



دانشگاه خوارزمی

دانشکده شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی تجزیه

## عنوان

استخراج فاز جامد داروهای دوپامین و نورتریپتیلین با استفاده از

نانوذرات مغناطیسی آهن اصلاح شده و اندازه گیری به روش

اسپکتروفتومتری

## استاد راهنما

دکتر محمد حسین مشهدی زاده

## نگارش

رزا خراجی نژادیان

اسفند ۱۳۹۱

## چکیده

در این پایان نامه روش جدیدی برای استخراج داروهای دوپامین و نورتریپتیلین در نمونه‌های آبی با استفاده از نانوذرات مغناطیسی اصلاح شده و اندازه‌گیری آنها با دستگاه اسپکتروفتومتری طراحی و معرفی شده است. در این پژوهش نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن (مگنتیت) با روش هم‌رسوبی، از یون‌های آهن دو و سه، در حضور آمونیاک سنتز و به منظور جلوگیری از اکسید شدن آنها از ۳- (تری متوکسی سیلیل)-۱- پروپان تیول (TMSPT) برای پوشاندن سطح استفاده شد.

در بخش نخست، به منظور اصلاح سطح نانوذرات تهیه شده، ابتدا سطح این نانوذرات به وسیله نانوذرات طلا پوشش داده شد و سپس مرکاپتو سوکسنیک اسید به صورت خود تجمعی (self assembled) بر روی این سطح نشانده شد. برای اطمینان از تشکیل محصول مورد نظر، در هر مرحله از سنتز طیف FT-IR آن مورد بررسی قرار گرفت.

داروی دوپامین به روش استخراج فاز جامد به وسیله نانوذرات مغناطیسی اصلاح شده استخراج و مقدار دوپامین بازیابی شده با روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد. اثر شرایط تجربی مانند pH (اسیدیته)، زمان، نوع و مقدار محلول شوینده، مقدار جاذب و گونه‌های مزاحم بر روی میزان استخراج داروی فوق بررسی و بهینه شد. در شرایط بهینه، حد تشخیص روش (LOD)  $15/3 \mu\text{g/L}$  با انحراف استاندارد  $3/4\%$  به دست آمد. بازده استخراج داروی مورد نظر  $95/7\%$  تعیین شد. ظرفیت جاذب در شرایط بهینه  $3/68$  میلی‌گرم به ازای هر گرم جاذب در  $\text{pH}=7$  تعیین شد. از شرایط بهینه شده برای استخراج دوپامین در نمونه آمپول دوپامین استفاده شد.

در بخش دوم از سدیم دودسیل سولفات به منظور اصلاح کردن سطح نانوذرات مغناطیسی پوشیده شده با ۳- (تری متوکسی سیلیل)-۱- پروپان تیول (TMSP-MNPs) برای استخراج

داروی نورتریپتیلین به روش استخراج فاز جامد استفاده شد. مقدار داروی بازیابی شده با روش اسپکتروفوتومتری تعیین شد. همانند بخش اول، اثر عوامل مؤثر بر بازده استخراج مانند pH، مقدار جاذب، مقدار سورفکتانت، مقدار و نوع محلول شوینده و گونه‌های مزاحم بررسی شدند. در شرایط بهینه، استخراج این دارو با بازده ۹۰٪ امکان پذیر است. حد تشخیص  $13 \mu\text{g/L}$  با انحراف استاندارد نسبی ۲/۲٪ به دست آمد. ظرفیت جاذب ۶/۶ میلی‌گرم به ازای هر گرم جاذب در  $\text{pH}=3$  تعیین شد. سپس از این جاذب برای استخراج نورتریپتیلین از نمونه قرص نورتریپتیلین استفاده شد.

