بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه بیرجند

دانشکده علوم

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی معدنی

عنوان:

و تثبیت آن بر روی بسترهای نانو مغناطیسی و سیلیکا و استفاده از آن به bpdo با لیگاند (II)سنتز کمپلکس مس عنوان کاتالیزور در واکنش های اکسایش

استاد راهنما:

دکتر ریحانه ملکوتی

استاد مشاور:

حسن آتشین

نگارش:

فاطمه ابراهیمی راویز

شهریور ۱۳۹۲

خداوندا به ما توفیق تلاش در شکست، صبر در نومیدی، رفتن بی همراه، جهاد بی سلاح، کار بی پاداش، فداکاری در سکوت، دین بی دنیا، مذهب بی عوام، عظمت بی نام، خدمت بی نان، ایمان بی ریا، خوبی بی نمود، گستاخی بی خامی، مناعت بی غرور، عشق بی هوس، تنهایی در انبوه جمعیت و دوست داشتن بی آنکه دوستت بدارند، را عنایت فرما.

سپاس

خدایی که آفرید

جهان را، انسان را، عقل را، علم را، معرفت را، عشق را

و به کسانی که عشقشان را در وجودم دمید.

گاهی بیاییم و احوالشان را بپرسیم

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه
درخت پر بار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان
در راه کسب علم ودانش تلاش نمایم .
والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم چرا
که این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن
را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند.
آموزگارانی که برایم زندگی؛ بودن و انسان بودن را معنا کردند
حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم آنان....
به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگان
به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است
به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید
و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

برادرانم که همواره در طول تحصیل همراه و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات، و وجودشان مایه دلگرمی من است کمال تشکر وقدردانی را دارم.

از استاد فرزانه و دلسوز؛ سرکار خانم دکتر ملکوتی که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

از اساتید گرامی جناب آقای دکتر عبدالرضا رضایی فرد و سرکار خانم دکتر باقرزاده که در بازنگری و تدوین این پایان نامه قبول زحمت کردند نهات تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر رضا سندروس که به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاع شرکت نمودند، تشکر می‌کنم.

از استاد مشاورم جناب آقای حسن آتشین به دلیل یاریها و راهنماییهای بی چشمداشت ایشان که بسیاری از سختیها را برایم آسانتر نمودند،کمال تقدیر و تشکر دارم.

لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز دوست عزیزم مریم نوری.

در نهایت از دوستان و هم آزمایشگاهی‌های خوبم خانم‌ها: یقعوبی، حسینی، رجایی، هادیزاده،فقهی و آقایان محمودی و دوستی و کلیه کسانی که در مدت تحصیل و انجام پروژه نهایت مساعدت و همکاری را داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را می‌کنم.

چکیده

سنتز و با روش اشباع سازی در نانوراکتور bpdo با لیگاند II)در قسمت اول تحقیق، کمپلکس مس(اکسایش الکل‌ها با آب‌اکسیژنه در حضور نانو کاتالیزور در شرایط بدون حلال و تثبیت شد.Montmorillonite KSF TBHPدر دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت با راندمان ۱۰۰ درصد انجام شد همچنین اکسایش الکل‌ها با نیز با حلال استونیتریل در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت با راندمان ۹۵ درصد انجام شد. اکسایش سولفیدها با آب‌اکسیژنه در حضور کاتالیزور در شرایط بدون حلال در دمای ۲۷ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت با راندمان ۱۰۰ درصد انجام شد از مزایای کاتالیزور قابلیت بازیابی بالا آن می‌باشد.

با روش میکروامولوسیون معکوس، سیلیکادار شد. به روش همرسوبی سنتز شد وFe_3O_4در قسمت دوم تحقیق، بر سطح آن $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ نانوذرات سنتز شده با کلروسولفونیک‌اسید عامل‌دار شدند و سپس کمپلکس کاتیونی XRD و طیف سنجی جذب اتمی شناسایی شد. VSM، FT-IR، XRD،TEMتثبیت شد. این کاتالیزور با تکنیک‌های ، ریخت‌شناسی کروی با Fe_3O_4 نانوذرات TEM، فاز مکعبی خالص را نشان می‌دهد همچنین تصویر Fe_3O_4نانوذرات ، رفتار سوپرپارامغناطیس آن‌ها را Fe_3o_4 نانوذرات VSMاندازه ذره تقریباً ۲۰ نانومتر را تأیید می‌کند همچنین نمودار در حضور این کاتالیزور با حلال استونیتریل در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد TBHPنشان می‌دهد. اکسایش الکل‌ها با به مدت ۵ ساعت با راندمان ۹۵ درصد انجام شد.

