دانشگاه اراک

دانشکده علوم پایه

کارشناسی ارشد شیمی (گرایش آلی)

تهیه نانو ذرات مغناطیسی جدید عامل دار شده با S- آلکیل - O- هیدروژن سولفوتیوآت و بررسی کاربرد کاتالیزگری آن در سنتز ترکیبات هتروسیکل با شروع از آیزاتین

پژوهشگر :

ریحانه داودآبادی

استاد راهنما :

دکتر علیرضا کریمی

استاد مشاور :

دکتر خلیل فقیهی

تابستان۱۳۹۲

بسم ا... الرحمن الرحیم

عنوان پایان نامه

تهیه نانو ذرات مغناطیسی جدید عامل دار شده با S- آلکیل O- هیدروژن

سولفوتیوآت و بررسی کاربرد کاتالیزگری آن در سنتز ترکیبات هتروسیکل با شروع

از آیزاتین

توسط:

ریحانه داودآبادی

پایان نامه

ارائه شده به مدیریت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی

لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته شیمی (گرایش : شیمی آلی)

از

دانشگاه اراک

اراک-ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: .....

دکتر علیرضا کریمی (استاد راهنما و رئیس کمیته)..... استادیار

دکتر خلیل فقیهی (استاد مشاور)..... دانشیار

دکتر اکبر مبینی خالدی(دانشگاه اراک)..... استاد

تابستان ۱۳۹۲

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است.

به استوارترین تکیه گاهم، دستان پر مهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان مادرم

که هر آنچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هر چه بکوشم قطره ای از دریای بیکران مهربانیتان را سپاس نتوانم بگویم.

امروز هستی ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم، رضایت شما

ره آوردی گران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به پایتان نثار کنم.خاک

باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه غبار خستگیتان را بزداید.

بوسه بر دستان پر مهرتان

تقدیم به دو برادر عزیزم: که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بودندو تکیه گاه من در مواجه با مشکلات و وجودشان مایه دلگرمی من می باشد.

سپاس بیکران پروردگار یکتا را که هستی مان
بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به
همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و
خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت
و با تقدیر و تشکر فراوان از استاد
فرهیخته و ارجمندم جناب آقای دکتر علیرضا
کریمی که با نکته های دلاویز و گفته های بلند
صحیفه های سخن را علم پرور نمود و همواره
راهنما و راه گشای من در اکمال و اتمام این پایان
نامه بوده است
و با امتنان بیکران از مساعدت های جناب
آقای دکتر خلیل فقیهی که استاد مشاوری این پایان
نامه را بر عهده داشت
با تقدیر و سپاس از استاد دانشمند جناب
آقای دکتر اکبر میینی خالدی که زحمت مطالعه و
داوری این پایان نامه را عهده دار شدند.
و با تشکر خالصانه خدمت همه کسانی که
به نوعی من را در به انجام رساندن این مهم یاری
نموده اند.

تهیه نانو ذرات مغناطیسی جدید عامل دار شده با S- آلکیل -O- هیدروژن سولفوتیوآت و بررسی کاربرد کاتالیزگری آن در سنتز ترکیبات هتروسیکل با شروع از آیزاتین

چکیده:

در این تحقیق، تهیه نانو ذرات مغناطیسی جدید عامل دار شده با S- آلکیل- O- هیدروژن سولفوتیوآت با روشی ساده ارائه شده است. در این روش ابتدا، نانو ذرات مغناطیسی آهن سنتز شدند و سپس سطح این نانو ذرات با گروه آلکیل تیول به طور مستقیم عامل دار شد و در مرحله بعد با واکنش این نانو ذرات با کلرو سولفونیک اسید، نانو ذرات عامل دار شده با S - آلکیل-O- هیدروژن سولفوتیوآت تهیه شدند. نانو ذرات سنتز شده با استفاده از $FT\text{-}IR$، XRD ، TGA و SEM مورد شناسایی قرار گرفتند. از نتایج حاصل از این داده ها مشخص شد که سطح نانو ذرات به خوبی عامل دار شده و ساختار کروی با ضخامت میانگین nm ۲۸ توسط SEM برای این نانو ذرات معلوم گردید.