# فهرست

صفحه	فهرست مطالب	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه و تئوری	۱- فصل اول: مقدمه و تئوری
۲	۱-۱- مقدمه‌ای بر نانوذرات	۱-۱- مقدمه‌ای بر نانوذرات
۲	۲-۱- تعریف نانوذره	۲-۱- تعریف نانوذره
۲	۳-۱- تاریخچه نانوذرات	۳-۱- تاریخچه نانوذرات
۳	۴-۱- خواص نانوذرات	۴-۱- خواص نانوذرات
۴	۵-۱- روش‌های شناسایی نانوذرات	۵-۱- روش‌های شناسایی نانوذرات
۵	۶-۱- کاربردهای نانوذرات	۶-۱- کاربردهای نانوذرات
۶	۷-۱- نانوذرات مغناطیسی	۷-۱- نانوذرات مغناطیسی
۹	۸-۱- نانوذرات مغناطیسی آهن	۸-۱- نانوذرات مغناطیسی آهن
۹	۱-۸-۱- مگنتیت	۱-۸-۱- مگنتیت
۹	۲-۸-۱- مگهمیت	۲-۸-۱- مگهمیت
۱۰	۹-۱- برخی از مهمترین کاربردهای نانوذرات اکسید آهن	۹-۱- برخی از مهمترین کاربردهای نانوذرات اکسید آهن
۱۰	۱-۹-۱- دارو رسانی هدفمند و ژن درمانی	۱-۹-۱- دارو رسانی هدفمند و ژن درمانی
۱۱	۲-۹-۱- گرما درمانی مغناطیسی یا هایپرترمیا	۲-۹-۱- گرما درمانی مغناطیسی یا هایپرترمیا
۱۱	۳-۹-۱- تصویربرداری تشدید مغناطیسی MRI	۳-۹-۱- تصویربرداری تشدید مغناطیسی MRI
۱۱	۴-۹-۱- جداسازی مغناطیسی مواد	۴-۹-۱- جداسازی مغناطیسی مواد

- ۱۲ ..... ۵-۹-۱- فروسیال ها (محلول های مغناطیسی)
- ۱۲ ..... ۱۰-۱- سنتز نانوذرات مگنتیت
- ۱۳ ..... ۱-۱۰-۱- روش هم رسوبی
- ۱۳ ..... ۲-۱۰-۱- تجزیه حرارتی
- ۱۴ ..... ۳-۱۰-۱- میکرو امولسیون
- ۱۵ ..... ۴-۱۰-۱- روش هیدروترمال
- ۱۶ ..... ۱۱-۱- لزوم اصلاح سطح نانوذرات
- ۱۶ ..... ۱۲-۱- اصلاح نانوذرات مغناطیسی
- ۱۷ ..... ۱۳-۱- عامل دار کردن شیمیایی نانوذرات
- ۱۸ ..... ۱۴-۱- جداسازی
- ۱۹ ..... ۱۵-۱- انواع روش های جداسازی
- ۲۰ ..... ۱۶-۱- استخراج
- ۲۰ ..... ۱۷-۱- استخراج مایع- مایع
- ۲۱ ..... ۱۸-۱- استخراج نقطه ابری
- ۲۱ ..... ۱۹-۱- استخراج فاز جامد (SPE)
- ۲۳ ..... ۲۰-۱- تاریخچه استخراج فاز جامد
- ۲۳ ..... ۲۱-۱- مراحل آماده سازی فاز جامد
- ۲۵ ..... ۲۲-۱- چگونگی جذب و نگه داشتن عناصر روی جاذب
- ۲۵ ..... ۱-۲۲-۱- جذب سطحی
- ۲۶ ..... ۲-۲۲-۱- کی لیت شدن
- ۲۷ ..... ۳-۲۲-۱- جفت شدن یون ها

۲۷	۴-۲۲-۱- تبادل یون
۲۷	۲۳-۱- انواع جاذب جامد
۲۹	۲۴-۱- خواص مطلوب ذرات جامد مورد استفاده
۳۰	۲۵-۱- موارد استفاده از فازهای جامد
۳۰	۲۵-۱-۱- پیش تغلیظ
۳۱	۲۵-۲- استخراج و اندازه گیری کاتیون‌های فلز
۳۱	۲۵-۳- نگهداری نمونه
۳۱	۲۶-۱- مزایای استفاده از استخراج فاز جامد
۳۲	۲۷-۱- اهمیت و خواص داروهای مطالعه شده
۳۲	۲۷-۱-۱- نورتریپتیلین
۳۳	۲۷-۲- دوپامین
	۲۸-۱- مروری بر برخی از کارهای انجام گرفته در زمینه اندازه گیری
۳۵	دوپامین و نورتریپتیلین
۳۸	۲- فصل دوم
۳۹	۲-۱- تجهیزات و مواد شیمیایی
۳۹	۲-۱-۱- تجهیزات
۳۹	۲-۱-۲- مواد شیمیایی
۴۰	۲-۲- آماده‌سازی محلول‌های مورد نیاز
۴۰	۲-۲-۱- محلول هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار
۴۰	۲-۲-۲- محلول سدیم هیدروکسید ۰/۱ مولار

