتز شده.....
۴۳	شکل ۳-۳- اثر دمای واکنش بر اندازه نانوذرات.....
۴۵	شکل ۴-۳- اثر pH بر اندازه نانوذرات.....
۴۵	شکل ۵-۳- اثر غلظت بر اندازه نانوذرات.....
۴۷	شکل ۶-۳- اثر سرعت هم زدن محلول بر اندازه نانوذرات.....
۵۲	شکل ۷-۳- سلول واحد ساختار اسپینل.....
۶۵	شکل ۱-۴: طیف XRD ذرات $Fe_3O_4$ سنتز شده.....
۶۷	شکل ۲-۴- تصاویر SEM نانوذرات $Fe_3O_4$ سنتز شده با شاخص ۲۰۰ نانومتر.....
۶۹	شکل ۳-۴- طیف زتاسایزر نانوذرات $Fe_3O_4$ .....
۷۰	شکل ۴-۴- طیف VSM نانوذرات مگنتیک بدون پوشش.....

- شکل ۴-۵- شکل شماتیک اسید چرب (الف) غیراشباع و (ب) اسید چرب اشباع..... ۷۳
- شکل ۴-۶- تصویر شماتیک از مولکول اولئیک اسید..... ۷۳
- شکل ۴-۷- نانوذرات مگنتیت پوشش دار شده (الف) با یک لایه اسید چرب و (ب) دو لایه اسید چرب..... ۷۴
- شکل ۴-۸- نمودار TGA نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با اولئیک اسید..... ۷۵
- شکل ۴-۹- طیف ZTASایزر نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با اولئیک اسید..... ۷۶
- شکل ۴-۱۰- طیف VSM نانوذرات  $Fe_3O_4$  سنتز شده با پوشش اولئیک اسید..... ۷۸
- شکل ۴-۱۱- نمودار پذیرفتاری مغناطیسی بر حسب دما در میدان oe در دو فرکانس مختلف..... ۷۸
- شکل ۴-۱۲- تصویر شماتیک از مولکول پالمیتولئیک اسید..... ۷۹
- شکل ۴-۱۳- طیف TGA نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با پالمیتولئیک اسید..... ۸۰
- شکل ۴-۱۴- طیف ZTASایزر نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با پالمیتولئیک اسید..... ۸۲
- شکل ۴-۱۵- طیف VSM نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با پالمیتولئیک اسید..... ۸۳
- شکل ۴-۱۶- تصویر شماتیک از مولکول لینولئیک اسید..... ۸۴
- شکل ۴-۱۷- طیف TGA نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با لینولئیک اسید..... ۸۵
- شکل ۴-۱۸- طیف ZTASایزر نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با لینولئیک اسید..... ۸۷
- شکل ۴-۱۹- طیف VSM نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با لینولئیک اسید..... ۸۸
- شکل ۴-۲۰- طیف TGA نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با نشاسته..... ۹۰
- شکل ۴-۲۱- طیف ZTASایزر نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با نشاسته..... ۹۲
- شکل ۴-۲۲- طیف VSM نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با نشاسته..... ۹۳
- شکل ۴-۲۳- طیف TGA نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با اولئیک اسید و نشاسته..... ۹۵
- شکل ۴-۲۴- طیف ZTASایزر نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با اولئیک اسید و نشاسته..... ۹۷
- شکل ۴-۲۵- طیف VSM نانوذرات  $Fe_3O_4$  پوشش دار شده با اولئیک اسید و نشاسته..... ۹۷

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۳۰	جدول ۱-۲- مقایسه مقادیر SAR نانوذرات با اندازه های متفاوت
۳۳	جدول ۲-۲- تاثیر فاکتور آگلومره شدن بر مقادیر SAR
۳۴	جدول ۳-۲- اثر نوع پوشش بر مقادیر SAR
۳۵	جدول ۴-۲- اثر انواع حلال با ویسکوزیته های متفاوت بر مقادیر SAR
۴۳	جدول ۱-۳- اثر غلظت یونهای فروس و فریک بر اندازه و خواص مغناطیسی نانوذرات
۶۶	جدول ۱-۴- داده های XRD ذرات $Fe_3O_4$ سنتز شده
۸۱	جدول ۲-۴- داده های حاصل از طیف TGA نانوذرات $Fe_3O_4$ پوشش دار شده با پالمیتولئیک اسید
۸۶	جدول ۳-۴- داده های حاصل از طیف TGA نانوذرات $Fe_3O_4$ پوشش دار شده با لینولئیک اسید
۹۱	جدول ۴-۴- داده های طیف TGA نانوذرات $Fe_3O_4$ پوشش دار شده با نشاسته
۹۶	جدول ۵-۴- داده های طیف TGA نانوذرات $Fe_3O_4$ پوشش دار شده با اولئیک اسید و نشاسته

