

سید المرسلین

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.



دانشکده علوم
گروه شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته‌ی شیمی گرایش تجزیه

عنوان پایان نامه

استخراج و پیش تغلیظ یون‌های فلزی به وسیله فاز جامد اصلاح شده

و

مقایسه کارایی کربن نانو لوله و کربن فعال برای حذف رنگ ۵- (۴) تی متیل

آمینو بنزیلیدین) رودانین و بررسی پارامترهای ترمودینامیکی و سینتیکی این

فرایند

استاد راهنما :

دکتر مهراورنگ قائدی و دکتر مرتضی منتظرظهوری

استاد مشاور:

دکتر اردشیر شکرالهی

پژوهشگر:

پروین قبادزاده

مهرماه ۱۳۸۹

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

نام : پروین

نام خانوادگی: قبادزاده جهان آباد

مقطع تحصیلی: کارشناس ارشد

رشته و گرایش: شیمی تجزیه

استاد راهنما: دکتر مهراورنگ قائدی و دکتر مرتضی

تاریخ دفاع: ۱۳۸۹/۷/۱۹

منتظر ظهوری

استخراج و پیش تغلیظ یون‌های فلزی مس، سرب، نیکل، آهن، کبالت و روی به وسیله سیلیکاژل
اصلاح شده (SPIMP)

و

مقایسه کارایی کربن نانو لوله و کربن فعال برای حذف رنگ ۵- (۴-دی متیل آمینو بنزیلیدین) رودانین و
بررسی پارامترهای ترمودینامیکی و سینتیکی این فرایند

در قسمت اول این تحقیق، ۲- (۳- سایلبل پروپیل ایمینو) متیل فنول بصورت شیمیایی بر روی سیلیکاژل پیوند داده شده برای تغلیظ مقادیر کم یون های فلزی مثل روی، نیکل، کبالت، آهن، سرب و مس که با جذب اتمی تعیین مقدار می شوند. تاثیر پارامترهای تجزیه ای مثل pH، مقدار لیگاند و فاز جامد، نوع و حجم و غلظت شوینده و حجم محلول بر روی بازیابی یون های فلزی بررسی می شود. این روش حتی در حضور یون های فلزی مزاحم دارای کارایی بالای جذب- پیش تغلیظ است که این نشان دهنده انتخابگری بالای روش است، وقتی که انحراف استاندارد نسبی روش برای بازیابی همه یون ها کمتر از ۳٪ است به خصوص برای تعیین در نمونه های حقیقی. مدل های ایزوترم جذبی مختلف مثل لانگمویر، فرنلیدج، تمکین و دوبینین- رادوشکویچ مورد بررسی قرار گرفت. و پارامترهای ترمودینامیکی مثل انرژی آزاد گیبس، انتروپی و آنتالپی در فرایند جذبی محاسبه شده است که نتایج نشان می دهد که جذب این یون های فلزی گرماگیر و با توجه به مثبت بودن انرژی آزاد گیبس در طبیعت خودبخودی نیست. همچنین مدل های سینتیکی الویچ، نفوذ درون ذره ای، سینتیک درجه اول و دوم مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که مطالعات سینتیکی، سینتیک اینترا پارتیکل را برای این روش پیشنهاد می کند و روش دارای مکانیسم نفوذ ذره ای است.

در قسمت دوم این تحقیق به بررسی سینتیکی و ترمودینامیکی حذف ۵- (۴- دی متیل آمینو بنزیلیدین) رودانین بر روی کربن فعال و کربن نانولوله چند جداره پرداخته شد. در این بخش نیز اثر پارامترهای مختلف شامل pH، مقدار جاذب، دما، غلظت رنگ و زمان هم زدن برای حذف رنگ مورد بررسی قرار گرفت. ایزوترم های جذبی لانگمویر، فرنلیدج، تمکین و دوبینین- رادوشکویچ مورد بررسی قرار گرفت و ایزوترم لانگمویر دارای ضریب همبستگی بالایی است. پارامترهای ترمودینامیکی مختلف مانند انرژی آزاد گیبس، آنتروپی و آنتالپی محاسبه شد و با توجه به منفی بودن انرژی آزاد گیبس در طبیعت هم بر روی کربن فعال و کربن نانولوله چند جداره بصورت خودبخود انجام می شود و فرایند گرماگیر است. همچنین مدل های سینتیکی الویچ، نفوذ درون ذره ای، سینتیک درجه اول و دوم مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که نتایج نشان می - دهد حذف آنها بر روی کربن فعال کربن از اینترا پارتیکل و بر روی کربن نانولوله چند جداره از سینتیک درجه دوم تبعیت می کند و نفوذ درون ذره ای فاکتور محدود کننده سرعت است .