- ۴۰-۲-۳- محلول سدیم کلراید ۰/۰۲ مولار ..... ۴۰
- ۴۰-۲-۴- محلول ۰/۰۱٪ نمک طلا ..... ۴۰
- ۴۰-۲-۵- محلول ۱٪ سدیم سیترات ..... ۴۰
- ۴۱-۳-۲- تهیه نانوذرات  $Fe_3O_4$  ..... ۴۱
- ۴۱-۴-۲- پوشاندن سطح نانوذرات  $Fe_3O_4$  با ۳-(تری متوکسی سیلیل)-۱-پروپان تیول ..... ۴۱
- ۴۲-۵-۲- پوشاندن سطح TMSPT-MNPs با نانوذرات طلا ..... ۴۲
- ۴۲-۶-۲- اصلاح Au-TMSPT-MNPs با لیگاند مرکاپتوسوکسنیک اسید (MSA) ..... ۴۲
- ۴۳-۷-۲- بررسی طیف FT-IR نانوذرات تهیه شده ..... ۴۳
- ۴۶-۸-۲- روش استخراج ..... ۴۶
- ۴۸-۹-۲- انتخاب شوینده مناسب برای بازیابی دوپامین ..... ۴۸
- ۵۰-۱۰-۲- تعیین حجم استونیتریل برای بازیابی دوپامین ..... ۵۰
- ۵۱-۱۱-۲- بهینه سازی pH ..... ۵۱
- ۵۲-۱۲-۲- بررسی مقدار جاذب MSA-Au-TMSPT-MNPs بر درصد بازیابی دوپامین ..... ۵۲
- ۵۳-۱۳-۲- بررسی اثر زمان جذب بر درصد استخراج دوپامین ..... ۵۳
- ۵۴-۱۴-۲- بررسی زمان واجذب بر درصد استخراج دوپامین ..... ۵۴
- ۵۵-۱۵-۲- بررسی ظرفیت جذب دوپامین توسط نانوذرات MSA-Au-TMSPT-MNPs ..... ۵۵
- ۵۶-۱۶-۲- تعیین حداکثر حجم نمونه قابل بازیابی ..... ۵۶
- ۵۶-۱۷-۲- بررسی اثر مزاحمت آسکوربیک اسید و اوریک اسید بر بازیابی دوپامین ..... ۵۶
- ۵۷-۱۸-۲- مقایسه نسبی بازده بازیابی دوپامین با استفاده از جاذب MSA-Au-TMSPT-MNPs و جاذب TMSPT-MNPs ..... ۵۷
- ۵۸-۱۹-۲- بررسی معیارهای تجزیه‌ای ..... ۵۸

۵۸	۱-۱۹-۲- رسم منحنی درجه بندی
۵۹	۲-۱۹-۲- حد تشخیص روش (LOD)
۵۹	۳-۱۹-۲- تکرارپذیری روش
۶۰	۲۰-۲- استخراج دوپامین از نمونه حقیقی
۶۱	۲۱-۲- نتیجه گیری کلی
۶۳	۳- فصل سوم
۶۴	۱-۳- تهیه نانوذرات TMSPT-MNPs
۶۴	۲-۳- روش استخراج فاز جامد نورتریپتیلین با جاذب SDS - TMSPT- MNP
۶۶	۳-۳- انتخاب شوینده مناسب برای بازیابی نورتریپتیلین
۶۷	۴-۳- تعیین حجم استونیتریل برای بازیابی نورتریپتیلین
۶۸	۵-۳- تعیین حداکثر حجم نمونه قابل بازیابی و تعیین فاکتور پیش تغلیظ
۶۸	۶-۳- بهینه سازی pH
۶۹	۷-۳- بررسی اثر مقدار سدیم دودسیل سولفات (SDS) بر درصد بازیابی نورتریپتیلین
۷۱	۸-۳- انتخاب مقدار مناسب جاذب TMSPT-MNPs
۷۲	۹-۳- بررسی اثر زمان جذب بر درصد استخراج نورتریپتیلین
۷۳	۱۰-۳- بررسی اثر زمان واجذب بر درصد استخراج نورتریپتیلین
۷۴	۱۱-۳- بررسی ظرفیت جذب نورتریپتیلین توسط نانوذرات SDS- TMSPT-MNPs
	۱۲-۳- مقایسه نسبی بازده بازیابی نورتریپتیلین با استفاده از جاذب SDS-TMSPT-MNPs و
۷۵	جاذب TMSPT-MNPs
۷۵	۱۳-۳- بررسی اثر مزاحمت آسکوربیک اسید و اوریک اسید بر بازیابی نورتریپتیلین