فهرست مطالب

عنوان.....صفحه

فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه.....۲

۱-۱-۱ مقدمه ای بر کاتالیزور ۲

۱-۱-۲ مروری بر کاتالیزورهای جامد.....۲

۱-۲ ساپورت کردن کاتالیزورهای همگن و تبدیل آن به کاتالیزور ناهمگن.....۳

۱-۳ در آمدی بر نانوذرات.....۴

۱-۴ تقسیم بندی نانومواد..... ۶
۱-۵ نانو کاتالیزورها..... ۷
۱-۶ تاریخچه‌ای از کشف عنصر مس..... ۷
۱-۶-۱ شیمی مس..... ۸
۱-۶-۲ نقش زیست‌شناختی مس..... ۹
۱-۷ دسته بندی مواد متخلخل..... ۱۰
۱-۸ ترکیبات مزوحفره..... ۱۰
۱-۸-۱ دسته‌بندی مزوحفره‌ها..... ۱۱
۱-۹ ساختار زئولیت‌ها..... ۱۳
۱-۱۰ ساختار و سنتز مواد مزوپور..... ۱۵
۱-۱۰-۱ خانواده M41S مواد مزوپور شامل ساختارهای متعددی می باشد..... ۱۵
۱-۱۰-۲ کاربرد ترکیبات مزوپور در کاتالیز..... ۱۶
۱-۱۱ جامدهای لایه‌ای..... ۱۸
۱-۱۱-۱ مونت موریلونیت..... ۲۰
۱-۱۲ کاربرد نانوذرات..... ۲۱
۱-۱۳ کاربرد نانوذرات مغناطیسی..... ۲۲
۱-۱۴ انواع نانوذرات اکسید آهن..... ۲۳
۱-۱۵ سنتز نانوذرات اکسید آهن..... ۲۴
۱-۱۵-۱ روش هم‌رسوبی..... ۲۵
۱-۱۵-۲ تجزیه‌ی حرارتی..... ۲۵
۱-۱۵-۳ میکروامولسیون..... ۲۶
۱-۱۵-۴ سنتز هیدروترمال..... ۲۶

۱-۱۵-۵ سنتز سل-ژل..... ۲۷
۱-۱۶ مفاهیم مغناطیسی..... ۲۸
۱-۱۶-۱ حوزه های مغناطیسی..... ۲۸
۱-۱۶-۲ حلقه ی پسماند..... ۲۹
۱-۱۷ انواع مواد مغناطیسی..... ۳۰
۱-۱۷-۱ سوپر پارامغناطیس..... ۳۰
۱-۱۷-۲ دو ویژگی مهم رفتار سوپرپارامغناطیسی..... ۳۲
۱-۱۸ لیگاند bpdo..... ۳۳
۱-۱۹ اکسایش سولفیدها..... ۳۵
۱-۲۰ پیشینه تحقیق..... ۳۵
۱-۲۰-۱ ترکیبات مس به عنوان کاتالیزور همگن در واکنش‌های آلی..... ۳۵
۱-۲۰-۲ ترکیبات مس به عنوان کاتالیزور ناهمگن..... ۳۶
۱-۲۰-۲-۱ تثبیت ترکیبات مس بر روی بسترهای میکروپور..... ۳۶
۱-۲۰-۲-۲ تثبیت ترکیبات مس بر روی بسترهای مزوپور..... ۳۷
۱-۲۰-۲-۳ تثبیت ترکیبات مس بر روی بستر مونت موریلونیت در واکنش‌های آلی..... ۳۷
۱-۲۰-۲-۴ ترکیبات مس بر روی بستر مونت موریلونیت در واکنش‌های اکسایش الکل و سولفید با H_2O_2..... ۳۸
۱-۲۰-۲-۵ ترکیبات مس بر روی بسترهای مغناطیسی..... ۳۹
۱-۲۰-۲-۵-۱ ترکیبات مس بر روی بسترهای مغناطیسی در واکنش‌های آلی..... ۳۹
۱-۲۰-۲-۵-۲ ترکیبات مس بر روی بسترهای مغناطیسی در واکنش‌های اکسایش الکل و سولفید..... ۴۴
۱-۲۱ هدف از تحقیق..... ۴۵