## چکیده

در دهه‌های اخیر نانوذرات مغناطیسی به علت رفتار سوپرپارامغناطیسی و تولید گرما برای نابودی سلولهای سرطانی مورد توجه بسیار قرار گرفته‌اند. در این تحقیق نانوذرات مگنتیت به روش هم‌رسوبی تهیه و با چند ماده سازگار با محیط زیست شامل اولئیک اسید، پالمیتولئیک اسید، لینولئیک اسید و نشاسته پوشش دار شدند. همچنین اثر پوشش دولایه‌ای اولئیک اسید و نشاسته نیز بررسی شد. با توجه به طیف‌های زتاسایزر، SEM، TGA و VSM تهیه شده از ذرات  $Fe_3O_4$  وجود پوشش در سطح ذرات و سوپرپارامغناطیسی بودن اثبات گردید. اثر نوع پوشش در میزان مغناطش و اندازه ذرات پوشش دار شده نیز مشخص شد. سه اثر پوشش در اینجا قابل توجه است. اول اینکه پوشش با نشست بر سطح نانوذرات مانع جاذبه‌های دو قطبی - دو قطبی نانوذرات شده و از تجمع و کلوخه شدن آنها جلوگیری می‌کند. دوم اینکه چون درصدی از وزن نمونه را پوشش تشکیل می‌دهد لذا مقدار مغناطش اشباع که بر واحد جرم تعریف می‌شود را تغییر می‌دهد. سومین اثر پوشش بر ناهمسانگردی سطح است که معمولاً پوشش استفاده شده باعث افزایش ناهمسانگردی سطح می‌شود که نتیجه آن افزایش زمان آسایش نیل و در نهایت افزایش گرمای تولیدی توسط این ذرات است. در بین نمونه‌های پوشش دار شده با اسیدهای چرب، نمونه پوشش دار شده با لینولئیک اسید به خاطر وجود دو باند دو گانه در ساختار مولکولی، تمایل بیشتری به جسییدن به سطح نانوذرات دارد و با توجه به طیف TGA این نمونه، به علت بالا بودن درصد پوشش مغناطش اشباع کاهش می‌یابد. بررسی رفتار دو نمونه پوشش دار شده با اولئیک اسید و پالمیتولئیک اسید نشان داد که این پوشش‌ها اثر مشابهی در رفتار مغناطیسی نانوذرات مگنتیت دارند. این مسئله با توجه به ساختار مولکولی مشابه این اسیدها و تفاوت ناچیز فقط در یک اتم کربن قابل انتظار می‌باشد. نمونه‌های پوشش دار شده با نشاسته تغییرات شدید در مغناطش اشباع نشان دادند که این مسئله با توجه به وزن مولکولی بالای نشاسته که درصد زیادی از وزن نمونه را تشکیل می‌دهد قابل توجه است. در مجموع می‌توان گفت نوع پوشش استفاده شده اثر زیادی بر رفتار مغناطیسی ذرات و در نتیجه میزان گرمای تولیدی دارد.

**کلمات کلیدی:** نانوذرات مگنتیت، سوپرپارامغناطیس، هایپرترمی، پالمیتولئیک اسید، لینولئیک اسید

## فصل اول

### نانو فناوری

#### مقدمه

نانوفناوری به زمینه‌ای از علوم کاربردی اطلاق می‌شود که به طراحی، سنتز، بررسی ویژگی‌ها و کاربرد مواد و وسایل در مقیاس نانو تأکید دارد. نانو فناوری مجموعه‌ای از فناوری زیست‌شناسی، فیزیک، شیمی و دیگر رشته‌هاست، که به مطالعه پدیده‌ها مواد و پردازش در مقیاس نانو می‌پردازد و در واقع حاصل گسترش علوم موجود به محدوده نانو می‌باشد. اصطلاح نانوفناوری همچنین به طور گسترده برای روش‌هایی به کار گرفته شده است که ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر را تولید یا اندازه‌گیری می‌کنند. گرچه هنوز سامانه‌های کمپلکس با ویژگی‌های مولکولی دقیق نمی‌توانند با بهره‌گیری از روش‌های موجود ساخته شوند ولی با این حال اینگونه سامانه‌ها می‌توانند طراحی و آنالیز شوند. با این تعبیر مطالعات نانو فناوری، گرچه در مواردی نظری هستند ولی می‌توانند توسعه فن‌آوری‌های کاربردی را راهبری نمایند.