این نانو ذرات جدید حاصله به دلیل داشتن گروه اسیدی به عنوان کاتالیزگر جامد اسیدی در سنتز مشتقات مونو و بیس- اسپایرو ۲- آمینو-۴H- پیران ها از طریق واکنش تراکمی سه جزئی مشتقات آیزاتین، مالونونیتریل و دایمدون در محیط آبی مورد استفاده قرار گرفت. کوتاهی زمان واکنش، بازده بالا و سازگار بودن با محیط زیست و شیمی سبز از مزیت های این سنتز می باشد.

به علت سطح تماس بالای این نانو ذرات مغناطیسی جدید سنتز شده و پخش شدن آن ها در محیط واکنش، خیلی فعال عمل کرده و هر جا که لازم باشد، می توان این کاتالیزگر را از محیط واکنش به وسیله یک آهنربای قوی جدا کرد.

عنوان فهرست مطالب صفحه

چکیده..... I

فهرست..... II

جدول نمادها IX

فصل اول : مقدمه

۱-۱- نانو ذرات و منشأ آن ها ۲

۱-۲- خواص و کاربرد نانو ذرات ۳

۱-۳- متداولترین نانو ذرات ۳

۱-۳-۱- انواع نانو ذرات فلزی ۴

۱-۳-۱-۱- نانوذرات آهن-پلاتین ۴

۱-۳-۱-۲- نانو ذرات اکسید قلع.....۴

۱-۳-۱-۳- نانوذرات نقره ۴

۱-۳-۱-۴- نانوذرات اکسید تیتانیوم.....۴

۱-۳-۱-۵- نانو ذرات اکسید آهن ۴

۱-۴- نانو ذرات مغناطیسی ۵

۱-۴-۱-نانوذرات مغناطیسی Fe_3O_4 .....۶

۱-۴-۲- روش‌های شناسایی نانو ذرات Fe_3O_4.....۷

۱-۴-۳- عامل‌دار کردن نانو ذرات Fe_3O_4 .....۷

۱-۴-۴- برخی کاربرد های نانو ذرات Fe_3O_4 عامل دار شده ۸

۱-۴-۵-نانوذرات Fe_3O_4 عامل‌دار شده وکاربردهای کاتالیزگری آن ها ۱۱

۱-۵- ویژگی های اصلی نانو کاتالیزگرها..... .....۱۲

۱-۵-۱- نانو کاتالیزگر اکسید آهن..... ۱۳

۱-۶-نانوذرات Fe_3O_4 عامل‌دار شده با گروه‌های اسیدی و کاربردهای کاتالیزگری ۱۵

۱-۷- هتروسیکل ها ۱۷

۱-۷-۱- آیزاتین ۱۷

۱-۷-۲- پیران ها ۱۸

۱-۷-۳- کاربردهای ۴H- پیران ۱۹

۱-۷-۴- روش‌های سنتز ۴H- پیران‌ها ۲۰

۱-۷-۴-۱- سنتز ۴H-پیران‌ها از طریق واکنش‌های دوجزئی ۲۰

۱-۷-۴-۱-۱- واکنش α- کتواسترهای α,β- غیر اشباع و مالونونیتریل در حضور مشتقات تیو اوره به عنوان کاتالیزگر ۲۰

۱-۷-۴-۲- سنتز پیران ها بر اساس واکنش های چند جزئی ۲۱

۱-۷-۴-۲-۱- واکنش‌های چند جزئی ۲۱

۱-۷-۴-۲-۲- سنتز ۴H- پیران‌ها از طریق واکنش‌های سه‌جزئی ۲۱

۱-۷-۴-۲-۲-۱- واکنش ایزوسیانید و دی آلکیل استیلن دی کربوکسیلات‌ها، **در** حضورH-C اسیدهای قوی ۲۲

