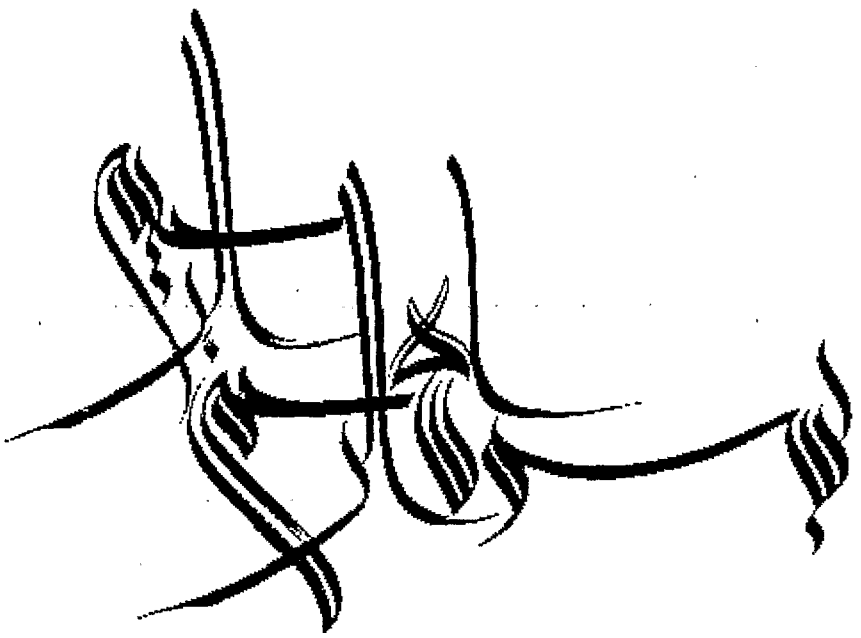

١١٢١٤٨

دانشکده شیمی

گروه شیمی کاربردی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی کاربردی

عنوان

بررسی تهیه و خواص نانوکامپوزیت های پلی پیرول/ کلینوپتلولیت و پلی پیرول/ زئولیت Y و کاربرد آنها در حذف فلزات سنگین از آب

استاد راهنما

دکتر علی اولاد قره گوز

استاد مشاور

دکتر معصومه خاتمیان

مرکز اطلاعات مدارک علمی
تحویل مدارک
۱۳۸۸/۲/۱۸

پژوهشگر

شیرین احمدی

بهمن ماه ۸۷

۱۱۲۱۴۸

تقدیم به

پرفروغترین ستارگان آسمان زندگیم

که نهال وجودم را با قطره قطره

دریای وجود خویش پروردند.

پدر و مادر

تقدیم به

خواهر و برادر عزیزم به پاس عاطفه سرشار و

گرمای امید بخش وجودشان که در این راه

یار و مددکارم بودند.

باژرفترین سپاسها از

استاد راهنمای گرامیم

جناب آقای دکتر علی اولاد

با حمد و سپاس بی کران به درگاه خداوند بخشاینده مهربان که توفیق انجام این پروژه را برای بنده فراهم آورد. این مجموعه حاصل راهنمود و عنایت اندیشمندانه اساتید محترم راهنما و مشاور و دیگر بزرگانی است که دلسوزانه بنده را در انجام این تحقیق یاری کردند،

بدین وسیله از زحمات:

جناب آقای دکتر اولاد که راهنمایی این پروژه تحقیقاتی را بر عهده داشتند،

سرکار خانم دکتر خاتمیان که استاد مشاور بنده در این پروژه بودند،

جناب آقای دکتر ختائی، هیئت محترم داوری،

جناب آقای دکتر سالاری مدیر محترم گروه شیمی کاربردی،

جناب آقای دکتر نیائی معاونت محترم پژوهشی،

جناب آقای دکتر خاندار معاونت محترم آموزشی،

جناب آقای دکتر نمازی ریاست محترم دانشکده شیمی،

اساتید دانشکده شیمی که از محضر علم و اخلاق آنها بهره برده ام، مسئولین و کارکنان محترم دانشکده شیمی،

دوستان و هم آزمایشگاهی های عزیزم خانمها ناموری، ابراهیمی، رمضانی، امینی، رشیدزاده، رسولی، رضائی، هیاسی، رنجبریان، حیدری آذر، ایوبی، پژاوند، قنبری، خلیق، جدائی، لک، حامدفر، قربانپور، سخندانی، هدائی، حسین نژاد، آقایان اتحادی، ناصری، صادق وندی کمال تشکر و قدردانی را دارم و سلامت و موفقیت های این عزیزان را از درگاه خداوند منان مسئلت می نمایم.

