

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه سمنان

دانشکده علوم پایه

گروه شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی تجزیه
کاربرد روش استخراج فاز جامد با استفاده
از نانوسیلیکای به طور شیمیایی عامل دار
شده و میکرواستخراج مایع- مایع پخشی جهت
پیش‌تخلیظ و استخراج فلزات سنگین

توسط

محترمه رحیمی چاکسری

استاد راهنما

دکتر مریم رجبی

استاد مشاور

دکتر سید حسن زوار موسوی

اسفند ۱۳۹۰



دانشگاه سمنان

دانشکده علوم پایه

گروه شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی تجزیه

تحت عنوان

کاربرد روش استخراج فاز جامد با استفاده از نانوسیلیکای به طور شیمیایی
عامل دار شده و میکرواستخراج مایع-مایع پخشی جهت پیش تغلیظ و استخراج
فلزات سنگین

ارائه شده توسط:

محترمه رحیمی چاکسری

در تاریخ ۸۹/۸/۱۰ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت:

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| دکتر مریم رجبی | ۱- استاد راهنما |
| دکتر سید حسن زوار موسوی | ۲- استاد مشاور |
| دکتر علیرضا اصغری | ۳- استاد داور داخلی |
| دکتر مهدی بهزاد | ۴- استاد داور خارجی |

تقدیم به خداوند به پاس آفرینش های سیاه و سپید،

زیرا او بود،

که من در این نقطه ایستاده ام.

تقدیم به پدر، مادر، همسر عزیزم به پاس،

قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهِشان به شجاعت

می گراید.

گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگار ان بهترین پشتیبان است.

و محبت های بی درینشان که هرگز فروکش نمی کند.

سپاسگزاری...

هر رهرویی را مقصدی است و هر جریانی را عنایتی. اول بار و صد هزار بار خدای را سپاس می‌گویم که مرا در تحصیل و علم‌آموزی یاری نمود که هر چه دارم از اوست و نه من. زندگی‌ام را به کسانی مدیونم که موهایشان سپید شد تا من در اجتماع روسپید شوم، آنان که ناتوان شدند تا من به توانایی برسم و عاشقانه سوختند تا روشنگر راهم باشند. پدر و مادر عزیزم، دست‌های پرمحبتان را می‌بوسم و همه‌ی آنچه را که از نتایج تحقیقات در عرصه‌ی این مجموعه بدست آورده‌ام، پیشکش نگاه‌های محبت‌آمیز و نفس‌های همیشه گرم‌تان می‌کنم، نگاه و نفسی که به یقین پل موفقیت‌م بود. همسر عزیزم، که سایه مهربانیت سایه‌سار زندگی‌م هست، به خاطر تمام محبت‌ها و بردباری‌هایت متشکرم. از خواهران عزیز و برادر گرامی‌ام به خاطر تمام کمک‌ها و دلگرمی‌هایشان تشکر می‌کنم. از خانواده همسر عزیزم، به خاطر مهر و محبت بی‌شمارشان سپاسگزارم. از استاد راهنمای عزیزم، سرکار خانم دکتر رجبی که از کوچکترین راهنمایی و کمکی در طول این مدت نسبت به من دریغ نکردند متشکرم. از استاد مشاور گرامی‌ام، جناب آقای دکتر موسوی به خاطر راهنمایی‌ها و کمک‌هایشان کمال تشکر را دارم. از اساتید محترم گروه تجزیه جناب آقای دکتر اصغری و جناب آقای دکتر بهزاد که از راهنمایی‌های ارزشمندشان برخوردار بوده‌ام و زحمت داوری این پایان‌نامه را پذیرفتند متشکرم. از همکلاسی‌های عزیزم زهرا خوانین‌زاده، فاطمه یآوری، پری علیزاده، سمیه ارغوانی، مهدیه اتوکش، بهرام محمدی، کاوه صدیقی، مهدی قدس‌بین و جلال درخشان خواه و همه‌ی دوستان خوبم در رشته‌ی تجزیه ورودی‌های ۸۷ و ۸۹ که در تمام مراحل انجام این پروژه یاری‌دهنده‌ام بودند، متشکرم.