موادی که اندازه آن‌ها به محدوده نانو کاهش می‌یابد می‌توانند ویژگی‌های بسیار متفاوت با مواد ماکرو از خود نشان دهند. از جمله این تفاوتها می‌توان از تغییر مواد کدر به شفاف (مس)، خنثی به کاتالیست (پلاتین)، پایدار به آتش‌گیر (آمونوم)، جامد به مایع در دمای اتاق (طلا) و عایق به هادی (سیلیکون) نام برد. در واقع کوچک شدن اندازه به معنای جایگیری و استقرار متفاوت اتم‌های سطحی است که این امر فیزیک و شیمی اشیاء را تغییر می‌دهد

## ۱-۱- نانو فناوری پیشرفته

نانو فناوری پیشرفته که گاهی نانوفناوری مولکولی<sup>۱</sup> نیز نامیده می‌شود به ایده‌ها و مفاهیم طراحی و مهندسی نانو سامانه‌هایی که در مقیاس مولکولی عمل می‌کنند اطلاق می‌شود. به طور معادل می‌توان این نانو سامانه‌ها را ماشین-هایی در محدوده نانو دانست که طراحی و ساخت آن‌ها اتم به اتم انجام گرفته‌است. این تعریف آنها را از نانو مواد متمایز می‌سازد. هدف در نانوفناوری مولکولی این است که یک جزء مولکولی در مکانی معین و در وضعیت فضایی معینی گذاشته شود تا واکنش شیمیایی مطلوب حاصل شود. با چینش و کنار هم نهادن محصول‌های این واکنش سامانه مورد نظر ساخته می‌شود. رسیدن به قدرت و توانائی کنترل در سطح مولکولی در سرتاسر ساختار ماده، تنوع گسترده‌ای از کاربردهای مثبت را به ارمغان خواهد آورد. زمینه‌های کاربرد بالقوه نانوتکنولوژی عبارتند از: الکترونیک، مخابرات، برق (قدرت)، کامپیوتر، صنایع شیمیایی و داروسازی، بهداشت، محیط زیست، تکنولوژی اطلاعات، امنیت ملی، انرژی، بیوتکنولوژی و پزشکی [۲].

از آنجا که این تحقیق به کاربرد نانوفناوری در پزشکی اختصاص دارد، لازم است که اهمیت و کاربرد نانودر پزشکی به صورت اختصار بررسی شود.

## ۱-۲- نانو و پزشکی

نانوفناوری تحول بزرگی در زمینه‌های مختلف علوم و فناوری به وجود خواهد آورد در حدی که آن را مهم‌تر از انقلاب صنعتی می‌دانند. یکی از شاخه‌های مهم علمی که نانو تکنولوژی می‌تواند تحول عظیمی در آن ایجاد کند علم پزشکی است. انتظار می‌رود نانوفناوری تحقیقات پایه زیست پزشکی را از طریق ایجاد ابزارهای نوین شتاب دهد و پیشرفت قابل توجهی را در تشخیص و درمان بیماری‌ها موجب شود. در خلال ده سال گذشته، گروه‌های تحقیقاتی زیستی و پزشکی از ویژگی‌های منحصر به فرد نانو مواد در زمینه‌های مختلف بهره‌برداری کرده‌اند و موفقیت‌هایی نیز کسب کرده‌اند. همین موفقیت‌ها افق‌ها و امیدهای نوینی برای تحقیقات نانوفناوری به وجود آورده‌اند و واژه‌هایی همچون نانوفناوری زیست پزشکی، نانوفناوری زیستی و نانوپزشکی برای توصیف این پیوند به کار گرفته شده‌اند. هدف نانو پزشکی استفاده از وسیله‌ها و نانو سازه‌هایی است که در سطح مولکولی عمل کرده و توسط آن‌ها به توان، ساخت، ترمیم، دفاع و بهبود تمامی سامانه‌های زیستی انسانی را محقق نمود. نانو پزشکی در برگیرنده سه گستره مرتبط با هم، تشخیص پزشکی، درمان و پیشگیری بیماری‌ها با استفاده از سامانه‌های درمانی هدفمند و با روش کنترل شده می‌باشد.