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه، تئوری و تاریخچه
۱-۱-۱	۱- استخراج و پیش‌تغلیظ یون‌های فلزی بر روی سیلیکاژل اصلاح شده (SPIMP).....
۱-۱-۱	۱-۱-۱- مقدمه.....
۲-۱-۱	۲-۱-۱- اهمیت اندازه‌گیری مواد شیمیایی.....
۳-۱-۱	۳-۱-۱- مفهوم استخراج.....
۴-۱-۱	۴-۱-۱- استخراج فاز جامد.....
۴-۱-۱-۱	۱-۴-۱-۱- تاریخچه استخراج فاز جامد.....
۴-۱-۱-۲	۲-۴-۱-۱- مقایسه استخراج فاز جامد با سایر روش‌ها.....
۴-۱-۱-۱	۱-۲-۴-۱-۱- مقایسه استخراج فاز جامد با استخراج مایع.....
۴-۱-۱-۲	۲-۲-۴-۱-۱- مقایسه استخراج فاز جامد با مایع کروماتوگرافی.....
۴-۱-۱-۳	۳-۴-۱-۱- انواع فازهای جامد.....
۴-۱-۱-۳	۱-۳-۴-۱-۱- فازهای جامد ستونی.....
۴-۱-۱-۲	۲-۳-۴-۱-۱- فازهای جامد صفحه‌ای.....
۴-۱-۱-۴	۴-۳-۴-۱-۱- مراحل استفاده از فاز جامد.....
۴-۱-۱-۴	۱-۴-۳-۴-۱-۱- آماده‌سازی فاز جامد.....
۴-۱-۱-۲	۲-۴-۳-۴-۱-۱- استخراج آنالیت.....
۴-۱-۱-۳	۳-۴-۳-۴-۱-۱- شستشوی مزاحمت‌ها.....
۴-۱-۱-۴	۴-۴-۳-۴-۱-۱- شویش آنالیت.....
۴-۱-۱-۵	۵-۴-۳-۴-۱-۱- مکانیسم برهمکنش آنالیت-جاذب.....
۴-۱-۱-۶	۶-۴-۳-۴-۱-۱- مزیت‌های استخراج فاز جامد.....