۷۶	..... ۱۴-۳- بررسی معیارهای تجزیه‌ای
۷۶	..... ۱-۱۴-۳- رسم منحنی درجه بندی
۷۷	..... ۲-۱۴-۳- بررسی حد تشخیص (LOD)
۷۷	..... ۳-۱۴-۳- بررسی تکرارپذیری
۷۸	..... ۱۵-۳- استخراج نورتریپتیلین از نمونه حقیقی
۷۹	..... ۱۶-۳- نتیجه گیری کلی
۸۰	..... مراجع

## فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱) تهیه نانوذرات مگنتیت به روش هم‌رسوبی ..... ۱۳
- شکل (۲-۱) تهیه نانوذرات مگنتیت به روش تجزیه حرارتی ..... ۱۴
- شکل (۳-۱) تهیه نانوذرات مگنتیت به روش میکرومولسیون ..... ۱۴
- شکل (۴-۱) دو روش برای اصلاح سطح نانو ذرات ..... ۱۸
- شکل (۵-۱) ستون استخراج فاز جامد ..... ۲۲
- شکل (۶-۱) مراحل انجام یک استخراج فاز جامد ..... ۲۵
- شکل (۷-۱) ساختار نورتریپتیلین ..... ۳۳
- شکل (۸-۱) ساختار دوپامین ..... ۳۴
- شکل (۱-۲) طرح کلی مراحل تهیه نانوذرات اصلاح شده ..... ۴۳
- شکل (۲-۲) مقایسه بین طیف های FT-IR نانوذرات TMSPT-MNPs،  
Au-TMSPT-MNPs و MSA-Au-TMSPT-MNPs و لیگاند MSA ..... ۴۴
- شکل (۳-۲) (a) طیف دوپامین در آب (b) طیف دوپامین بازیابی شده در استونیتریل ..... ۴۷
- شکل (۴-۲) طرح کلی استخراج فاز جامد داروی دوپامین با جاذب  
MSA-Au-TMSPT-MNPs ..... ۴۸
- شکل (۵-۲) مقایسه بازده انواع شوینده‌های استفاده شده برای بازیابی دوپامین از سطح  
جاذب MSA-Au-TMSPT-MNPs ..... ۴۹
- شکل (۶-۲) تأثیر حجم شوینده بر درصد بازیابی دوپامین از سطح جاذب ..... ۵۰
- شکل (۷-۲) تأثیر pH بر درصد بازیابی دوپامین از سطح جاذب ..... ۵۱