در روش‌های تشخیص نانو، هدف نهایی تشخیص بیماری در ابتدایی‌ترین مراحل ممکن و در حالت ایده آل در حد یک سلول منفرد است. نانو فناوری می‌تواند ابزارهای تشخیصی را ارائه کند که از حساسیت، اختصاصی بودن و قابلیت اعتبار بیشتری برخوردار باشند. این فناوری همچنین امکان انجام اندازه‌گیری‌های مختلف را به طور موازی و یا در طی مراحل مختلف از تهیه نمونه تا تعیین و آشکارسازی در قالب یک وسیله ریز امکان‌پذیر خواهد ساخت [۳].

### ۱-۳- روش‌های تشخیصی

کاربرد میکرو و نانو بیوتکنولوژی در بیماری‌شناسی پزشکی می‌تواند به دو زمینه تقسیم بندی شود. روش‌های برون تن<sup>۱</sup> (زیست حسگرها و وسایل یکپارچه) و درون تن<sup>۲</sup> (وسایلی کاشتنی و تصویر برداری پزشکی). پزشکی مدرن در اوایل قرن نوزدهم با شناخت سلول به عنوان منشأ سلامتی و بیماری پی ریزی شد. به دنبال آن تاکنون پژوهش‌های بنیادی، شناخت بهتری از ساز و کار بسیار پیچیده سلولی فراهم آورده‌اند و توسعه و تعمیق این شناخت موجب پیشرفت پزشکی بوده و خواهد بود. پیشرفت روش‌های گوناگون و آمیختن آنها برای شناسایی سلول و اجزای آن (همچون روش‌های میکروسکوپی نوری جدید، روش میکروسکوپ تصویر پوی با استفاده از پروب، روش میکروسکوپ الکترونی و روش عکسبرداری با استفاده از طیف سنجی جرمی) از اهمیت ویژه‌ای در نانو پزشکی برخوردار خواهند بود.

#### ۱-۳-۱- کاربرد نانوفناوری در روش‌های برون تن

روش‌های برون تن بیماری‌شناسی در پزشکی، عمدتاً وقت گیر هستند، خون و دیگر مایعات بدن یا نمونه‌های بافتی برای آنالیز به آزمایشگاه ارسال می‌شوند که این امر می‌تواند بسته به روش آزمایش تا ساعت‌ها، روزها یا هفته‌ها به طول انجامد و در هر حال به نیروی انسانی زیادی نیازمند می‌باشند. معایب دیگر آن شامل فساد نمونه‌ها، هزینه بالا، طولانی بودن زمان دریافت جواب آزمایش (حتی در فوریت‌های پزشکی)، نتایج غیر صحیح در نمونه‌های کم و کوچک، دشواری در یکپارچه نمودن پارامترهای به دست آمده از روشهای مختلف و ضعف در استاندارد کردن روش‌های جمع‌آوری نمونه‌ها می‌باشد.

کوچک‌سازی، موازی‌سازی و یکپارچه سازی مراحل مختلف بر روی یک وسیله، بر مبنای آنچه از صنایع الکترونیک اقتباس شده بود به تدریج منجر به تولید و توسعه نسل جدیدی از وسایلی شد که کوچکتر، سریعتر و

۱ -In Vitro

۲ -In Vivo

ارزانت‌تر بوده و در عین حال برای کاربرد آن‌ها به مهارت ویژه‌ای نیاز نیست و امکان اندازه‌گیری صحیح را فراهم می‌کنند. این وسایل تجزیه‌ای به حجم خیلی کمتری از نمونه نیاز داشته و داده‌های کامل‌تر و صحیح‌تری را از آزمایشها فراهم می‌کنند. نیاز به مقدار کمتر نمونه، همچنین بدین معنی است که روش نمونه‌گیری از بیمار از ویژگی تهاجمی و آسیب‌رسانی کمتری برخوردار است. نانوفناوری، بهبود بیشتر روش‌های تشخیص را ممکن می‌سازد و سرانجام تشخیص بر بالین بیمار را امکان‌پذیر می‌کند. در آینده پیشرفت‌های فناوری نانو با در نظر گرفتن و انطباق نیازهای پزشکی هر فرد موجب تغییرات اساسی در شیوه تجویز داروها خواهند شد. جالب توجه است که بسیاری از روش‌های نوینی که برای آزمایشهای پزشکی طراحی شده‌اند نیز کاربردهای متنوع مهمی مثلاً در مسائل امنیتی و پالایش‌های زیست محیطی پیدا کرده‌اند.