- ۱۱-۱-۱-۴ استخراج فاز جامد اصلاح شده ۴-۱-۱-۱۱
- ۱۱-۱-۱-۴-۱ تاریخچه سیلیکاژل ۴-۱-۱-۱۱
- ۱۱-۱-۱-۲-۴ انواع سیلیکاژل ۴-۱-۱-۱۱
- ۱۲-۱-۱-۵ عناصر ناچیز ۵-۱-۱-۱۲
- ۱۲-۱-۱-۵-۱-۱ نقش املاح معدنی در بدن ۱-۵-۱-۱۲
- ۱۳-۱-۱-۲-۵ اهمیت اندازه گیری یون های فلزی ۵-۱-۱-۱۳
- ۱۳-۱-۱-۲-۵-۱-۱ اهمیت اندازه گیری روی ۱-۲-۵-۱-۱۳
- ۱۳-۱-۱-۲-۵-۱-۲ اهمیت اندازه گیری آهن ۲-۲-۵-۱-۱۳
- ۱۴-۱-۱-۲-۵-۱-۳ اهمیت اندازه گیری نیکل ۳-۲-۵-۱-۱۴
- ۱۵-۱-۱-۲-۵-۱-۴ اهمیت اندازه گیری کبالت ۴-۲-۵-۱-۱۵
- ۱۵-۱-۱-۲-۵-۱-۵ اهمیت اندازه گیری سرب ۵-۲-۵-۱-۱۵
- ۱۶-۱-۱-۲-۵-۱-۶ اهمیت اندازه گیری مس ۶-۲-۵-۱-۱۶
- ۱۶-۱-۱-۶-۱-۱ بازهای شیف ۶-۱-۱-۱۶
- ۲-۱ بررسی سینتیک و ترمودینامیکی و مقایسه حذف رنگ ۵-۴-۲ دی متیل آمینو بنزیلیدین) رودانین بر روی کربن فعال و کربن نانولوله ۱۸
- ۱۸-۱-۲-۱-۱ تاریخچه ۱-۲-۱-۱۸
- ۱۸-۱-۲-۱-۲ انواع آرایش کربن ۲-۱-۱۸
- ۱۹-۱-۲-۲-۱-۱ کربن فعال ۱-۲-۲-۱-۱۹
- ۱۹-۱-۲-۲-۲-۱ کربن نانولوله ۲-۲-۲-۱-۱۹
- ۱۹-۱-۲-۳-۱ ویژگیهای کربن فعال ۳-۲-۱-۱۹
- ۲۰-۱-۲-۳-۱-۱ مساحت سطح کلی ۱-۲-۳-۱-۲۰
- ۲۰-۱-۲-۳-۲-۱ توزیع اندازه ذرات ۲-۳-۲-۱-۲۰
- ۲۰-۱-۲-۳-۳-۱ ظرفیت جذب ۳-۳-۲-۱-۲۰
- ۲۰-۱-۲-۴-۱ ویژگی های کربن نانولوله ۴-۲-۱-۲۰
- ۲۲-۱-۲-۵-۱ شکل های مختلف کربن فعال ۵-۲-۱-۲۲
- ۲۲-۱-۱-۵-۱ کربن های فعال پودری ۱-۵-۱-۲۲
- ۲۲-۱-۲-۵-۲ کربن های فعال دانه ای (گرانولی) ۲-۵-۱-۲۲

۲۳.....	۶-۲-۱- انواع کربن نانولوله
۲۳.....	۷-۲-۱- تولید کربن فعال
۲۴.....	۴-۱-۱- فعالسازی حرارتی (کربونیزاسیون)
۲۵.....	۷-۲-۱- فعالسازی شیمیایی
۲۶.....	۷-۲-۱- فعالسازی فیزیکی
۲۶.....	۸-۲-۱- روش های تولید کربن نانولوله
۲۶.....	۸-۱-۱- روش تخلیه قوس
۲۶.....	۸-۲-۱- روش تابش لیزر
۲۶.....	۸-۳-۱- رسوب بخار شیمیایی
۲۷.....	۹-۲-۱- کاربردهای کربن نانولوله
۲۷.....	۹-۱-۱- ترانزیستورها
۲۸.....	۱۰-۲-۱- مزایا و معایب حذف با کربن فعال
۲۸.....	۱۱-۲-۱- تئوری جذب
۲۹.....	۱۲-۲-۱- اصول جذب سطحی
۲۹.....	۱۲-۱-۱- مقدمه
۲۹.....	۱۲-۲-۱- نیروها و انرژیهای جذب سطحی
۳۰.....	۱۲-۳-۱- شرایط عملی موثر در سرعت فرآیند جذب سطحی
۳۱.....	۱۳-۲-۱- تعادل جذب و ایزوترمهای جذب
۳۱.....	۱۳-۱-۱- ایزوترم لانگمویر
۳۳.....	۱۳-۲-۱- فرضیات در رابطه لانگمویر
۳۳.....	۱۳-۳-۱- ایزوترم فرنلیچ
۳۴.....	۱۳-۴-۱- ایزوترم تمکین
۳۵.....	۱۳-۵-۱- ایزوترم دوبینین-رادوشکویچ
۳۶.....	۱۴-۲-۱- معادلات جذب
۳۶.....	۱۵-۲-۱- مطالعات سینتیکی
۳۷.....	۱۵-۲-۱- مدل سینتیکی الویچ
۳۸.....	۱۶-۲-۱- طبقه‌بندی رنگ‌ها

- ۲-۱- ۱۶-۱ - رنگ‌های آلی طبیعی ۳۸
- ۲-۱- ۱۷- طبقه‌بندی رنگ‌های نساجی در فهرست رنگ‌ها ۴۰
- ۲-۱- ۱۸- انواع تکنولوژی در جهت حذف رنگ ۴۱
- ۲-۱- ۱۸-۱۰- روش‌های بیولوژیکی ۴۱
- ۲-۱- ۱۸-۲- روش‌های شیمیایی ۴۱
- ۲-۱- ۱۸-۳- روش‌های وابسته به خواص فیزیکی و شیمیایی اجسام ۴۲