نام خانوادگی دانشجو: احمدی گجوتی **نام:** شیرین

عنوان: بررسی تهیه و خواص نانوکامپوزیتهای پلی پیرول/کلینوپتیلولیت و پلی پیرول/ زئولیت-Y و کاربرد آنها در حذف فلزات سنگین از آب

استاد راهنما: دکتر علی اولاد قره گوز

استاد مشاور: دکتر معصومه خاتمیان

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** شیمی **گرایش:** شیمی کاربردی **دانشگاه:** دانشگاه تبریز

دانشکده: شیمی **تاریخ فارغ التحصیلی:** ۸۷/۱۱/۸ **تعداد صفحه:** ۱۵۱

واژه های کلیدی: پلی پیرول، نانوکامپوزیت، کلینوپتیلولیت، زئولیت-Y، حذف، فلزات سنگین

چکیده:

فلزات سنگین از مهمترین آلاینده های سمی هستند و فاضلاب های آلوده شده با فلزات سنگین قبل از تخلیه به منابع آب باید تصفیه شوند. زئولیت های طبیعی و سنتزی یکی از مهمترین جاذب های تبادل یونی مورد استفاده در تصفیه پسابها هستند که در سالهای اخیر به وفور استفاده می شوند.

الحاق شبکه پلیمری به میزبانهای معدنی(نظیر زئولیت) به علت ترکیب خواص ویژه هر دو جزء در محل برهم کنش مولکولی دو ماده موضوع بسیار جالبی است. در اکثر پلیمرهای هادی، زنجیرهای پلیمری به هم تاب خورده و منجر به خودانبوه سازی می شوند. عیوب ساختاری، فرآیندهای انتقال بار را به تاخیر می اندازد. جهت کنترل خواص الکترونی و ساختاری، تلاشهائی جهت کپسوله کردن پلیمرها در میزبانهای هتروژن نظیر زئولیت ها انجام شده است.

در این کار پژوهشی پلیمریزاسیون پیرول در منافذ کلینوپتیلولیت و زئولیت-Y تبادل یون شده با Fe^{+3} و Cu^{+2} بدون افزودن عامل اکسنده و همچنین روش الکتروشیمیائی انجام شده است. کامپوزیت حاصل با استفاده از تکنیکهای FT-IR، XRD، آنالیز عنصری و اندازه گیری هدایت الکتریکی شناسائی شده است. بررسی قابلیت کلینوپتیلولیت میانه، نانوکامپوزیت پلی پیرول/

ادامه چکیده از صفحه قبل

کلینوپتیلولیت و پلی پیرول/ زئولیت-Y در حذف فلزات سنگین Cu^{+2} و Ni^{+2} از محلولهای آبی هدف مهم این کار پژوهشی بوده است. عوامل مؤثر بر فرآیند حذف فلزات سنگین(Cu^{+2} و Ni^{+2}) در آزمایشات ناپیوسته بررسی گردید. ماکزیمم ظرفیت حذف برای انواع جاذب ها با انجام مطالعات تعادل بدست آمده است. نتایج آزمایشات نشان می دهد که کامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت و پلی پیرول/ زئولیت-Y بهتر از کلینوپتیلولیت در حذف فلزات سنگین عمل کرده است. آزمایش های اولیه جهت بهینه سازی شرایط نشان داد که pH بهینه در حذف Cu^{+2} و Ni^{+2} به ترتیب ۵ و ۴ بود. ۲۴ ساعت زمان تماس به عنوان زمان تعادل بهینه در برهم کنش جاذب-کاتیون فلزی تعیین شد. نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت درصد حذف بیشتری نسبت به کلینوپتیلولیت نشان داد. ماکزیمم درصد حذف Cu^{+2} و Ni^{+2} به ترتیب ۹۳٪ و ۸۱٪ بود.