۱-۷-۴-۲-۲-۳- سنتز ۴H-فورو[۴،۳-b]پیران‌ها با استفاده از واکنش سه‌جزئی ایزوسیانید-ها ۲۲

۱-۷-۴-۲-۲-۴- واکنش سه جزئی درحضور بنزآلدهید، مالونونیتریل و ۳- (۲،۶-دی کلرو ۵- فلئوروپیریدین) ۳- اکسی پروپانوآت در حضور کاتالیزگر پای پیریدین ۲۲

۱-۷-۴-۲-۲-۵- سنتز سه جزئی در حضور آلکیل هالید ،مالونونیتریل و بی کربونیل در دمای-اتاق و درحضور کاتالیزگر مخمر بیکر ۲۳

۱-۷-۴-۲-۲-۶- سنتز ۲-آمینو۳-سیانو ۶-متیل ۴-فنیل ۴-هیدرو پیران ۵-اتیل کربوکسیلات در حضور کاتالیزگر $ZnCl_2.8H_2O$.....۲۳

۱-۷-۴-۲-۲-۷- سنتز بیس ۲- آمینوH۴- پیران در حضور کاتالیزگر آلوم.....۲۴

۱-۷-۴-۲-۲-۸- سنتز مشتق۶ -آمینو پیران در حضور نانو کریستال ۲۴

۱-۷-۴-۳- سنتز یک مرحله‌ای مشتقات تترا هیدروبنزو [b] پیران در حضور کاتالیزگر های - مختلف ۲۵

الف) استفاده از کاتالیزگر($TMAH$) ۲۵

ب) استفاده از کاتالیزگر Na_2SeO_4 .....۲۵

ج)حضورکاتالیزگر $NaBr$ و امواج ماکروویو ۲۶

۱-۷-۴-۴- سنتز ترکیبات اسپایرو H۴-پیران ها ۲۶

۱-۷-۴-۴-۱- سنتز H۴ - پیران - اکسی ایندول در حضور کاتالیزگر مایع یونی.....۲۶

۱-۷-۴-۴-۲- سنتز اکسی ایندول- آنولیت تیو پیران ۲۷

۱-۷-۴-۴-۳- سنتز اکسی ایندول پیران در حضور ۴،۳- دی متیل آنیلین به عنوان کاتالیزگر ۲۷

۱-۷-۴-۴-۴- سنتز ایندولین ۴،۳- پیرانو(۳،۲-b) پیران ۲۸

۱-۷-۴-۴-۵- سنتز ا سپایرو ۲- آمینو H۴- پیران در حضور کاتالیزگر آلوم.....۲۸

۱-۸- شیمی سبزو اصول پایه‌ای برای طراحی فرایندهای شیمی سبز ۲۹

۱-۹- آب: حلال سبز و زیست سازگار.....۳۰

فصل دوم: عملیات تجربی

۲-۱- مقدمه.....۳۳

۲-۲- مواد مصرفی.....۳۴

۲-۳-تجهیزات استفاده شده ۳۴

۲-۴- روش کار عمومی برای سنتز نانو ذرات مغناطیسی آهن *(MNPs)* ۳۵

۲-۴-۱- تهیه نانو ذرات اصلاح شده با اسید سیتریک *(CMNPs)* ۳۶

۲-۴-۲- تهیه نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن عامل دار شده با آلکیل تیول *(AT-MNPs)*-

..... ۳۶

۲-۴-۳-تهیه نانو ذرات مغناطیسی عامل دار شده با *S*- آلکیل *O* - هیدروژن سولفوتیوآت-
(AHST-MNPs)..... ۳۷