یک وسیله تشخیص برون تن می‌تواند یک زیست حسگر منفرد یا یک وسیله یکپارچه متشکل از تعدادی زیست-حسگر باشد. یک زیست حسگر، حسگری است که حاوی یک جزء زیستی، از قبیل یک آنزیم می‌باشد و قادر است حضور، فعالیت و یا غلظت یک مولکول زیستی خاص را در محلول شناخته و آن را از طریق برخی تغییرات شیمیایی علامت دهد. برای تبدیل علامت‌های شیمیایی به علامت‌های کمی از یک مبدل استفاده می‌شود. ویژگی کلی زیست حسگرها اختصاصی بودن و حساسیت آنهاست. ابزارهای نانو تجزیه‌ای تصویری جرمی راه‌های جدیدی را برای تشخیص برون تن فراهم می‌سازند، که آسیب‌شناسی مولکولی از این جمله است. روش‌های برگرفته از صنایع الکترونیک به کوچک سازی زیست حسگرها و لذا استفاده از نمونه‌های کوچکتر و نیز مجموعه‌های یکپارچه از حسگرها انجامیده است که اندازه‌گیری‌های متفاوتی را به طور همزمان از یک نمونه به عمل می‌آورند. پیشرفت‌های جدید با کمک نانو تکنولوژی هدف خود را بر یافتن و گسترش آن دسته از وسایل تشخیصی برون تن متمرکز نموده‌اند که در محیط‌های استاندارد بالینی به کار روند و یا به عنوان مثال، وسایل تشخیصی در هنگام معاینه بیمار در بستر و یا کلینیک مورد استفاده قرار بگیرند.

### ۱-۳-۲- کاربرد نانوفناوری در روش‌های درون تن

روش‌های درون تن شامل روش‌های تصویربرداری است و وسیله‌های کاشتنی را نیز در بر می‌گیرد. در خلال ۲۵ سال گذشته تصویربرداری پزشکی از یک نقش حاشیه‌ای در خدمات پزشکی به یک ابزار اساسی تشخیص تبدیل شده است. اینک تصویربرداری مولکولی و درمانهایی که با کمک تصاویر پزشکی انجام می‌شود راهی اصولی در تشخیص بیماری‌ها فراهم کرده است. در ابتدا روش‌های تصویربرداری فقط می‌توانستند تغییرات ظاهری بافت‌ها را در حالات نسبتاً پیشرفته بیماری نشان دهند. بعدها موادی که می‌توانستند با سهولت بیشتری محل بیماری را شناسایی



کنند عرضه شدند. امروزه توسط نانوفناوری اهدافی چون تشخیص زودرس بیماریها و در حالت ایده آل تشخیص در حد یک سلول منفرد و نیز سنجش اثر بخشی درمان دنبال می شود. به زودی با ورود فناوری نانو به دنیای تصویربرداری راه انقلابی در تصویربرداری مولکولی (که تصویربرداری نانو نیز خوانده می شود) گشوده خواهد شد که این امر به تشخیص یک سلول منفرد یا یک مولکول منفرد در محیط کمپلکس زیستی خواهد انجامید.

#### ۱-۴- سامانه های دارو رسانی و درمانی

هدف دراز مدت سیستم های دارورسانی و درمانی، ایجاد توانایی در هدف قرار دادن سلول های خاص و یا پذیرنده ها در داخل بدن است. اکنون عوامل گوناگونی موجب توسعه سامانه های دارویی می شوند. هدفمند کردن مؤثر داروها به محل بیماری به منظور کاهش هزینه ها و از سوی دیگر یافتن راه های جدید دارو رسانی برای آن دسته از ترکیبات جدید دارویی که نمی توانند به روش های معمول تجویز شوند از اهمیت ویژه ای برخوردار است. نانو-فناوری نقش حیاتی در این زمینه ایفا می کند. مطالعات بر روی نانوذرات این حقیقت را آشکار نموده است که افزایش نسبت سطح به حجم موجب افزایش اثر داروها می شود. نانوذرات همچنین حامل های خوبی برای ترکیبات کم محلول می باشند. زمانی که دارویی به صورت حامل مناسبی در آید و به صورت « نانو ذره » در بر گرفته شود می تواند به محل مناسب رسانده شود. از تجزیه شدن و غیرفعال شدن زودرس آن جلوگیری شود و به صورت کنترل شده رهش یابد. این امر موجب اثر بخشی برتر و عوارض جانبی فوق العاده کمتر دارو خواهد شد. دارورسانی نانو می تواند به طور مؤثری برای درمان سرطان و طیف گسترده ای از دیگر بیماریها که نیازمند داروهایی با قدرت اثر بالایی هستند مورد استفاده قرار گیرد.