عنوان صفحه

فصل اول/ بررسی منابع

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- فلزات سنگین ۳

۱-۳- زئولیت ۶

۱-۳-۱- زئولیت های طبیعی ۶

۱-۳-۲- زئولیت های سنتزی ۹

۱-۴- بررسی حذف فلزات سنگین با استفاده از کلینوپتیلولیت ۱۱

۱-۴-۱- اثر غبار سطحی و اندازه ذرات ۱۱

۱-۴-۲- زمان تماس ۱۳

۱-۴-۳- اثر pH ۱۳

۱-۴-۴- تأثیر سرعت همزدن ۱۴

۱-۴-۵- اثر نرم کردن ۱۵

۱-۴-۶- اثر حضور آنیونها ۱۷

۱-۴-۷- بررسی ظرفیت جذب کلینوپتیلولیت ۱۸

۱-۵- کاربرد مدلهای جذب لانگمیر و فروندلیچ در داده های تعادل ۱۹

۱-۶- انتخابگری کلینوپتیلولیت برای کاتیونهای فلزی مختلف ۲۰

۱-۷- مکانیسم های محتمل در برهمکنش بین کلینوپتیلولیت ومحلول حاوی فلزات سنگین.. ۲۱

۱-۸- انهدام زئولیت های اشباع شده با فلزات سنگین ۲۳

۱-۹- کامپوزیت ها ۲۴

۱-۹-۱- مزایای مواد کامپوزیتی ۲۴

۱-۱۰- نانوکامپوزیتها ۲۵

۱-۱۰-۱- طبقه بندی نانوکامپوزیتها ۲۶

۱-۱۰-۱-۱- نانوکامپوزیتهای پایه پلیمری ۲۷

۱-۱۰-۱-۲- نانوکامپوزیت های پایه سرامیکی ۲۸

۱-۱۰-۱-۳- نانوکامپوزیتهای پایه فلزی ۲۸

۱-۱۰-۱-۴- نانوکامپوزیتهای میزبان- میهمان ۲۹

۱-۱۰-۱-۴-۱- غشاهای نانوکامپوزیتی زئولیت- پلیمر ۳۰

۱-۱۱- پلیمرهای رسانا ۳۱

۱-۱۱-۱- حاملان بار در پلیمرهای رسانا ۳۲

۱-۱۱-۲- پلی پیرول ۳۳

۱-۱۱-۳- روشهای تهیه پلی پیرول ۳۴

۱-۱۱-۴- هدایت الکتریکی پلی پیرول ۳۷

۱-۱۲- اهداف پروژه حاضر ۳۸

فصل دوم/ مواد و روشها

۲-۱- مواد شیمیائی ۴۰

۲-۲- دستگاهها و تجهیزات ۴۰

۲-۳- تقطیر مونومر پیرول ۴۱

۲-۴- آماده سازی زئولیت ۴۲

۲-۴-۱- تیمار و آماده سازی زئولیت طبیعی، کلینوپتیلولیت ۴۲

۲-۴-۲- تیمار و آماده سازی زئولیت سنتزی، زئولیت-Y ۴۲

۲-۵- سنتز شیمیائی پلی پیرول با استفاده از دوپه کننده های مختلف ۴۳

۲-۵-۱- سنتز شیمیائی پلی پیرول با استفاده از SDBS ۴۳

۲-۵-۲- سنتز شیمیائی پلی پیرول با استفاده از HCl (روش I) ۴۴

۲-۵-۳- سنتز شیمیائی پلی پیرول با استفاده از HCl (روش II) ۴۴

۲-۵-۴- سنتز شیمیائی پلی پیرول با استفاده از HCl (روش III) ۴۴

۲-۶- سنتز شیمیائی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت ۴۵

۲-۶-۱- سنتز شیمیائی نانوکامپوزیت پلی پیرول/کلینوپتیلولیت با استفاده از اکسیدکننده کلریدمس(II) ۴۵

۲-۶-۲- سنتز شیمیائی نانوکامپوزیت پلی پیرول/کلینوپتیلولیت با استفاده از اکسیدکننده کلریدآهن(III) ۴۶

۲-۷- سنتز شیمیائی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y ۴۶

۲-۷-۱- سنتز شیمیائی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y با استفاده از اکسیدکننده کلریدمس(II) ... ۴۶

۲-۷-۲- سنتز شیمیائی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y با استفاده از اکسیدکننده کلرید آهن(III) ۴۷