- شکل (۸-۲) اثر مقدار جاذب در جداسازی ..... ۵۲
- شکل (۹-۲) بررسی اثر زمان جذب بر استخراج دوپامین ..... ۵۳
- شکل (۱۰-۲) اثر زمان واجذب بر درصد استخراج دوپامین ..... ۵۴
- شکل (۱۱-۲) منحنی درجه بندی دوپامین ..... ۵۸
- شکل (۱۲-۲) جذب محلول آمپول دوپامین ..... ۶۰
- شکل (۱۳-۲) جذب دوپامین بازیابی شده از جاذب در استونیتریل ..... ۶۰
- شکل (۱-۳) (a) طیف جذبی محلول نورتریپتیلین، (b) طیف جذبی نورتریپتیلین بازیابی شده از سطح جاذب ..... ۶۵
- شکل (۲-۳) طرح کلی استخراج فاز جامد داروی نورتریپتیلین با جاذب SDS-TMSPT-MNPs ..... ۶۵
- شکل (۳-۳) درصد بازیابی نورتریپتیلین در محلول‌های مختلف ..... ۶۶
- شکل (۴-۳) درصد بازیابی نورتریپتیلین در حجم‌های مختلف استونیتریل ..... ۶۷
- شکل (۵-۳) تأثیر pH بر بازیابی نورتریپتیلین از سطح جاذب ..... ۶۹
- شکل (۶-۳) اثر مقدار SDS بر درصد بازیابی نورتریپتیلین ..... ۷۰
- شکل (۷-۳) اثر مقدار جاذب بر میزان بازیابی نورتریپتیلین ..... ۷۱
- شکل (۸-۳) اثر زمان جذب بر استخراج نورتریپتیلین ..... ۷۲
- شکل (۹-۳) اثر زمان واجذب بر استخراج نورتریپتیلین ..... ۷۳
- شکل (۱۰-۳) منحنی درجه بندی نورتریپتیلین ..... ۷۶
- شکل (۱۱-۳) (a) جذب نورتریپتیلین در محلول نورتریپتیلین تهیه شده از قرص (b) جذب نورتریپتیلین موجود در قرص بازیابی شده از سطح جاذب در استونیتریل ..... ۷۸

## فهرست جدول‌ها

- جدول (۱-۱) مقایسه روش‌های سنتز نانوذرات مغناطیسی ..... ۱۵
- جدول (۱-۲) ظرفیت جذب جاذب MSA-Au-TMSPT-MNPs برای دوپامین ..... ۵۵
- جدول (۲-۲) استخراج دوپامین از نمونه حقیقی ..... ۶۱
- جدول (۱-۳) بررسی ظرفیت جذب نورتریپتیلین توسط نانوذرات  
SDS- TMSPT-MNPs ..... ۷۴
- جدول (۲-۳) استخراج نورتریپتیلین از نمونه حقیقی ..... ۷۹

# فصل اول

مقدمه و تئوری



## ۱-۱- مقدمه‌ای بر نانو ذرات

### ۱-۲- تعریف نانوذره

نانوذره، ذره‌ای است که حداقل یکی از ابعاد آن کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد. نانوذرات علاوه بر فلزات، عایق‌ها و نیمه هادی‌ها، ترکیباتی نظیر ساختارهای هسته-لایه (core-shell) را نیز در بر می‌گیرند [۱]. نانوذرات از ده‌ها یا صدها اتم یا مولکول با اندازه و اشکال هندسی متفاوت (بی‌شکل، بلوری، کروی شکل، سوزنی شکل و ...) ساخته شده‌اند. اغلب نانوذراتی که به صورت تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرند، به شکل پودر خشک و یا به صورت ذرات معلق در مایع می‌باشند. البته نانوذرات ترکیب شده (آمیخته شده) در محلول آلی یا آبی که به شکل سوسپانسیون یا خمیری شکل است نیز مورد توجه می‌باشد. این ذرات به شکل‌های گوناگونی از قبیل کروی گرفته، فلسی، ورقه‌ای، شاخه‌ای، لوله‌ای و میله‌ای یافت می‌شوند [۲].

### ۱-۳- تاریخچه نانوذرات

نانوذرات از زمان‌های بسیار دور مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند. شاید اولین استفاده آنها در لعاب‌های چینی و سرامیک‌های تزئینی سلسله‌های ابتدایی چین بوده است (قرن ۴ و ۵). در یک جام رومی موسوم به جام لیکرگوس از نانوذرات طلا استفاده شده است تا رنگ‌های متفاوتی از جام بر حسب نحوه تابش نور پدید آید، البته علت چنین اثراتی برای سازندگان آنها ناشناخته بوده است. کربن سیاه (carbon black) مشهورترین مثال از نانوذراتی است که ده‌ها سال به طور انبوه تولید شده است و در لاستیک اتومبیل به منظور افزایش طول عمر آنها به کار رفته است. علت رنگ سیاه لاستیک هم، وجود این افزودنی سیاه رنگ است.

گذشته از آن در دهه ۱۹۳۰ برای اولین بار از روش‌های فرآوری بخار، جهت تولید نانوذرات بلوری مورد استفاده قرار گرفته شده است. در سال‌های اخیر پیشرفت‌های بسیار زیادی در زمینه امکان ساخت نانوذرات از مواد گوناگون و کنترل شدید بر روی اندازه، ترکیب و یکنواختی آنها صورت گرفته است [۲].