فصل دوم: بخش تجربی

۲-۱ مواد و دستگاه‌های مورد استفاده..... ۴۷

۲-۱-۱ مواد شیمیایی..... ۴۷

۲-۱-۲ دستگاه‌های مورد استفاده..... ۴۷

۲-۲ سنتز کمپلکس مس (II) شامل لیگاند bpdo بر روی بستر $Fe_3O_4@SiO_2\text{-}SO_3H$ ۴۸

۲-۲-۱ سنتز لیگاند Bpdo..... ۴۸

۲-۲-۲ روش تهیه نانوذرات مغناطیسی Fe_3O_4 (MNP)..... ۴۸

۲-۲-۳ پوشاندن نانوذرات مغناطیسی با سیلیکا (SMNP)..... ۴۹

۲-۲-۴ اسیدی کردن نانو ذرات مغناطیسی پوشیده شده از سیلیکا(ASMNP)..... ۴۹

۲-۲-۵ تثبیت کمپلکس $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ بر روی بستر $Fe_3O_4@SiO_2\text{-}SO_3H$..... ۴۹

۲-۳ روش سنتز کمپلکس $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ و تثبیت آن بر روی نانو راکتور Montmorillonite ksf

..... ۵۰

۲-۳-۱ فعال سازی بستر مونت موریلونیت..... ۵۰

۲-۳-۲تهیه کاتالیزور $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$/Na-Montmorillonte..... ۵۱

۲-۴ بررسی فعالیت کاتالیزوری $Fe_3O_4@SiO_2/SO_3$ $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]$ (Cu=۰/۰۱۴mol%)

دراکسایش الکل‌ها در حضورTBHP..... ۵۲

۲-۴-۱ اکسایش بنزیل‌الکل بوسیلهTBHP در غیاب کاتالیزور..... ۵۲

۲-۴-۲ بررسی اثر حلال بر اکسایش بنزیل‌الکل ۵۲

۲-۴-۳ بررسی اثر اکسیدکننده بر اکسایش بنزیل‌الکل..... ۵۲

۲-۴-۴ بررسی اثر دما بر اکسایش بنزیل‌الکل..... ۵۳

۲-۴-۵ بررسی اثر نسبت مولی بنزیل‌الکل/TBHP..... ۵۳

۲-۴-۶ بررسی اثر مقدار کاتالیزور بر اکسایش بنزیل‌الکل..... ۵۳

۲-۴-۷ بررسی اثر مقدار حلال بر اکسایش بنزیل‌الکل..... ۵۳

۲-۴-۸ تعیین تعداد چرخه‌های کاتالیزوری(TON) $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]$ $Fe_3O_4@SiO_2/SO_3$ در حضور TBHP..... ۵۴

۲-۴-۹ بررسی اثر حلال شویی بر اکسایش بنزیل‌الکل..... ۵۴

۲-۴-۱۰ روش کار بررسی پایداری کاتالیزور..... ۵۴

۲-۵ بررسی فعالیت کاتالیزوری $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$/Na-Montmorillonte(Cu=۰/۰۴mol%) دراکسایش الکل‌ها در حضور H_2O_2..... ۵۵

۲-۵-۱ اکسایش بنزیل‌الکل بوسیله H_2O_2 در غیاب کاتالیزور..... ۵۵

۲-۵-۲ بررسی اثر حلال بر اکسایش بنزیل‌الکل..... ۵۵

۲-۵-۳ بررسی اثر دما بر اکسایش بنزیل‌الکل..... ۵۵

۲-۵-۴ بررسی اثر اکسیدکننده بر اکسایش بنزیل-الکل..... ۵۶

۲-۵-۵ بررسی اثر نسبت مولی بنزیل‌الکل/ H_2O_2..... ۵۶

۲-۵-۶ بررسی اثر مقدار کاتالیزور بر اکسایش بنزیل-الکل..... ۵۶

۲-۵-۷ تعیین تعداد چرخه‌های کاتالیزوری (TON)