فناوری دارورسانی توسط میکرو تراشه ها نیز که از ادغام فناوری های دارو رسانی و الکترونیک پدید آمده است، از نانوفناوری بهره می برد. ریزسازی بیشتر وسایل و توانایی نگهداری و رها شدن مواد شیمیایی بر حسب نیاز، راه های جدیدتری را در درمان بیماریها نوید می دهد. در نگرشی به آینده، نانو ذرات محتویات درمانی و یا ژنتیکی خود را به داخل سلولهای بیمار و معیوب حمل خواهند نمود که موجب کاهش عوارض جانبی داروها خواهد شد زیرا نانوذرات فقط به هنگام رسیدن به محل اثر مورد نظر فعال خواهند شد. آنها ممکن است حتی پیش از فعال شدن، ابتدا فرد را از وجود بیش مقداری دارو مورد بررسی قرار دهند. از این رو از مسمومیت ها و عوارض ناشی از دارو پیشگیری کنند. در خلال سه دهه گذشته تعداد و تنوع سامانه های دارورسانی با رهش کنترل شده افزایش فوق العاده ای داشته است. بسیاری از این سامانه ها با استفاده از پلیمرهایی تهیه شده اند که خصوصیت فیزیکی و یا شیمیایی ویژه ای همچون

تجزیه پذیری، زیست سازگاری و حساسیت به تغییرات pH و یا دما داشته‌اند. علیرغم وجود نمونه‌های موفق بسیار، تاکنون همراه کردن علوم پلیمری با مفاهیمی از زیست‌شناسی به منظور نیل به راهبردها و فرصت‌های جدید در زمینه طراحی سامانه‌های دارو رسانی نوین که مطابق با نیازهای امروز باشد، به خوبی مورد توجه قرار نگرفته‌است. تا حدی پیشرفت در این رابطه به واسطه مقررات موجود کند شده است. توجه به ایمنی دارو به موازات اثربخشی آنها برای تمامی سامانه‌ها حیاتی است [۴].

### ۱-۵- موقیعت نانو پزشکی در مجموعه خدمات پزشکی

با آغاز قرن ۲۱، ما شاهد تغییر الگوی پزشکی بوده‌ایم. از نانوپزشکی انتظار می‌رود که به طور بارزی بر مجموعه خدمات پزشکی تأثیر گذار باشد. این امر فرصت‌های جدیدی را فراهم آورده است که ابزارهای تشخیصی قدرتمندی را عرضه کنند که قادر به شناسایی زمینه‌های ژنتیکی ابتلا به بیماریها می‌باشند. در آینده آزمایشهای تشخیص در بستر بیماران به طور عادی انجام خواهد شد تا آن گروه از بیماران که نیازمند به داروهای پیشگیری کننده‌اند شناسایی شوند تا مناسبترین دارو برای هر فرد بیمار انتخاب و پاسخ بیماران به درمان مورد سنجش قرار گیرد. نانوفناوری نقش اساسی در شناخت ابزارهای تشخیصی و ارزیابی « هزینه بری - اثر بخشی » ایفا خواهد کرد.

### ۱-۶- سمیت نانو سامانه‌ها

در پایان این مبحث باید توجه داشت که نانو سامانه‌ها در کنار مزایای متعدد، مضراتی نیز دارند. نانو حامل‌ها ممکن است مشکلاتی از قبیل حلالیت و پایداری داروها را حل نموده و عوارض جانبی دارو را کاهش دهند. اما مورد مهمی نیز در رابطه با سمیت خود این نانو سامانه‌ها مطرح است که بایستی به آنها پرداخته شود. در سال‌های اخیر گزارش‌هایی از مسمومیت جدی سامانه‌های زیستی که در معرض نانو ذرات بوده‌اند منتشر شده است.