فصل دوم ، بخش تجربی

- ۲-۱- ۱- دستگاه‌های مورد استفاده ۴۳
- ۲-۲- ۲- مواد شیمیایی مورد نیاز ۴۳
- ۲-۲- ۳- تهیه نمونه های حقیقی ۴۴
- ۲-۲- ۳-۱- تهیه نمونه شیر خشک ۴۴
- ۲-۲- ۳-۲- تهیه نمونه آب چشمه ۴۴
- ۲-۲- ۳-۲- تهیه نمونه سبزی ۴۴
- ۲-۲- ۴- محلول‌سازی ۴۴
- ۲-۲- ۴-۱- تهیه محلول‌های مربوط به استخراج فاز جامد ۴۴
- ۲-۲- ۴-۲- آماده‌سازی محلول‌های استاندارد رنگ ۴۵
- ۲-۲- ۵- روش کار ۴۵
- ۲-۲- ۶- روش کار در بررسی میزان حذف رنگ ۴۵
- ۲-۲- ۶-۱- آماده‌سازی کربن فعال در سایز مطلوب با استفاده از مشهای متفاوت الک ۴۵
- ۲-۲- ۶-۲- اندازه گیری جذب ۴۵
- ۲-۲- ۷- تنظیم pH ۴۵

فصل سوم، نتایج و بحث

- ۳-۱- ۱- استخراج و پیش تغلیظ یون‌های فلزی بر روی سیلیکاژل اصلاح شده (SPIMP) ۴۶
- ۳-۱- ۱-۱- آماده سازی ستون استخراج فاز جامد ۴۶
- ۳-۱- ۲- آماده سازی فاز جامد ۴۶
- ۳-۲- ۲- بررسی طیف آلفا جامد ۴۷
- ۳-۳- ۳- بررسی اثر فاکتورهای مختلف بر استخراج یون‌ها بر روی فاز جامد ۴۸

- ۳-۳-۱- اثر pH بر استخراج یون های فلزی ۴۸
- ۳-۳-۲- بررسی اثر pH برای یون های سرب، مس، نیکل، روی، کبالت و آهن به روش استخراج با فاز جامد ۵۰
- ۳-۳-۳- اثر مقدار فاز جامد بر استخراج یون های فلزی ۵۱
- ۳-۳-۴- اثر نسبت درصد مولی واسطه و آلدئید به فاز جامد بر استخراج یون های فلزی ۵۲
- ۳-۳-۵- بهینه سازی غلظت نیتریک اسید در استخراج یون های فلزی ۵۳
- ۳-۳-۶- بهینه سازی حجم نیتریک اسید و نوع عامل شوینده ۵۴
- ۳-۳-۷- بهینه سازی زمان و بررسی سینتیک های جذبی ۵۶
- ۳-۳-۸- بهینه سازی غلظت محلول و بررسی ایزوترم های جذبی ۶۹
- ۳-۳-۹- بهینه سازی دما ۷۶
- ۳-۳-۱۰- بهینه سازی حجم محلول ۸۲
- ۳-۴- کاربرد روش برای نمونه های حقیقی ۸۳
- ۳-۵- بررسی حد تشخیص و دامنه خطی روش ۸۵
- ۳-۶- نتیجه گیری ۸۸
- ۳-۷- بررسی فاکتورهای مختلف بر حذف رنگ ۵-۴- دی متیل آمینو بنزیلیدین) رودانین بر روی کربن فعال و کربن نانولوله ۸۹
- ۳-۷-۱- اثر pH بر حذف رنگ ۵-۴- دی متیل آمینو بنزیلیدین) رودانین بر روی کربن فعال و کربن نانولوله ۸۹
- ۳-۷-۲- اثر مقدار کربن فعال و کربن نانولوله ۹۲
- ۳-۷-۳- اثر حجم محلول رنگ بر میزان حذف آن ۹۴
- ۳-۷-۴- اثر مقدار الکترولیت محلول رنگ بر میزان حذف آن ۹۴
- ۳-۷-۵- ایزوترم های جذبی ۹۵
- ۳-۷-۶- سینتیک های جذبی ۱۱۰
- ۳-۷-۷- پارامترهای ترمودینامیکی ۱۲۰
- ۳-۸- نتیجه گیری ۱۲۷