#### ۴-۱- خواص نانوذرات

ابعاد بسیار ریز واحدهای ساختمانی و نسبت بالای سطح به حجم این مواد، موجب پیدایش ویژگی‌های مکانیکی، نوری، الکترونیکی و مغناطیسی منحصر به فردی در این ساختارها شده است. این ویژگی‌ها به چهار عامل زیر بستگی دارند [۲]:

- اندازه بسیار کوچک ذره‌ها ( کمتر از ۱۰۰ نانومتر )

- ترکیب شیمیایی فازها

- اثر لایه مرزی و سطوح آزاد

- نیروهای بین ذره‌ها ( از نوع کوانتومی )

نانوساختارها دارای ویژگی‌های متعددی هستند که از جمله‌ی آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- ویژگی کاتالیستی: اثر کاتالیستی بهتر، به دلیل نسبت سطح به حجم بالاتر

- ویژگی الکتریکی: افزایش هدایت الکتریکی در سرامیک‌ها و نانو کامپوزیت‌های

مغناطیسی، افزایش مقاومت الکتریکی در فلزات

- ویژگی‌های مغناطیسی: افزایش خصوصیات مغناطیسی با اندازه بحرانی دانه‌ها، رفتار

ذرات با پارامغناطیسی خیلی زیاد

- ویژگی‌های نوری: خصوصیات نشر فلئورسانی، افزایش اثر کوانتومی بلورهای نیم هادی
- ویژگی‌های بیولوژیک: افزایش نفوذ پذیری از بین مرزهای بیولوژیکی (غشاء و سد مغز، خون و غیره) و بهبود زیست سازگاری

### ۱-۵- روش‌های شناسایی نانوذرات

برای شناسایی نانوساختارها روش‌ها و دستگاه‌های متنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در این بخش به چند مورد اشاره می‌شود. میکروسکوپ پیمایشگر الکترونی (SPM)، مجموعه تقریباً جدیدی از روش‌های میکروسکوپی را برای تعیین ساختار سطوح با دقت اتمی فراهم می‌کند. میکروسکوپ تونل زنی پیمایشگر (STM) یکی از دستگاه‌های زیر مجموعه SPM است. مجموعه جریان الکتریکی که در STM به وسیله تونل زنی الکترون‌ها بین تیرک میکروسکوپ و سطح به وجود می‌آید، موجب آشکارسازی فاصله بین اتم‌ها می‌شود. این روش در کل، روش به نسبت جدیدی جهت تصویربرداری از آرایش اتم‌های روی سطح و نشان دادن فاصله‌های واقعی آنها است. هنوز ارتباط بین پدیده‌های سطحی که مخترعین STM به خاطر آن موفق به دریافت جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۸۶ شدند، به طور کامل برای علم و فناوری مشخص نشده است.

از آنجا که سطح نمونه در STM باید هادی جریان الکتریسیته باشد، در سال ۱۹۸۶ روش AFM (میکروسکوپ نیروی اتمی) به وجود آمد تا به کمک آن بتوان سطوحی را که رسانای خوبی نیستند را نیز مورد بررسی قرار داد. بنابراین AFM روشی است که به ویژگی هدایت بستگی نداشته و حوزه‌ی کاربرد بیشتری دارد. بنابراین تمام مواد را می‌توان به وسیله AFM مورد بررسی قرار داد.



البته نه فقط ساختار سطحی مواد، بلکه بسیاری از ویژگی‌های دیگر همانند ویژگی‌های مکانیکی، مغناطیسی، الکتریکی، نوری، حرارتی و شیمیایی آنها به وسیله روش‌های مبتنی بر AFM قابل اندازه‌گیری هستند. از روش‌های دیگر شناسایی می‌توان به SEM، XRD و ... اشاره کرد.