۲-۵-سنتز ترکیبات*a-b*۱ ..... ۳۷

۲-۵-۱-روش عمومی سنتز ترکیب *a-b*۱در دمای محیط ۳۷

۲-۵-۲- روش سنتز ترکیبات *a-b*۱تحت تابش امواج ماکروویو ۳۸

۲-۶- روش عمومی سنتز ترکیبات *a-b*۲ ..... ۳۸

۲-۶-۱- روش عمومی سنتز ترکیبات *a-b*۲در دمای محیط ۳۸

۲-۶-۲- روش سنتز ترکیبات *a-b*۲ تحت تابش امواج ماکروویو ۳۹

۲-۷- سنتز ترکیبات مونو اسپایرو ۲- آمینو*H*۴-پیران ها (*a-d*۴)..... ۴۰

۲-۷-۱- روش عمومی برای سنتز ترکیبات(*a-d*۴)..... ۴۰

۲-۷-۲- سنتز ترکیبات مونو اسپایرو ۲- آمینو*H*۴-پیران ها (*a-d*۴) تحت تابش ماکروویو... ۴۰

۲-۷-۳- داده های طیفی محصولات (*a-d*۴) ۴۱

۲-۷-۴- سنتز ترکیبات بیس اسپایرو ۲- آمینو *H*۴-پیران ها (*a-b*۶)..... ۴۲

۲-۷-۵- داده های طیفی محصولات (*a-b*۶) ۴۳

فصل سوم : بحث و نتایج

۳-۱- مقدمه..... ۴۵

۳-۲- تهیه و شناسایی نانو ذرات مغناطیسی اکسید آهن عامل دارشده ۴۵

۳-۳- بررسی طیف های *FT- IR* مربوط به نانو ذرات مغناطیسی اکسید آهن سنتز شده..۴۷

۳-۴- بررسی *(XRD)* نانو ذرات مغناطیسی اکسید آهن ۴۸

۳-۵- بررسی آنالیز حرارتی نانو ذرات مغناطیسی ۴۹

۳-۵-۱- بررسی آنالیز حرارتی نانو ذرات مغناطیسی اکسید آهن عامل دار شده با آلکیل تیول ۴۹

۳-۵-۲- بررسی آنالیز حرارتی نانو ذرات مغناطیسی اکسید آهن عامل دار شده با *S*- آلکیل *O*- هیدروژن سولفوتیوآت*(AHST-MNPs)*...۴۹