۲-۸- سنتز الکتروشیمیائی پلی پیرول ۴۷

۲-۸-۱- سنتز الکتروشیمیائی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت ۴۸

۲-۸-۲- سنتز الکتروشیمیائی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y ۴۹

۲-۹- حذف فلزات سنگین ۵۱

۲-۹-۱- تهیه نمونه های استاندارد مس و نیکل ۵۱

۲-۹-۲- اثر pH ۵۱

۲-۹-۳- اثر زمان تماس ۵۲

۲-۹-۴- نوع جاذب ۵۲

۲-۹-۵- مقدار وزنی جاذب در حذف فلزات سنگین از آب ۵۳

۲-۹-۶- مطالعات تعادل ۵۴

۲-۱۰- آنالیزهای دستگاهی ۵۵

۲-۱۰-۱- آنالیز ICP (پلاسمای کوپل شده القائی) ۵۵

۲-۱۰-۲- پراش پرتو ایکس (XRD) ۵۷

۲-۱۰-۳- کرونوآمپرومتری ۵۸

۲-۱۰-۴- ولتامتری چرخه ای ۵۹

۲-۱۰-۵- هدایت الکتریکی ۶۰

۲-۱۰-۶- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ۶۲

۲-۱۰-۷- اسپکتروفوتومتری ۶۳

فصل سوم/ نتایج و بحث

۳-۱- سنتز نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت به روش شیمیائی ۶۷

۳-۱-۱- آنالیز عنصری نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت ۶۸

۳-۱-۲- بررسی طیف FT-IR نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت سنتز شده به روش شیمیائی ۶۹

۳-۲- سنتز نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y به روش شیمیائی ۷۴

۳-۲-۱- آنالیز عنصری نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y ۷۵

۳-۲-۲- بررسی طیف FT-IR نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y سنتز شده به روش شیمیائی ۷۶

۳-۳- بررسی طیف های پراش پرتو ایکس(XRD) ۷۸

۳-۳-۱- بررسی طیف XRD نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت ۷۸

۳-۳-۲- اندازه نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت با بکارگیری طیف های XRD و معادله شرر .. ۸۰

۳-۳-۳- بررسی طیف XRD نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y ۸۳

۳-۴- هدایت الکتریکی ۸۵

۳-۴-۱- هدایت الکتریکی پلی پیرول ۸۵

۳-۵- سنتز الکتروشیمیائی ۹۴

۳-۵-۱- سنتز الکتروشیمیائی پلی پیرول ۹۴

۳-۵-۲- سنتز الکتروشیمیائی نانوکامپوزیت های پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت و پلی پیرول/ زئولیت-Y... ۹۵

۳-۶- حذف فلزات سنگین ۹۹

۳-۶-۱- تعیین اثر pH ۹۹

۳-۶-۲- تعیین زمان تعادل ۱۰۵

۳-۶-۳- اثر مقدار وزنی جاذب ۱۰۷

۳-۶-۴- اثر زمان تماس و بررسی سینتیک فرآیند تبادل یون ۱۰۸

۳-۶-۵- مطالعات تعادل ۱۲۰

۳-۷- بررسی مورفولوژی ۱۳۵

۳-۸- نتیجه گیری ۱۳۹

۳-۹- پیشنهادها ۱۴۱

منابع ۱۴۲

فهرست شکلها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۱-۱ : ساختار برخی زئولیت های طبیعی[۱۰] ۳

شکل ۱-۲ : ساختار زئولیت-Y ۱۱

شکل ۱-۳ : تشکیل زنجیرهای پلی پیرول درون منافذ زئولیت-Y [۸۸] ۳۰

شکل ۱-۴ : پلیمرهای ذاتاً هادی (a) پلی استیلن، (b) پلی پیرول، (c) پلی تیوفن، (d) پلی فنیلن وینیلن و (e) پلی آنیلین[۹۷-۹۳] ۳۲