$[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$/Na-Montmorillonte در حضور H_2O_2.....۵۶

۲-۵-۸ بررسی اثر حلال شویی بر اکسایش بنزیل الکل.....۵۷

۲-۵-۹ بررسی و قابلیت استفاده مجدد کاتالیزور ناهمگن $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$/Na-Montmorillonte در اکسایش الکل‌ها به وسیله H_2O_2.....۵۷

۲-۶ بررسی فعالیت کاتالیزوری

$[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$/Na- Montmorillonte (Cu=۰/۰٤ mol%) در اکسایش الکل‌ها در حضور TBHP ۵۸

۲-۶-۱ اکسایش بنزیل‌الکل بوسیله TBHP در غیاب کاتالیزور.....۵۸

۲-۶-۲ بررسی اثر حلال بر اکسایش بنزیل-الکل.....۵۸

۲-۶-۳ بررسی اثر دما بر اکسایش بنزیل‌الکل.....۵۸

۲-۶-۴ بررسی اثر نسبت مولی بنزیل‌الکل TBHP/.....۵۸

۲-۶-۵ بررسی اثر مقدار کاتالیزور بر اکسایش بنزیل-الکل.....۵۹

۲-۶-۶ بررسی اثر مقدار حلال بر اکسایش بنزیل-الکل.....۵۹

۲-۶-۷ تعیین تعداد چرخه‌های کاتالیزوری (TON)

$[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$/Na-Montmorillonte در حضور TBHP.....۵۹

۲-۶-۸ بررسی اثر حلال شویی بر اکسایش بنزیل-

الکل.....۵۹

۲-۶-۹ بررسی و قابلیت استفاده مجدد کاتالیزور ناهمگن

$[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$/Na-Montmorillonte در اکسایش الکل‌ها به وسیله

TBHP.....۶۰

۲-۷ بررسی فعالیت کاتالیزوری

$[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$/Na-Montmorillonte (Cu=۰/۰۴ mol%) دراکسایش

سولفیدها در

حضورH_2O_2.....۶۰

۲-۷-۱ روش کار اکسایش متیل‌فنیل‌سولفید بوسیله H_2O_2 در غیاب

کاتالیزور.....۶۰

۲-۷-۲ بررسی اثر حلال بر اکسایش متیل‌فنیل-سولفید.....۶۰

۲-۷-۳ بررسی اثر اکسیدکننده بر اکسایش متیل‌فنیل-

سولفید.....۶۱

۲-۷-۴ بررسی اثر دما بر اکسایش متیل‌فنیل-

سولفید.....۶۱

۲-۷-۵ بررسی اثر نسبت مولی متیل‌فنیل‌سولفید / H_2O_2 ..... ۶۱

۲-۷-۶ بررسی اثر مقدار کاتالیزور بر اکسایش متیل‌فنیل-سولفید ۶۱

۲-۷-۷ تعیین تعداد چرخه‌های کاتالیزوری $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$/Na-Montmorillonte (TON) در حضور H_2O_2 ..... ۶۲

۲-۷-۸ بررسی اثر حلال شویی بر اکسایش بنزیل-الکل ۶۲

۲-۷-۹ بررسی و قابلیت استفاده مجدد کاتالیزور ناهمگن $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$/Na-Montmorillonte در اکسایش سولفیدها به وسیله TBHP ۶۲

فصل سوم: بحث و نتیجه‌گیری

۳-۱ شناسایی نانوکاتالیزور $Fe_3O_4@SiO_2/(SO_3)_2$ $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]$ ۶۴

۳-۱-۱ شناسایی بوسیله دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD) ۶۴

۳-۱-۲ شناسایی بوسیله میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) ۶۵

۳-۱-۳بررسی خصوصیات مغناطیسی بوسیله دستگاه مغناطیس‌سنج نمونه در حال ارتعاش (VSM) ۶۷

۳-۱-۴ شناسایی بوسیله طیف‌سنجی مادون‌قرمز (FT-IR).....۶۸

۳-۱-۵ اندازه‌گیری بوسیله طیف‌سنجی جذب اتمی.....۶۹

۳-۲ اکسایش الکل‌ها بوسیله TBHP کاتالیز شده با $Fe_3O_4@SiO_2/(SO_3)_2$ $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]$.....۷۰