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۹.....	شکل (۱-۱) مراحل کار با استخراج فاز جامد.....
۴۷.....	شکل (۱-۳) مراحل آماده سازی فاز جامد ۲ (۳- سایلبل پروپیل ایمینو) متیل فنول..... شکل (۲-۳) طیف IR (a) طیف سیلیکازل (b) طیف سیلیکازل ساپرت شده با تری متوکسی سایلبل پروپیل - آمین (c)
۴۸.....	طیف ۲- (۳- سایلبل پروپیل ایمینو) متیل فنول..... شکل (۳ ۳) بررسی اثر pH بر روی بازیابی یون های فلزی به وسیله استخراج در فاز جامد (۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۵
۴۹.....	میلی گرم بر لیتر و ۱ گرم فاز جامد و با ۱۰ میلی لیتر اسید ۴ مولار شسته شده)..... شکل (۴-۳) منحنی pHz برای یون های فلزی به روش استخراج با فاز جامد (۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۵ میلی گرم بر
۵۰.....	لیتر و با ۶ میلی لیتر اسید نیتریک ۴ مولار شسته شده و ۰/۸ گرم فاز جامد)..... شکل (۵-۳) بررسی اثر مقدار فاز جامد بر روی بازیابی یون های فلزی (pH=۵ و ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۵ میلی گرم
۵۲.....	بر لیتر و با ۱۰ میلی لیتر اسید ۴ مولار شسته شده)..... شکل (۶-۳) بررسی اثر درصدهای مولی مختلف لیگاند بر روی بازیابی یون های فلزی (pH=۵ و ۱۰۰ میلی لیتر محلول
۵۳.....	۰/۵ میلی گرم بر لیتر و ۱ گرم فاز جامد و با ۱۰ میلی لیتر اسید ۴ مولار شسته شده)..... شکل (۷-۳) بررسی اثر غلظت نیتریک اسید به کار رفته بر روی بازیابی یون های فلزی (pH=۵ و ۱۰۰ میلی لیتر محلول
۵۴.....	۰/۵ میلی گرم بر لیتر و ۰/۸ گرم فاز جامد و با ۶ میلی لیتر اسید شسته شده)..... شکل (۸ ۳) بررسی اثر حجم نیتریک اسید ۴ مولار به کار رفته برای شستشوی ستون، روی بازیابی یون های فلزی به
۵۶.....	وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵ و ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۵ میلی گرم بر لیتر و ۰/۸ گرم فاز جامد و با اسید ۴ مولار شسته شده در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد).....
۵۹.....	شکل (۹ ۳) بررسی اثر زمان بر روی بازیابی یون های فلزی به وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵ و ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۵ میلی گرم بر لیتر و ۰/۸ گرم فاز جامد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد).....