### ۱-۶- کاربردهای نانوذرات

انواع متعددی از مواد که در حال حاضر می‌توان به شکل ذرات یا بلورهایی در مقیاس نانو ساخت، فقط شامل مثال‌های آشنایی چون باکی بال‌ها (Buckyball)، نانولوله‌های کربنی، کادمیم سلنید (CdSe) و نقاط کوانتومی (Quantum dots) نیستند؛ بلکه شامل طیف وسیعی از فلزات و اکسیدهای فلزی، سولفیدها، فلوئوریدها، کربنات‌ها، سیلیکات‌ها و چندین دسته مواد دیگر نیز می‌شود. توسعه در زمینه شیمی نانوذرات و اصول ریخت‌شناسی و سطح وسیع کاربردهای آن به تدریج آشکار می‌شود. بعضی از این موارد، به وضوح در مطبوعات علمی به چشم می‌آیند. استفاده از نانولوله‌های کربنی در بافت‌ها، و نانو ذرات روی یا اکسید تیتانیوم در صفحات خورشیدی، فقط بخشی از این کاربردها است.

از ابتدا که نسل بشر مواد مصنوعی را ساخت، اضافه کردن مواد ریز به مواد روشی مرسوم برای تغییر خواص مواد بوده است. به هر حال ذرات افزودنی که اولین بار استفاده شدند بزرگ‌تر از ابعاد نانو بودند. پس اولین کاربردی که برای نانوذرات می‌توان متصور شد، استفاده از این مواد در تولید نانوکامپوزیت‌ها است. با استفاده از نانوذرات در نانوکامپوزیت‌ها، بسیاری از خواص نوری، الکترونیکی، مغناطیسی، شیمیایی و حرارتی آن تغییر خواهد نمود. قدرت آهنربا یا مغناطیس با افزایش سطح مقطع در واحد حجم، افزایش می‌یابد.

واضح است که مغناطیس‌های ساخته شده بر پایه نانو ذرات بلوری ایتیریم، ساماریم و کبالت، به واسطه سطح مقطع فوق العاده بالای آنها، خواص مغناطیسی بسیار غیر عادی دارند. کاربردهای معمول برای این آهنرباهای پر قدرت ساخته شده از خاک‌های نادر عبارتند از: زیر دریایی‌ها، مبدل‌های خودرو، موتورهای کشتی، دستگاه‌های تجزیه‌ای فوق العاده حساس و دستگاه‌های عکسبرداری تشدید مغناطیس (MRI) در تشخیص‌های پزشکی.

اخیراً در ساخت شیشه‌های ضد آفتاب از نانو ذرات اکسید روی استفاده شده است. استفاده از این ماده علاوه بر افزایش کارایی این نوع شیشه‌ها، عمر آنها را نیز چندین برابر می‌کند. از نانو ذرات همچنین در ساخت انواع ساینده‌ها، رنگ‌ها، کاتالیزورها، لایه‌های محافظتی جدید و بسیار مقاوم برای شیشه‌ها و عینک‌ها (ضدجوش و نشکن)، کاشی‌ها و در حفاظ‌های الکترومغناطیسی، شیشه‌های اتومبیل و در و پنجره استفاده می‌شود. پوشش‌های ضد نوشته برای دیوارها، و پوشش‌های سرامیکی برای افزایش استحکام سلول‌های خورشیدی نیز با استفاده از نانوذرات تولید شده‌اند. اولین تولید صنعتی نانوذرات در قرن بیستم با تولید دوده و پس از آن در ۱۹۴۰ با تولید بخار سیلیسی رخ داد. این مواد امروزه نیز تولید و در مقادیر وسیع استفاده می‌شوند و بعضی شرکت‌های شناخته شده مثل دگوسا<sup>۱</sup> دارای شان را مرهون این مواد می‌دانند [۲].

### ۷-۱- نانوذرات مغناطیسی

واژه مغناطیس کلمه‌ای یونانی است که به بعضی سنگ‌های طبیعی اکسید آهن اطلاق می‌شد. این سنگ‌ها از این خاصیت برخوردارند که بر یکدیگر و بر ذرات آهن یا فولاد نیرو وارد می‌آورند.

---

<sup>۱</sup> Degussa

یونانیان باستان، بیش از ۲۵۰۰ سال پیش با پدیده آهنربا آشنا بودند. تالس که اغلب از او به عنوان پدر علم یونان یاد می‌شود، کانی مگنتیت ( $Fe_3O_4$ ) که آهن را می‌رباید، می‌شناخت. این کانی بیشتر در مگنزییا (ترکیه امروزی) یافت می‌شد و نام مگنتیت نیز از همین اسم گرفته شده است. چینی‌های باستان نیز با ویژگی‌های مغناطیسی برخی از سنگ‌های آهنربا آشنایی داشتند و تکه‌هایی از این سنگ‌ها را به صورت قطب‌نماهای ساده در دریانوردی به کار می‌بردند [۳].