۳-۶- بررسی (*SEM)* نانو ذرات مغناطیسی اکسید آهن *(AHST-MNPs)* ۵۰

۳-۷- نتایج و بحث سنتز مشتقات ۲-آمینو*H*۴-پیران ها ۵۱

۳-۷-۱- تعیین شرایط بهینه، جهت سنتز ترکیبات (۴*a-d*) ۵۱

۳-۷- ۲- بررسی مکانیسم واکنش.....۵۶

۳-۷-۳- تجزیه و تحلیل داده‌های طیفی.....۵۶

۳-۷-۳-۱- ترکیب (۴*a*) ۵۷

۳-۷-۳-۲- ترکیب (۴*b*).....۵۸

۳-۷-۳-۳- ترکیب (۴*c*) ۵۹

۳-۷-۳-۴- ترکیب (۴*d*) ۶۰

۳-۷-۳-۵- ترکیب (۶*a*) ۶۲

۳-۷-۳-۶- ترکیب (۶*b*) ۶۴

۳-۸- مزایای روش سنتزی به کار رفته در این تحقیق و نتیجه گیری.....۶۶

فصل چهارم: ترموگرام و طیف ها

شکل(۱-۴): طیف *FT- IR* قرص *KBr* ۶۸

شکل (۲-۴): طیف ^1H-*NMR* حلال *DMSO-d*$_6$ ۶۹

شکل (۳-۴): طیف *FT-IR* ترکیب (۱*a*) ۷۰

شکل(۴-۴): طیف *FT-IR* ترکیب (۱*b*) ۷۱

شکل(۵-۴): طیف *FT-IR* ترکیب (۲*a*) ۷۲

شکل(۴-۶):طیف *FT-IR* ترکیب(۲*b*) ۷۳

شکل(۷-۴): طیف *FT-IR* ترکیب (۴*a*) ۷۴

شکل(۴- ۸): طیف ^1H-*NMR(DMSO-d*$_6$*)* ترکیب (۴*a*) ۷۵

شکل(۹-۴): باز شده ناحیه آرومات طیف ^1H-*NMR(DMSO-d*$_6$*)* ترکیب (۴*a*) ۷۶

شکل(۱۰-۴): طیف *FT-IR* ترکیب (۴*b*) ۷۷

شکل(۱۱-۴): طیف ^1H-*NMR(DMSO-d*$_6$*)* ترکیب (۴*b*) ۷۸

شکل(۱۲-۴): باز شدهناحیه آرومات طیف ^1H-*NMR(DMSO-d*$_6$*)* ترکیب (۴*b*) ۷۹

شکل (۴-۱۳): طیف *FT-IR* ترکیب *(۴c)* ۸۰

شکل(۴-۱۴): طیف ^1H-*NMR(DMSO-d*$_6$*)* ترکیب ***(۴c)*** ۸۱

شکل(۴-۱۵): باز شده ناحیه آرومات طیف ^1H-*NMR(DMSO-d*$_6$*)* ترکیب *(۴c)* ۸۲

شکل (۴-۱۶): طیف *FT-IR* ترکیب *(۴d)* ۸۳

شکل(۴-۱۷): طیف ^1H-*NMR(DMSO-d*$_6$ ترکیب (۴*d*) ۸۴

شکل(۴-۱۸): باز شده ناحیه آرومات طیف ^1H-*NMR(DMSO-d*$_6$ ترکیب (۴*d*) ۸۵

شکل (۴-۱۹): طیف *FT-IR* ترکیب (۶*a*) ۸۶

شکل(۴-۲۰): طیف ^1H-*NMR(DMSO-d*$_6$ ترکیب (۶*a*) ۸۷

شکل (۴-۲۱): باز شده ناحیه آرومات طیف ^1H-*NMR(DMSO-d*$_6$ ترکیب (۶*a*) ۸۸

شکل (۲۲-۴): طیف(^{13}C-NMR (DMSO-d_6) ترکیب (۶a).....۸۹

شکل(۴-۲۳): طیف FT-IR ترکیب (۶b).....۹۰

شکل (۴-۲۴): طیف (^{1}H-NMR(DMSO-d_6) ترکیب (۶b).....۹۱

شکل(۴-۲۵): باز شده ناحیه آرومات طیف (^{1}H-NMR(DMSO-d_6) ترکیب (۶b).....۹۲

شکل (۴-۲۶): طیف NMR(^{13}C-(DMSO-d_6)ترکیب (۶b).....۹۳

شکل(۴-۲۷):ترموگرام TGترکیب(AT-MNPs) ۹۴

شکل(۴-۲۸):ترموگرام TGترکیب (AHST-MNPs).....۹۵

منابع.....۹۶

جدول‌ها

عنوان	صفحه

جدول (۳-۱): بهینه‌سازی شرایط واکنش برای سنتز ترکیب ۴a.....۵۴

جدول(۳-۲): سنتز مشتقات اسپایرو ۲-آمینوH۴-پیران‌ها.....۵۵

جدول نمادها

ردیف	نماد	نام
۱	$FT\text{- }IR$	طیف مادون قرمز
۲	$^{1}H\text{-}NMR$	طیف رزونانس مغناطیس هسته پروتون
۳	$^{13}C\text{-}NMR$	طیف رزونانس مغناطیس هسته کربن
۴	TLC	کروماتوگرافی لایه نازک
۵	SEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی
۶	$DMSO$	دی متیل سولفوکساید
۷	THF	تتراهیدروفوران
۸	DMF	دی متیل فرمامید
۹	XRD	پراش پرتو ایکس
۱۰	v_{max}	عدد موجی ماکزیمم
۱۱	N_2	اتمسفر نیتروژن
۱۲	$AHST\text{-}MNPs$	- هیدروژن سولفوتیوآتO - آلکیلS