- شکل (۳-۲۳) نمودار الویج بر روی بازیابی نیکل به وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵) و ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۵ میلی گرم بر لیتر و ۰/۸ گرم فاز جامد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)..... ۶۷
- شکل (۳-۲۴) نمودار سینتیک درجه اول بر روی بازیابی نیکل به وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵) و ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۵ میلی گرم بر لیتر و ۰/۸ گرم فاز جامد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)..... ۶۷
- شکل (۳-۲۵) نمودار الویج بر روی بازیابی آهن به وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵) و ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۵ میلی گرم بر لیتر و ۰/۸ گرم فاز جامد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)..... ۶۸
- شکل (۳-۲۶) نمودار اینترا پارتیکل بر روی بازیابی آهن به وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵) و ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۵ میلی گرم بر لیتر و ۰/۸ گرم فاز جامد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)..... ۶۸
- شکل (۳-۲۷) نمودار سینتیک درجه دوم بر روی بازیابی آهن به وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵) و ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۵ میلی گرم بر لیتر و ۰/۸ گرم فاز جامد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)..... ۶۹
- شکل (۳-۲۸) نمودار لانگمویر ۱ بر روی بازیابی کبالت به وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵) و ۱۰۰ میلی لیتر محلول و در مدت ۶۰ دقیقه و ۰/۸ گرم فاز جامد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)..... ۷۲
- شکل (۳-۲۹) نمودار لانگمویر ۱ بر روی بازیابی مس به وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵) و ۱۰۰ میلی لیتر محلول و در مدت ۶۰ دقیقه و ۰/۸ گرم فاز جامد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)..... ۷۳
- شکل (۳-۳۰) نمودار لانگمویر ۱ بر روی بازیابی سرب به وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵) و ۱۰۰ میلی لیتر محلول و در مدت ۶۰ دقیقه و ۰/۸ گرم فاز جامد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)..... ۷۳
- شکل (۳-۳۱) نمودار لانگمویر ۱ بر روی بازیابی آهن به وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵) و ۱۰۰ میلی لیتر محلول و در مدت ۶۰ دقیقه و ۰/۸ گرم فاز جامد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)..... ۷۴
- شکل (۳-۳۲) نمودار لانگمویر ۱ بر روی بازیابی روی به وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵) و ۱۰۰ میلی لیتر محلول و در مدت ۶۰ دقیقه و ۰/۸ گرم فاز جامد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)..... ۷۴
- شکل (۳-۳۳) نمودار لانگمویر ۱ بر روی بازیابی نیکل به وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵) و ۱۰۰ میلی لیتر محلول و در مدت ۶۰ دقیقه و ۰/۸ گرم فاز جامد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)..... ۷۵
- شکل (۳-۳۴) بررسی اثر غلظت محلول بر روی بازیابی یونهای فلزی به وسیله استخراج در فاز جامد (pH=۵) و ۱۰۰ میلی لیتر محلول و در مدت ۶۰ دقیقه و ۰/۸ گرم فاز جامد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد)..... ۷۶
- شکل (۳-۳۵) بررسی اثر دما بر روی بازیابی یونهای فلزی به روش استخراج در فاز جامد (pH=۵) و ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۲ میلی گرم بر لیتر و ۰/۸ گرم فاز جامد و در مدت ۶۰ دقیقه)..... ۷۷

- شکل(۳-۳۶) نمودار $\ln K$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی آهن بر روی فاز جامد ($pH=5$) و 100 میلی لیتر محلول 2 میلی گرم بر لیتر و $0/8$ گرم فاز جامد و در مدت 60 دقیقه)..... ۷۹
- شکل(۳-۳۷) نمودار $\ln K$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی سرب بر روی فاز جامد ($pH=5$) و 100 میلی لیتر محلول 2 میلی گرم بر لیتر و $0/8$ گرم فاز جامد و در مدت 60 دقیقه)..... ۸۰
- شکل(۳-۳۸) نمودار $\ln K$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی نیکل بر روی فاز جامد ($pH=5$) و 100 میلی لیتر محلول 2 میلی گرم بر لیتر و $0/8$ گرم فاز جامد و در مدت 60 دقیقه)..... ۸۰
- شکل(۳-۳۹) نمودار $\ln K$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی مس بر روی فاز جامد ($pH=5$) و 100 میلی لیتر محلول 2 میلی گرم بر لیتر و $0/8$ گرم فاز جامد و در مدت 60 دقیقه)..... ۸۱
- شکل(۳-۴۰) نمودار $\ln K$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی کبالت بر روی فاز جامد ($pH=5$) و 100 میلی لیتر محلول 2 میلی گرم بر لیتر و $0/8$ گرم فاز جامد و در مدت 60 دقیقه)..... ۸۱
- شکل(۳-۴۱) نمودار $\ln K$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی روی بر روی فاز جامد ($pH=5$) و 100 میلی لیتر محلول 2 میلی گرم بر لیتر و $0/8$ گرم فاز جامد و در مدت 60 دقیقه)..... ۸۲
- شکل(۳-۴۲) بررسی اثر حجم محلول بر روی بازیابی یون‌های فلزی به وسیله استخراج در فاز جامد ($pH=5$) و محلول 5 میلی گرم بر لیتر و $0/4$ گرم فاز جامد در مدت 60 دقیقه و در دمای 25 درجه سانتیگراد)..... ۸۳
- شکل (۳-۴۳) بررسی اثر دامنه خطی و حد تشخیص بر روی بازیابی یون های فلزی نیکل ، سرب و آهن به روش استخراج در فاز جامد ($pH=5$) و 100 میلی لیتر محلول و $0/8$ گرم فاز جامد و با 6 میلی لیتر اسید نیتریک 4 مولار شسته شده و در دمای 25 درجه سانتیگراد)..... ۸۶
- شکل(۳-۴۴) اثر دامنه خطی و حد تشخیص بر روی بازیابی یون فلزی روی به روش استخراج در فاز جامد ($pH=5$) و 100 میلی لیتر محلول و $0/8$ گرم فاز جامد و با 6 میلی لیتر اسید نیتریک 4 مولار شسته شده)..... ۸۷
- شکل (۳-۴۵) اثر دامنه خطی و حد تشخیص بر روی بازیابی یون های فلزی کبالت و مس به روش استخراج در فاز جامد ($pH=5$) و 100 میلی لیتر محلول و $0/8$ گرم فاز جامد و با 6 میلی لیتر اسید نیتریک 4 مولار شسته شده و در دمای 25 درجه سانتیگراد)..... ۸۷
- شکل(۳-۴۶) ساختار شیمیایی 5 ($4-$ دی متیل آمینو بنزیلیدین)رودانین..... ۸۹
- شکل (۳-۴۷) اثر pH محلول بر حذف 5 ($4-$ دی متیل آمینو بنزیلیدین)رودانین (20 میلی گرم بر لیتر رنگ در - pH های مختلف بر روی $0/3$ گرم کربن فعال با سرعت 400 دور بر دقیقه و در مدت 18 دقیقه در دمای $27 \pm 0/5$ درجه سانتی گراد)..... ۹۱