شکل۱-۵ : پیکربندی های پلی پیرول ، آروماتیکی و کینوئیدی[۹۳] ۳۳

شکل ۱-۶ : سنتز پلی پیرول به روش شیمیائی[۱۱۲] ۳۶

شکل ۲-۱ : شمای دستگاه پلاسمای کوپل شده القائی (ICP)[۱۲۴] ۵۶

شکل ۲-۲ : شمای دستگاه پراش اشعه ایکس[۱۲۴] ۵۸

شکل۲-۳ : برنامه پتانسیل در ولتامتری چرخه ای ۵۹

شکل۲-۴ : شمای سیستم دستگاهی ولتامتری چرخه ای ۶۰

شکل۲-۵ : شمای دستگاه اندازه گیری هدایت الکتریکی با روش استاندارد چهار نقطه ای ۶۱

شکل۲-۶ : شمای دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی[۱۲۴] ۶۴

شکل ۳-۱ : طیف FT-IR کلینوپتیلولیت ۶۹

شکل ۳-۲ : طیف FT-IR کلینوپتیلولیت تیمارشده با کلرید مس ۷۰

شکل ۳-۳ : طیف FT-IR کلینوپتیلولیت تیمار شده با کلرید آهن ۷۱

شکل ۳-۴ : طیف FT-IR پلی پیرول تهیه شده به روش شیمیائی ۷۲

شکل ۳-۵ : طیف FT-IR نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت ۷۳

شکل ۳-۶ : طیف FT-IR زئولیت-Y ۷۶

شکل۳-۷ : طیف FT-IR زئولیت-Y تبادل یون شده با کلرید مس ۷۷

شکل ۳-۸ : طیف FT-IR نانو کامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y ۷۷

شکل ۳-۹ : طیف پراش اشعه ایکس یک نمونه کلینوپتیلولیت با ناخالصی α-کوارتز ۷۹

شکل ۳-۱۰ : طیف پراش اشعه ایکس کلینوپتیلولیت ۷۹

شکل ۳-۱۱ : طیف پراش اشعه ایکس کلینوپتیلولیت تیمار شده با کلرید مس ۸۱

شکل۳-۱۲ : طیف پراش اشعه ایکس نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت ۸۲

شکل۳-۱۳ : طیف پراش اشعه ایکس زئولیت-Y ۸۳

شکل ۳-۱۴ : طیف پراش اشعه ایکس زئولیت-Y تیمار شده با کلرید مس ۸۴

شکل ۳-۱۵ : طیف پراش اشعه ایکس نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y ۸۴

شکل ۳-۱۶ : دوپه شدن نوع-P پلی پیرول از طریق پلارون و بی پلارون ۸۷

شکل ۳-۱۷ : طیف FT-IR نانو کامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت با محتوای ۰/۵٪ کلینوپتیلولیت، طیف FT-IR پائین، حالت بزرگنمائی شده محدوده cm^{-1} ۱۶۰۰-۱۴۰۰ را نشان می دهد. ۹۰

شکل ۳-۱۸ : طیف پراش اشعه ایکس پلی پیرول ۹۳

شکل ۳-۱۹ : طیف پراش اشعه ایکس نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت، درصد وزنی کلینوپتیلولیت ۰/۵٪ ۹۳

شکل ۳-۲۰ : منحنی جریان- زمان سنتز پلی پیرول بر روی الکترود طلا ۹۵

شکل ۳-۲۱ : منحنی جریان- زمان سنتز نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت بر روی الکترود طلا ... ۹۶

شکل ۳-۲۲ : ولتاموگرام چرخه ای پلی پیرول در الکترولیت اسید اگزالیک یک مولار با سرعت روبش ۱۰۰ mV/s در محدوده پتانسیل ۰/۵- تا ۱ ولت ۹۶

شکل ۳-۲۳ : منحنی ولتامتری چرخه ای نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت با فرم پروتونه نشده کلینوپتیلولیت با سرعت روبش ۱۰۰ mV/s در محدوده پتانسیل ۰/۲- تا ۱ ولت ۹۷

شکل ۳-۲۴ : منحنی ولتامتری چرخه ای نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت با فرم پروتونه شده با کلرید آمونیوم کلینوپتیلولیت با سرعت روبش ۱۰۰ mV/s در محدوده پتانسیل ۰/۵- تا ۱ ولت ۹۷

شکل ۳-۲۵ : منحنی ولتامتری چرخه ای نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y با فرم پروتونه نشده زئولیت-Y با سرعت روبش ۱۰۰ mV/s در محدوده پتانسیل ۰/۲- تا ۱ ولت ۹۸