فصل اول

مقدمه

۱-۱- نانو ذرات و منشأ آن ها :

نانوذرات[1] از صدها اتم یا مولکول و در اندازه های ۱ تا ۱۰۰ نانومتر و مورفولوژی های مختلف (آمورف، کریستالی، کروی شکل، سوزنی شکل و ...) ساخته شده اند. اغلب نانوذرات که به طور تجاری مورد استفاده قرار می گیرند، به شکل پودر خشک می‌باشند. البته نانوذراتی پخش شده در یک محلول آلی یا آبی که به حالت سوسپانسیون یا خمیری شکل هستند نیز مورد توجه می باشند. این ذرات در شکل های کروی، فلسی، ورقه ای، شاخه ای، لوله ای و میله ای یافت می شوند. [۱].

نانوذرات به لحاظ منشأ می توانند به سه دسته تقسیم بندی شوند :

الف) نانوذرات طبیعی[2] ب) نانوذرات انسانی[3] ج) نانو ذرات مصنوعی[4] (ساخته دست بشر)

دسته اول، از طرق مختلف مانند آتش سوزی جنگل ها و یا فوران آتشفشان ها ساخته می‌شود. دسته دوم، اغلب به عنوان محصول جانبی فعالیت های انسانی در صنعت تولید می‌شوند مانند نانو ذراتی که درحین جوشکاری بوجود می‌آید و یا از اگزوز ماشین‌ها خارج می‌شود. دسته سوم شامل نانوذرات مهندسی شده می باشند. این نانوذرات عمدتاً به علت ویژگی های مطلوبشان مانند خواص جدید فیزیکی و شیمیایی، واکنش پذیری بالاترو... تهیه می شوند. این ویژگی های جدید که در مقیاس نانو مشاهده می شوند، باعث کاربردهای تجاری نانو ذرات شده اند. مثلاً نانو ذرات می توانند در کرمهای ضد آفتاب، خمیر دندان ها و یا روکش هاو ... استفاده شوند. [۲].

---

[1]. *Nanoparticles*
[2]. *Natural nanoparticles*
[3]. *Human nanoparticles*
[4]. *Synthetic nanoparticles*

۱-۲- خواص و کاربرد نانو ذرات:

وقتی اندازه ذرات کاهش می‌یابد، نسبت سطح مؤثر به حجم ذرات افزایش یافته، اثرات سطحی قوی‌تر شده و خواص کاتالیزگری افزایش می‌یابد. به همین دلیل نانوذرات به عنوان کاتالیزور در زمینه‌هایی نظیر باتری‌ها، پیل‌های سوختی و انواع فرآیندهای صنعتی قابل استفاده هستند. بیشتر بودن سهم اتم‌ها در سطح نانوذرات نیز خواص فیزیکی آنها را تغییر می‌دهد، مثلا سرامیک‌هایی که به طور عادی شکننده‌اند، نرم‌تر می‌شوند. افزایش سطح مؤثر حلالیت را افزایش می‌دهد، برای مثال قدرت ترکیبات ضد باکتری را بهبود می‌بخشد. کوچک‌تربودن ابعاد نانوذرات از طول موج بحرانی نور، آنها را نامرئی و شفاف می‌نماید. این خاصیت باعث شده است تا نانوذرات برای مصارفی چون بسته بندی، مواد آرایشی و روکش‌ها مناسب باشند. اخیراً در ساخت شیشه های ضد آفتاب از نانوذرات اکسید روی استفاده شده است. استفاده از این ماده علاوه بر افزایش کارایی این نوع شیشه ها، عمر آن ها را نیز چندین برابر می کند. از نانوذرات همچنین در ساخت انواع ساینده ها، رنگ ها، کاتالیزگرها، لایه های محافظتی جدید و بسیار مقاوم برای شیشه ها و عینک ها (ضدجوش و نشکن)، کاشی ها، و در حفاظ های الکترومغناطیسی شیشه های اتومبیل و در و پنجره استفاده می شود. پوشش های ضد نوشته برای دیوارها و پوشش های سرامیکی برای افزایش استحکام سلول های خورشیدی نیز با استفاده از نانوذرات تولید شده اند. [۳].