- شکل (۳-۴۸) اثر pH محلول بر جذب رنگ ۵ (۴- دی متیل آمینو بنزیلیدین) رودانین (۵۰ میلی گرم بر لیتر در - pHهای مختلف) بر روی ۰/۰۶ گرم کربن نانولوله با سرعت ۴۰۰ دور بر دقیقه و در مدت ۱۸ دقیقه در دمای ۲۷±۰/۵ درجه سانتی گراد)..... ۹۲
- شکل (۳-۴۹) اثر مقدار کربن معمولی بر درصد حذف رنگ (غلظت اولیه؛ الف) ۲۰ ب) ۵۰ میلی گرم بر لیتر در pH=۷ (ج) اثر مقدار کربن نانولوله بر درصد حذف رنگ ۵۰ میلی گرم بر لیتر با سرعت ۴۰۰ دور بر دقیقه در دمای ۲۷±۰/۵ درجه سانتی گراد)..... ۹۳
- شکل (۳-۵۰) ارتباط بین حجم اولیه رنگ ۵ (۴- دی متیل آمینو بنزیلیدین) رودانین (۲۰ میلی گرم بر لیتر) بر روی کربن فعال و درصد حذف اولیه رنگ (pH=۷) با سرعت ۴۰۰ دور بر دقیقه و در مدت ۲۰ دقیقه..... ۹۴
- شکل (۳-۵۱) اثر مقدار پتاسیم کلرید بر میزان حذف رنگ ۵ (۴- دی متیل آمینو بنزیلیدین) رودانین (۲۰ میلی گرم بر لیتر رنگ) با مقدار کربن فعال (pH=۷) با سرعت ۴۰۰ دور بر دقیقه و در مدت ۲۰ دقیقه..... ۹۵
- شکل (۳-۵۲) نمودار لانگمویر ۱ در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بر روی جاذب کربن فعال (تحت شرایط بهینه)..... ۹۸
- شکل (۳-۵۳) نمودار لانگمویر ۲ در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بر روی جاذب کربن فعال (تحت شرایط بهینه)..... ۹۹
- شکل (۳-۵۴) نمودار لانگمویر ۳ در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بر روی جاذب کربن فعال (تحت شرایط بهینه)..... ۹۹
- شکل (۳-۵۵) نمودار لانگمویر ۴ در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بر روی جاذب کربن فعال (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۰
- شکل (۳-۵۶) نمودار لانگمویر ۱ در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۰
- شکل (۳-۵۷) نمودار لانگمویر ۲ در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۱
- شکل (۳-۵۸) نمودار لانگمویر ۳ در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۱
- شکل (۳-۵۹) نمودار لانگمویر ۴ در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۲