تا به حال نانوذرات مختلفی تهیه شده‌اند، که خاصیت‌های مغناطیسی متفاوتی از خود نشان می‌دهند. همانطور که می‌دانید مواد از لحاظ خاصیت مغناطیسی به پنج دسته تقسیم می‌شوند:

۱-دیامغناطیس

۲-پارامغناطیس

۳-فرو مغناطیس

۴- فری مغناطیس

۵- سوپر مغناطیس

از جمله مهم ترین نانوذرات مغناطیسی که تا به حال تهیه شده‌اند، می‌توان به مگنتیت ( $Fe_3O_4$ )، گریگیت ( $Fe_3S_4$ )، مگهمایت ( $Fe_2O_3$ ) و نمونه‌های گوناگونی از فریت‌ها اشاره کرد [۴ و ۵].

فریت‌ها خاصیت سوپرپارامغناطیسی دارند، یعنی در حضور میدان خاصیت مغناطیسی شدیدی از خود نشان می‌دهند و بعد از حذف میدان کاملاً این خاصیت را از دست می‌دهند. با توجه به این خاصیت منحصر به فرد، کاربردهای گسترده‌ای پیدا کرده‌اند [۶ و ۷].

مواد در مقیاس نانو، خواصی متفاوت از خود بروز می‌دهند. مواد مغناطیسی نیز از این قاعده مستثنی نیستند.

در واقع خاصیت مغناطیسی از جمله خواصی است که به مقدار بسیار زیادی به اندازه ذره وابسته است. به عنوان مثال، در مواد فرومغناطیس وقتی اندازه ذره از میزان مشخصی کوچکتر گردد، پدیده‌ی سوپرپارامغناطیس به وقوع می‌پیوندد. نانوذرات سوپرپارامغناطیسی می‌توانند کاربردهای بالقوه زیادی در فروسیال‌ها، تصویر برداری رنگی، سردسازی مغناطیسی، سم‌زدایی از سیال‌های بیولوژیکی، انتقال کنترل شده داروهای ضد سرطان، MRI و جداسازی‌های سلولی مغناطیسی (magnetic cell separation) داشته باشند.

هر ماده مغناطیسی در حالت توده‌ای، از حوزه‌های مغناطیسی تشکیل شده است. هر حوزه حاوی هزاران اتم است که در آن جهت چرخش الکترون‌ها یکسان و ممان‌های مغناطیسی به صورت موازی جهت یافته‌اند. اما جهت چرخش الکترون هر حوزه با حوزه‌های دیگر متفاوت است. هرگاه، میدان مغناطیسی بزرگی، تمام حوزه‌های مغناطیسی را هم‌جهت کند، تغییر فاز مغناطیسی رخ داده و مغناطیس پذیری به حد اشباع می‌رسد. هر چه تعداد حوزه‌ها کم‌تر باشد، نیرو و میدان کمتری نیز برای هم‌جهت ساختن حوزه‌ها مورد نیاز است، و چنانچه ماده‌ای تنها دارای یک حوزه باشد، نیازی به هم‌جهت کردن آن با دیگر حوزه‌ها نخواهد بود. از آنجا که قطر این حوزه‌ها در محدوده یک تا چند هزار نانومتر است، هر ذره‌ای که تنها شامل یک حوزه باشد، می‌تواند نانوذره به شمار رود. نانوذرات مغناطیسی دارای تعداد حوزه‌های کمی هستند و مغناطیسی شدن آنها ساده‌تر می‌باشد. از طرف دیگر، بر اساس قانون دوم ترمودینامیک "بی‌نظمی در یک سیستم منزوی، در یک فرآیند خودبخودی، افزایش می‌یابد." بنابراین، موادی که از حالت طبیعی خارج می‌شوند، تمایل شدیدی برای برگشت به وضعیت طبیعی خود دارند و مغناطیس پذیری نیز مثالی در این مورد است.