۳-۲-۱ اکسایش بنزیل‌الکل با TBHP در غیاب و در حضور کاتالیزور.....۷۰

۳-۲-۲ بررسی تاثیر ماهیت حلال.....۷۱

۳-۲-۳ بررسی تاثیر دما.....۷۱

۳-۲-۴ بررسی تاثیر مقدار اکسیدکننده TBHP.....۷۲

۳-۲-۵ بررسی تاثیر غلظت کاتالیزور.....۷۳

۳-۲-۶ بررسی اثر مقدار حلال بر اکسایش بنزیل-الکل.....۷۳

۳-۲-۷-بررسی پایداری کاتالیزور $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]$ $Fe_3O_4@SiO_2/(SO_3)_2$ در واکنش اکسایش بنزیل‌الکل بوسیله TBHP
۷۴

۳-۲-۸ اکسایش انواع مختلف الکل‌ها با TBHP در حضورکاتالیزور
$Fe_3O_4@SiO_2/(SO_3)_2$
$[Cu(bpdo)_2.2H_2O]$ ۷۵

۳-۲-۹ استفاده از تله رادیکال برای تعیین مکانیزم واکنش با TBHP
۷۸

۳-۳ اکسایش الکل بوسیله H_2O_2 کاتالیز شده با-$[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ /Na
montmorilonite ۷۹

۳-۳-۱ اکسایش بنزیل‌الکل بوسیله H_2O_2 در غیاب کاتالیزور ۷۹

۳-۳-۲ تعیین شرایط مناسب برای واکنش کاتالیزوری اکسایش بنزیل‌الکل بوسیله H_2O_2 ۷۹

۳-۳-۳ تاثیر حلال ۸۰

۳-۳-۴ اثر دما ۸۰

۳-۳-۵ تاثیر مقدار اکسیدکننده ۸۱

۳-۳-۶ تاثیر مقدار کاتالیزور

.....۸۲

۳-۳-۷ بررسی پایداری کاتالیزور $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ /Na-montmorilonite در واکنش اکسایش بنزیل‌الکل بوسیلهH_2O_2 در شرایط بدون حلال.....۸۳

۳-۳-۸ اکسایش انواع مختلف الکل‌ها با H_2O_2 در حضورکاتالیزور-$[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ /Na-montmorilonite.....

۸۴.....

۳-۳-۹ استفاده از تله رادیکال برای تعیین مکانیزم واکنش با H_2O_2(۳۰٪).....۸۷

۳-۴ اکسایش الکل‌ها بوسیله TBHP کاتالیز شده با-$[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ /Na-montmorilonite.....۸۸

۳-۴-۱ اکسایش بنزیل‌الکل با TBHPدر غیاب و در حضور کاتالیزور.....۸۸

۳-۴-۲ بررسی تاثیر ماهیت حلال.....۸۹

۳-۴-۳ بررسی تاثیر دما.....۹۰

۳-۴-۴ بررسی تاثیر مقدار اکسیدکننده TBHP.....۹۱

۳-۴-۵ بررسی تاثیر غلظت کاتالیزور.....۹۱

۳-۴-۶ بررسی اثر مقدار حلال بر اکسایش بنزیل الکل.....۹۲

۳-۴-۷ بررسی پایداری کاتالیزور $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ /Na-montmorilonite در واکنش اکسایش بنزیل‌الکل بوسیله TBHP.....۹۳

۳-۴-۸- اکسایش انواع مختلف الکل‌ها با TBHP در حضورکاتالیزور $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ /Na-montmorilonite.....۹۴

۳-۴-۹ استفاده از تله رادیکال برای تعیین مکانیزم واکنش با TBHP.....۹۶

۳-۵ اکسایش سولفید ها با اکسیدکننده H_2O_2 کاتالیز شده بوسیله

$[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ /Na-montmorilonite ۹۷

۳-۵-۱- اکسایش متیل فنیل سولفید با H_2O_2 در غیاب کاتالیزور ۹۷

۳-۵-۲ تعیین شرایط مناسب برای واکنش کاتالیزوری اکسایش متیل‌فنیل‌سولفید بوسیله H_2O_2 ۹۷