- شکل (۶۰-۳) نمودار لانگمویر ۱ در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۲
- شکل (۶۱-۳) نمودار لانگمویر ۲ در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۳
- شکل (۶۲-۳) نمودار لانگمویر ۳ در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۳
- شکل (۶۳-۳) نمودار لانگمویر ۴ در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۴
- شکل (۶۴-۳) نمودار فرندلیچ در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن فعال (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۴
- شکل (۶۵-۳) نمودار فرندلیچ در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۵
- شکل (۶۶-۳) نمودار فرندلیچ در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۵
- شکل (۶۷-۳) نمودار تمکین در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن فعال (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۶
- شکل (۶۸-۳) نمودار تمکین در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۶
- شکل (۶۹-۳) نمودار تمکین در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۷
- شکل (۷۰-۳) نمودار دوبینین-رادوشکویچ در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن فعال (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۷
- شکل (۷۱-۳) نمودار دوبینین-رادوشکویچ در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۸
- شکل (۷۲-۳) نمودار دوبینین-رادوشکویچ در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۸

- شکل (۷۳-۳) نمودار هارکینس جورا در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن فعال (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۹
- شکل (۷۴-۳) نمودار هارکینس جورا در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۰۹
- شکل (۷۵-۳) نمودار هارکینس جورا در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۰
- شکل (۷۶-۳) نمودار سینتیک درجه اول در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن فعال (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۱
- شکل (۷۷-۳) نمودار سینتیک درجه اول در غلظت ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۲
- شکل (۷۸-۳) نمودار سینتیک درجه اول در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۲
- شکل (۷۹-۳) نمودار سینتیک درجه اول در غلظت ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۳
- شکل (۸۰-۳) نمودار سینتیک درجه دوم در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن فعال (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۳
- شکل (۸۱-۳) نمودار سینتیک درجه دوم در غلظت ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۴
- شکل (۸۲-۳) نمودار سینتیک درجه دوم در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۴
- شکل (۸۳-۳) نمودار سینتیک درجه دوم در غلظت ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۵
- شکل (۸۴-۳) نمودار الویج در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن فعال (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۵
- شکل (۸۵-۳) نمودار الویج در غلظت ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۶

- شکل (۸۶-۳) نمودار الویج در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۶
- شکل (۸۷-۳) نمودار الویج در غلظت ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۷
- شکل (۸۸-۳) نمودار نفوذ درون ذره ای در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن فعال (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۷
- شکل (۸۹-۳) نمودار نفوذ درون ذره ای در غلظت ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۸
- شکل (۹۰-۳) نمودار نفوذ درون ذره ای در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۸
- شکل (۹۱-۳) نمودار نفوذ درون ذره ای در غلظت ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر روی جاذب کربن نانولوله (تحت شرایط بهینه)..... ۱۱۹
- شکل (۹۲-۳) نمودار $\ln K$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی بر روی جاذب کربن فعال در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (تحت شرایط بهینه)..... ۱۲۳
- شکل (۹۳-۳) نمودار $\ln K$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی بر روی جاذب کربن نانولوله در غلظت ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر (تحت شرایط بهینه)..... ۱۲۳
- شکل (۹۴-۳) نمودار $\ln K$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی بر روی جاذب کربن نانولوله در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (تحت شرایط بهینه)..... ۱۲۴
- شکل (۹۵-۳) نمودار $\ln K$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی بر روی جاذب کربن نانولوله در غلظت ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر (تحت شرایط بهینه)..... ۱۲۴
- شکل (۹۶-۳) نمودار $\ln (1-\theta)$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی بر روی جاذب کربن فعال در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (تحت شرایط بهینه)..... ۱۲۵
- شکل (۹۷-۳) نمودار $\ln (1-\theta)$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی بر روی جاذب کربن نانولوله در غلظت ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر (تحت شرایط بهینه)..... ۱۲۵
- شکل (۹۸-۳) نمودار $\ln (1-\theta)$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی بر روی جاذب کربن نانولوله در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر (تحت شرایط بهینه)..... ۱۲۶

شکل (۹۹-۳) نمودار $\ln(1-\Theta)$ نسبت به $1/T$ برای تخمین پارامترهای ترمودینامیکی بر روی جاذب کربن نانولوله در غلظت ۶۰ میلی گرم بر لیتر (تحت شرایط بهینه).....۱۲۶