۱-۳- متداولترین نانو ذرات:

۱. نانوذرات نیمه رسانا

۲.نانوذرات سرامیکی

۳. نانو ذرات فلزی

۴. نانو کامپوزیتهای نانوذره‌ای سرامیکی. [۴].

۱-۳-۱- انواع نانو ذرات فلزی:

۱-۳-۱-۱- نانوذرات آهن-پلاتین:

این نانو ذرات، مواد ایده‌آلی برای ساخت تجهیزات ذخیره‌ی اطلاعات با دانسیته‌ی بالا، مغناطیس‌های نانوکامپوزیتی با کارایی بالا و مدارهای مجتمع به شمار می آیند. این امر به‌دلیل وجود فاز منظم با مقدار ثابت همسان‌گردی بالا در این مواد است. [۵].

۱-۳-۱-۲- نانو ذرات اکسید قلع:

نانو ذرات اکسید قلع می‌توانند در تخریب رنگدانه‌های مواد رنگی به عنوان فتوکاتالیزگر عمل کنند. برای مثال از این نانوذره، می‌توان در پاک سازی آب‌های آلوده به رنگ و پساب‌های کارخانجات نساجی استفاده کرد. [۶].

۱-۳-۱-۳- نانوذرات نقره :

ویژگی‌های ضد میکروبی نقره، مدت‌هاست که شناخته شده است. اما با ساخته‌شدن آن به صورت نانو ذرات، سطح تماس‌شان افزایش یافته و خاصیت ضدمیکروبی آن تا بیش از ۹۹ درصد افزایش پیدا کرده است . [۷].

۱-۳-۱-۴- نانوذرات اکسید تیتانیوم:

از نانو ذرات اکسید تیتانیوم در تولید انواع رنگ‌ها، لوازم آرایشی و بهداشتی، ساخت سرامیک، تصفیه‌ی آب و فاضلاب و بسیاری از صنایع دیگر استفاده می شود. [۷].

۱-۳-۱-۵- نانو ذرات اکسید آهن:

نانو ذرات اکسید آهن کاربرد های گسترده‌ای نسبت به سایر نانوذرات دارند. زیست‌سازگار بودن با شرایط محیط بدن، پایداری و تهیه‌ی آسان موجب توسعه‌ی استفاده‌ی آن ها در پزشکی، مانند درمان تومور، انتقال ژن، دارو و نشان‌دار کردن سلول‌ها و درشت مولکول‌ها شده است. [۸].

۱-۴- نانو ذرات مغناطیسی:

اولین تحقیق علمی در مورد مغناطیس توسط ویلیام گیلبرت[1] انجام شد که تصویر دقیقی از میدان مغناطیسی زمین ایجاد کرد و بسیاری از خرافات گذشته را از بین برد. سپس در سال ۱۸۲۵ میلادی، اولین الکترو مگنت به وسیله کشف بزرگ هانس کریستین اورستد[2] ایجاد شد. اورستد دریافت که همواره در فضای اطراف رساناهای جریان یا ذرات باردار متحرک، میدان مغناطیسی پدید می‌آید. نانوذرات مغناطیسی دسته ای از نانو ذراتند که، در حضور یک میدان مغناطیسی خارجی دارای ویژگی‌های مغناطیسی هستند. ساده‌ترین ساختار نانوذرات شامل یک هسته‌ی مغناطیسی (اکسید آهن، نیکل و کبالت و ...) و پوشش‌های غیر مغناطیسی گوناگون از ترکیب‌های شیمیایی می‌باشند که برای برخی کاربردهای زیستی مورد توجه هستند.