۳-۵-۳ تاثیر حلال ۹۸

۳-۵-۴ بررسی تاثیر ماهیت اکسیدکننده ۹۹

۳-۵-۵ انتخاب مناسب ترین دما ۹۹

۳-۵-۶ انتخاب مناسب‌ترین مقدار اکسید-کننده ۱۰۰

۳-۵-۷ انتخاب مناسب‌ترین مقدار کاتالیزور ۱۰۱

۳-۵-۸ بررسی پایداری کاتالیزور ۱۰۲

۳-۵-۹ اکسایش انواع مختلف سولفیدها با H_2O_2 در حضورکاتالیزور

$[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ /Na-montmorilonite ۱۰۳

نتیجه‌گیری ۱۰۴

ضمیمه ۱۰۶

مراجع ۱۱۲

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱: خانواده M41s (a) MCM-41 با ساختار هگزاگونال (b) MCM-48 با ساختار مکعبی (c) MCM-50 با ساختار لایه‌ای ۱۲

شکل ۱-۲:اشتراک چهار وجهی‌های AlO_4 و SiO_4در آلومینیو سیلیکات‌ها ۱۴

شکل ۱-۳: ساختار مونت موریلونیت ۲۱

شکل ۱-۴: ساختار کریستالی مگماتیت ۲۴

شکل ۱-۵: فرآیند و سازو کار روش سل ژل برای تهیه نانوذرات..... ۲۷

شکل۱-۶: ایجاد حوزه‌ها و میدان مغناطواستاتیک مربوطه برای دو بلور هگزاگونال و مکعبی..... ۲۸

شکل ۱-۷: حلقه H بر حسب M..... ۲۹ هیسترزیس

شکل۱-۸: تصویر شماتیکی انرژی یک ذره تک حوزه با ناهمسانگردی تک‌محوری به صورت تابعی از جهت

سد انرژی مورد نیاز چرخش مغناطش مغناطشEBاست..... ۳۰

شکل۱-۹: رفتار وادارندگی ذرات. Dsp سایز (قطر) سوپرپارامغناطیسی و Ds سایز تک حوزه است..... ۳۳

شکل۱-۱۰ : صورت‌بندی کایرال bpdo-۴′ و۴، فرم مورب a) σ و b) λ..... ۳۳

شکل۲-۱ مراحل سنتز نانو کاتالیزور $Fe_3O_4@SiO_2/(SO_3)_2$ $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]$..... ۵۰

شکل ۲-۲: فعال سازی بستر مونت موریلونیت KSF..... ۵۰

شکل ۲-۳: مراحل فعال‌سازی و ورود کمپلکس درون کانال‌های مونت موریلونیت..... ۵۱

شکل۳-۱: الگوی پراش اشعه X نمونه a) $Fe_3O_4@SiO_2$، $Fe_3O_4@SiO_2/(SO_3)_2$ $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]$ b)...۶۵

شکل ۳-۲: تصویرTEM نانوذرات مغناطیسی (a) $Fe_3O_4@SiO_2$ (b) $Fe_3O_4@SiO_2/(SO_3)_2$ $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]$ (c) کاتالیزور بعد از ۵ مرتبه استفاده مجدد..... ۶۶

شکل ۳-۳: نمودار منحنی پسماند مغناطیسی نانوذرات (a) $Fe_3O_4@SiO_2$ (b) $Fe_3O_4@SiO_2(SO_3)_2[Cu(bpdo)_2.2H_2O]$ ۶۷

شکل۳-۴ طیف FTIR (a) bpdo، (b) $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$، (c) Fe3O4@SiO2/SO3H $Fe_3O_4@SiO_2/(SO_3)_2/[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ (d)..... ۶۹

شکل ۳-۵ اکسایش بنزیل‌الکل در حضور کاتالیزور $Fe_3O_4@SiO_2/(SO_3)_2$ $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]$..... ۷۰

شکل ۳-۶ اکسایش بنزیل‌الکل در حضور کاتالیزور-Na/ $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ montmorilonite..... ۷۹

شکل ۳-۷ اکسایش بنزیل‌الکل در حضور کاتالیزور-Na/ $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ montmorilonite..... ۸۸

شکل ۳-۸ اکسایش متیل‌فنیل‌سولفید در حضور کاتالیزور-Na/ $[Cu(bpdo)_2.2H_2O]^{2+}$ montmorilonite..... ۹۷

فهرست جداول