در مورد نانو ذرات تزریقی مسئله مسمومیت جدی‌تر است چرا که اندازه ذرات تا حدودی توزیع بافتی آنها را تعیین می‌کند. از این رو این سوال مطرح است که نانو حامل‌ها و مواد متشکله آنها در بدن چه سرنوشتی پیدا می‌کنند. این مسئله در مورد ذراتی چون نانو لوله‌های کربنی و یا موادی مانند پلی اتیلن گلیکول که برای پوشش ذرات به کار می‌روند و در محیط زیستی تجزیه نمی‌شوند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. آیا این اجزاء یا مواد ناشی از تخریب و تجزیه آنها فعالیت فارماکولوژیکی یا ایمنولوژیکی نشان خواهند داد؟ آیا ناقل‌های پلیمری مورد استفاده در ژن‌رسانی و دیگر مواد زیستی پلیمری موجب تداخل در نظم سلولی و یا تغییر بیان ژنی می‌شوند؟ اگر چنین است

عواقب دراز مدت آنها چیست؟ در آخر با توجه به اختلافات درون گونه‌ای و بین گونه‌ای تا چه حد می‌توان نتایج سمیت سلولی و ایمونولوژیک در مدل‌های حیوانی را به انسان نیز تعمیم داد [۵]؟

#### ۱-۷- ساختار پایان نامه

ساختار این پایان نامه مشتمل بر پنج فصل به شرح زیر می‌باشد:

فصل حاضر: مقدمه‌ای بر فناوری نانو و اهمیت نانوفناوری در پزشکی.

فصل دوم: بررسی خواص مغناطیسی مواد در مقیاس ماکرو و نانو و مکانیسم‌های تولید گرما توسط مواد مغناطیسی.

فصل سوم: بررسی خواص و ساختار نانوذرات  $Fe_3O_4$  و مکانیسم و شرایط بهینه برای سنتز این نانوذرات به روش هم‌رسوبی و اهمیت پوشش‌دهی آنها برای کاربردهای بیولوژی.

فصل چهارم: بررسی کارهای انجام شده در این تحقیق که شامل سنتز و پوشش‌دهی نانوذرات با چند ماده مختلف است.

فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری در این تحقیق.

## فصل دوم

### خاصیت مغناطیسی مواد در مقیاس ماکرو و نانو

هر ذره باردار متحرک علاوه بر ایجاد یک میدان الکتریکی، یک میدان مغناطیسی نیز در فضای اطراف خود ایجاد می‌کند که بر راستای حرکت آن ذره عمود است و جهت آن طبق قانون دست راست به دست می‌آید. بر همین اساس می‌توان خواص مغناطیسی مواد را توجیه کرد. زیرا هر ماده‌ای متشکل از اتم، مولکول و یون است. مولکول‌ها و یون‌ها نیز به نوبه خود از اتم تشکیل شده‌اند و هر اتم دارای ذره‌های باردار به ویژه الکترون است که پیوسته در فضای اطراف هسته و به دور خود در چرخش است. همین چرخش منشأ خواص مغناطیسی اتم و گونه‌های شیمیایی متشکل از اتم‌هاست. ذکر این نکته لازم است که حرکت ذرات باردار موجود در هسته اتم (پروتون) نیز در ایجاد خواص مغناطیسی مواد بی‌تأثیر نیست. اما با توجه به اینکه آثار مغناطیسی مربوط به ذره‌های باردار هسته در مقایسه با آثار مربوط به الکترون‌ها، بسیار کم (حدود چند هزارم) است. هسته‌ها معمولاً اثر قابل ملاحظه‌ای در اندازه‌گیری‌های مربوط به پدیده‌های مغناطیسی ندارند. البته این به معنای بی‌اهمیت بودن مغناطیس هسته نیست. زیرا در واقع اثرات این نوع ذرات است که طیف سنجی رزونانس مغناطیسی هسته‌ای را به صورت وسیله بسیار مفید برای بررسی خواص ساختاری مواد، در دسترس شیمی‌دانان قرار داده است [۶].

از آنجا که هدف این پروژه بررسی خواص مغناطیسی نانوذرات است لازم دانستیم در ابتدا مفاهیم پایه مغناطیس را در ابعاد ماکرو توضیح دهیم و سپس ظهور خواص ویژه مغناطیسی در ابعاد نانو را توجیه کنیم.