شکل ۳-۲۶ : منحنی ولتامتری چرخه ای نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y با فرم پروتونه شده با کلرید آمونیوم زئولیت-Y با سرعت روبش ۱۰۰ mV/s در محدوده پتانسیل ۰/۵- تا ۱ ولت ۹۸

شکل ۳-۲۷ : اثر pH اولیه محلول در حذف Cu^{+2} با استفاده از کلینوپتیلولیت. غلظت اولیه Cu^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی کلینوپتیلولیت ۴ g/L، زمان تماس ۲۴ ساعت در دمای اتاق ۱۰۱

شکل ۳-۲۸ : اثر pH اولیه محلول در حذف Cu^{+2} با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت. غلظت اولیه Cu^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت ۴ g/L، زمان تماس ۲۴ ساعت در دمای اتاق ۱۰۱

شکل ۳-۲۹ : اثر pH اولیه محلول در حذف Ni^{+2} با استفاده از کلینوپتیلولیت. غلظت اولیه Ni^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی کلینوپتیلولیت ۴ g/L، زمان تماس ۲۴ ساعت در دمای اتاق..... ۱۰۳

شکل ۳-۳۰ : اثر pH اولیه محلول در حذف Ni^{+2} با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/کلینوپتیلولیت. غلظت اولیه Ni^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت ۴ g/L، زمان تماس ۲۴ ساعت در دمای اتاق ۱۰۳

شکل ۳-۳۱ : اثر pH اولیه محلول در حذف Cu^{+2} با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y. غلظت اولیه Cu^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y ۴ g/L، زمان تماس ۲۴ ساعت در دمای اتاق ۱۰۴

شکل ۳-۳۲ : اثر pH اولیه محلول در حذف Ni^{+2} با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y. غلظت اولیه Ni^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y ۴ g/L، زمان تماس ۲۴ ساعت در دمای اتاق ۱۰۴

شکل ۳-۳۳ : زمان رسیدن به تعادل در حذف Cu^{+2} با استفاده از کلینوپتیلولیت. غلظت اولیه Cu^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی کلینوپتیلولیت ۴ g/L، pH محلول ۵ در دمای اتاق ۱۰۶

شکل ۳-۳۴ : زمان رسیدن به تعادل در حذف Cu^{+2} با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/کلینوپتیلولیت. غلظت اولیه Cu^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت ۴ g/L، pH محلول ۵ در دمای اتاق ۱۰۶

شکل ۳-۳۵ : مقدار وزنی کلینوپتیلولیت در حذف Cu^{+2} .غلظت اولیه Cu^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، pH محلول ۵ ، زمان تماس ۲۴ ساعت در دمای اتاق ۱۰۷

شکل ۳-۳۶ : مقدار وزنی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت در حذف Cu^{+2} . غلظت اولیه Cu^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، pH محلول ۵ ، زمان تماس ۲۴ ساعت در دمای اتاق ۱۰۷

شکل ۳-۳۷ : اثر زمان تماس در حذف Cu^{+2} با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت. غلظت اولیه Cu^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت ۴ g/L، pH محلول ۵ در دمای اتاق ۱۰۹

شکل ۳-۳۸ : اثر زمان تماس در حذف Cu^{+2} با استفاده از کلینوپتیلولیت. غلظت اولیه Cu^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی کلینوپتیلولیت ۴ g/L، pH محلول ۵ در دمای اتاق ۱۱۰

شکل ۳-۳۹ : اثر زمان تماس در حذف Ni^{+2} با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت. غلظت اولیه Ni^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت ۴ g/L، pH محلول ۴ در دمای اتاق ۱۱۰

شکل ۳-۴۰ : اثر زمان تماس در حذف Ni^{+2} با استفاده از کلینوپتیلولیت. غلظت اولیه Ni^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی کلینوپتیلولیت ۴ g/L، pH محلول ۵ در دمای اتاق ۱۱۱

شکل ۳-۴۱ : اثر زمان تماس در حذف Cu^{+2} با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y. غلظت اولیه Cu^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y ۴ g/L، pH محلول ۶ در دمای اتاق ۱۱۱

شکل ۳-۴۲ : اثر زمان تماس در حذف Ni^{+2} با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y. غلظت اولیه Ni^{+2} در محلول ۱۰ mg/L، مقدار وزنی نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y ۴ g/L، pH محلول ۵ در دمای اتاق ۱۱۲