برای این کاربردها، ذرات باید دارای ویژگی اشباع مغناطیسی بالا و زیست‌سازگاری باشند و به‌طور هم‌زمان قابلیت کارکردهای گوناگون را داشته باشند. سطح این ذرات با تعدادی از لایه‌های بسپارهای آلی یا فلزاتی مانند طلا یا سطوح اکسیدی سیلیس یا آلومینا اصلاح شده تا برای عملگرا شدن مناسب باشند. [۹]. نانو ذرات مغناطیسی اخیرا به دلیل خصوصیات جالبی از جمله سوپر پارامغناطیسی زمینه‌های مختلف از جمله کاتالیزگرها [۱۰]، تصویر برداری رزونانس مغناطیسی[3] [۱۱]، ذخیره سازی اطلاعات [۱۲]، نانوسیال‌ها [۱۳]، فیلترهای نوری [۱۴] و تصویر برداری ذرات مغناطیسی[4] مورد استفاده قرار گرفته اند. [۱۵]. نانو ذرات

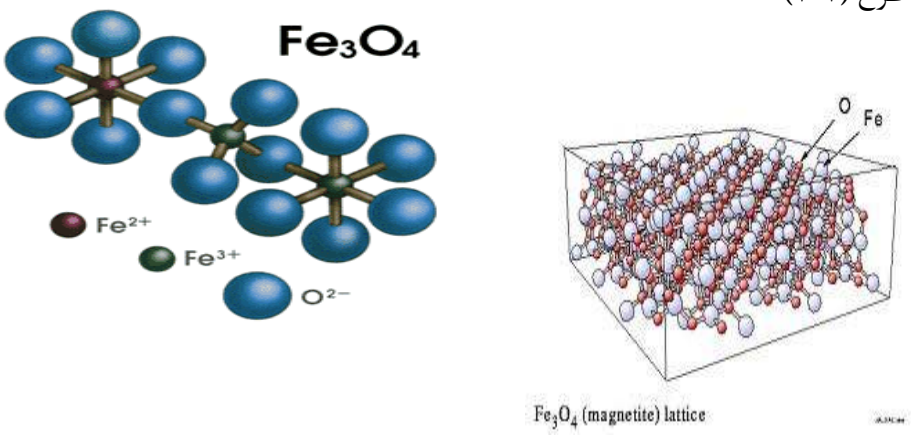
[1]. *W. Gilbert*
[2]. *H.Christian Ørsted*
[3]. *Magnetic resonance imaging (MRI)*
[4]. *Magnetic particle imaging*

مغناطیسی با اندازه ۲ تا ۲۰ نانومتر می‌توانند به عنوان ابزاری برای ذخیره اطلاعات در کارت‌های مغناطیسی استفاده شوند.

۱-۴-۱- نانو ذره مغناطیسی Fe_3O_4:

مگنتیت[1] (*Magnetite*) با فرمول شیمیایی Fe_3O_4 از مجموعه کانی هاست و از واژه یونانی *Magnec* به معنای آهن ربا گرفته شده است و برای اولین بار در سوئیس کشف شد. مگنتیت به شدت مغناطیسی است و می تواند به عنوان آهنربای طبیعی عمل کند که در این صورت به آن سنگ آهنربا می گویند. Fe_3O_4 یکی از گروه‌های اسپینل معکوس با فرمول عمومی AB_2O_4 می باشد که فلز A، Fe^{+2} و فلز B ، Fe^{+3} و ساختار آنFCC[2] (مکعب مرکز وجوه پر) می‌باشد. در ساختار اسپینل Fe_3O_4 یون های دو ظرفیتی A (Fe^{+2}) و نصف یون‌های سه ظرفیتی B (Fe^{+3}) در حفره‌های هشت وجهی و مابقی یون های سه ظرفیتی B (Fe^{+3}) در حفره‌های چهار وجهی قرار دارند . طرح (۱-۱)

طرح (۱-۱)



طرح(۱-۱)

[1]. *Magnetite*
[2]. *Face-Centered Cubic*