شکل ۳-۴۳ : منحنی سینتیک شبه درجه دوم خطی شده برای تبادل یون مس با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت. مقدار وزنی جاذب ۴ g/L ، pH محلول ۵ ..... ۱۱۳

شکل ۳-۴۴ : منحنی سینتیک شبه درجه اول خطی شده برای تبادل یون مس با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت. مقدار وزنی جاذب ۴ g/L ، pH محلول ۵ ..... ۱۱۳

شکل ۳-۴۵ : منحنی سینتیکی شبه درجه دوم خطی شده برای تبادل یون مس با استفاده از کلینوپتیلولیت. مقدار وزنی جاذب ۴ g/L ، pH محلول ۵ ..... ۱۱۴

شکل ۳-۴۶ : منحنی سینتیکی شبه درجه اول خطی شده برای تبادل یون مس با استفاده از کلینوپتیلولیت. مقدار وزنی جاذب ۴ g/L ، pH محلول ۵ ..... ۱۱۴

شکل ۳-۴۷ : منحنی سینتیکی شبه درجه دوم خطی شده برای تبادل یون نیکل با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت. مقدار وزنی جاذب ۴ g/L ، pH محلول ۴ ..... ۱۱۵

شکل ۳-۴۸ : منحنی سینتیکی شبه درجه اول خطی شده برای تبادل یون نیکل با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت. مقدار وزنی جاذب g/L ۴ ، pH محلول ۴ ..... ۱۱۵

شکل ۳-۴۹ : منحنی سینتیک شبه درجه دوم خطی شده برای تبادل یون نیکل با استفاده از کلینوپتیلولیت. مقدار وزنی جاذب g/L ۴ ، pH محلول ۴ ..... ۱۱۶

شکل ۳-۵۰ : منحنی سینتیکی شبه درجه اول خطی شده برای تبادل یون نیکل با استفاده ازکلینوپتیلولیت. مقدار وزنی جاذب g/L ۴ ، pH محلول ۴ ..... ۱۱۶

شکل ۳-۵۱ : منحنی سینتیکی شبه درجه دوم خطی شده برای تبادل یون مس با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y . مقدار وزنی جاذب g/L ۴ ، pH محلول۶ ..... ۱۱۷

شکل ۳-۵۲ : منحنی سینتیکی شبه درجه اول خطی شده برای تبادل یون مس با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y . مقدار وزنی جاذب g/L ۴ ، pH محلول۶ ..... ۱۱۷

شکل ۳-۵۳ : منحنی سینتیکی شبه درجه دوم خطی شده برای تبادل یون نیکل با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y . مقدار وزنی جاذب g/L ۴ ، pH محلول ۵ ..... ۱۱۸

شکل ۳-۵۴ : منحنی سینتیکی شبه درجه اول خطی شده برای تبادل یون نیکل با استفاده از نانوکامپوزیت پلی پیرول/ زئولیت-Y . مقدار وزنی جاذب g/L ۴ ، pH محلول ۵ ..... ۱۱۸

شکل ۳-۵۵ : ایزوترم تبادل یون با استفاده از کلینوپتیلولیت با غلظت های متغیر ۳۰-۳ میلی گرم در لیتر Cu^{+2} ، مقدار وزنی کلینوپتیلولیت g/L ۴، زمان تماس ۲۴ ساعت، pH محلول ۵ ..... ۱۲۱

شکل ۳-۵۶ : ایزوترم تبادل یون با استفاده ازنانوکامپوزیت پلی پیرول/ کلینوپتیلولیت با غلظت های متغیر ۳۰-۳ میلی گرم در لیتر Cu^{+2} ، مقدار وزنی نانوکامپوزیت پلی پیرول/کلینوپتیلولیت g/L ۴، زمان تماس ۲۴ ساعت، pH محلول ۵ ..... ۱۲۱

شکل ۳-۵۷ : ایزوترم تبادل یون با استفاده از کلینوپتیلولیت با غلظت های متغیر ۳۰-۳ میلی گرم در لیتر Ni^{+2} ، مقدار وزنی کلینوپتیلولیت g/L ۴، زمان تماس ۲۴ ساعت، pH محلول ۴ ..... ۱۲۲