چکیده

در قسمت اول این پروژه، از روش میکرواستخراج مایع-مایع پخشی بر پایه‌ی مایعات یونی برای استخراج و پیش‌تغلیظ مقادیر بسیار کم کاتیون‌های مس، روی، نیکل و کبالت در نمونه‌های آبی، پیش‌اندازه‌گیری آن‌ها با تکنیک اسپکترومتر نشر نوری-پلاسمای جفت شده القایی استفاده شده است. به منظور تبدیل کاتیون‌های ذکر شده در بالا به گونه‌های هیدروفوب از لیگاند ۴-متیل-۶-دی-سالسیلیدن-۱ و ۲-فنیل‌دی‌آمین استفاده شد. پارامترهای مؤثر بر استخراج از قبیل pH، غلظت لیگاند، حجم حلال استخراج‌کننده، نوع و حجم حلال پخش‌کننده، زمان استخراج، سرعت سانتریفیوژ، اثر نمک و یون‌های مزاحم بررسی و بهینه شدند. تحت شرایط بهینه، حد تشخیص‌های ۰/۵۷، ۰/۸۴، ۱/۳۹ و ۱/۴۷ میکروگرم بر لیتر و محدوده خطی ۲۰۰-۲، ۲۰۰-۳، ۲۵۰-۵ و ۳۰۰-۵ میکروگرم بر لیتر به ترتیب برای کاتیون‌های مس، روی، نیکل و کبالت بدست آمد. در این روش فاکتور تغلیظ ۸۳ تنها با پیش‌تغلیظ ۱۰ میلی‌لیتر نمونه حاصل شد.

در قسمت دوم این پروژه، یک جاذب استخراج فاز جامد جدید برای جداسازی و پیش‌تغلیظ یون‌های مس، روی، سرب، کادمیوم و منگنز پیش از اندازه‌گیری آن‌ها به روش اسپکتروفتومتر جذب اتمی شعله‌ای استفاده شد. این جاذب با استفاده از نانو ذرات سیلیکای به‌طور شیمیایی اصلاح شده با گروه‌های آمینی تهیه شد. پارامترهای مؤثر بر استخراج از قبیل مقدار جاذب، pH، نوع، غلظت و حجم حلال شوینده، سرعت جریان محلول نمونه و حلال شوینده بررسی و بهینه شدند. مقدار pH بهینه برای جداسازی یون‌های فلزی به‌طور همزمان بر سطح جاذب ۷ بود و یون‌های فلزی به‌طور کامل با استفاده از ۲/۵ میلی‌لیتر نیتریک اسید ۲ مولار شسته شدند. اغلب یون‌های مزاحم، مزاحمتی برای جداسازی و اندازه‌گیری یون‌های فلزی مورد نظر نداشتند. انحراف استاندارد نسبی و حد تشخیص روش به ترتیب برابر ۱/۸۵، ۳/۲۸، ۲/۰۵، ۱/۶۳، ۲/۵۴ و ۱/۴۵، ۱/۴۸، ۳/۹۹، ۱/۴۶، ۰/۵۷ میکروگرم بر لیتر برای کاتیون‌های مس، روی، سرب، کادمیوم و منگنز بدست آمد. محدوده خطی ۲۸۰-۵، ۱۰۰-۵، ۷۰۰-۱۴، ۱۰۵-۵ و ۲۰۰-۲ میکروگرم بر لیتر به ترتیب برای کاتیون‌های بالا بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: اسپکتروفتومتر نشر نوری پلاسمای جفت شده‌ی القایی، نانو ذرات سیلیکا،

اسپکتروفتومتر جذب اتمی شعله‌ای.

فهرست مطالب

فصل اول: تئوری	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- آماده‌سازی نمونه	۲
۳-۱- میکرواستخراج فاز مایع	۴
۱-۳-۱- میکرواستخراج تک‌قطره	۴
۲-۳-۱- میکرواستخراج فاز مایع با استفاده از فیبر توخالی	۵
۳-۳-۱- میکرواستخراج مایع-مایع پخشی	۶
۱-۳-۳-۱- اصول میکرواستخراج مایع-مایع پخشی	۶
۲-۳-۳-۱- روابط تئوری میکرواستخراج مایع-مایع پخشی	۸
۳-۳-۳-۱- فاکتورهای موثر بر کارایی استخراج	۱۰
۴-۳-۳-۱- نمونه‌های قابل استخراج به روش میکرواستخراج مایع-مایع پخشی	۱۱
۵-۳-۳-۱- مزایا و معایب روش میکرواستخراج مایع-مایع پخشی	۱۲
۴-۱- خواص و کاربردهای مایعات یونی	۱۳
۱-۴-۱- مقدمه	۱۳
۲-۴-۱- تاریخچه مایعات یونی	۱۴
۳-۴-۱- نامگذاری مایعات یونی	۱۵
۴-۴-۱- خواص فیزیکی و شیمیایی مایعات یونی	۱۵
۱-۴-۴-۱- فشار بخار ناچیز	۱۶
۲-۴-۴-۱- محدوده دمایی مایع‌بودن و پایداری حرارتی	۱۶
۳-۴-۴-۱- نقطه ذوب	۱۶
۴-۴-۴-۱- گرانشی	۱۷
۵-۴-۴-۱- دانسیته	۱۷
۶-۴-۴-۱- کشش سطحی	۱۸

- ۱۸-۴-۷-۱- قطبیت مایعات یونی..... ۱۸
- ۱۸-۴-۸-۱- حلالیت مایعات یونی در آب..... ۱۸
- ۱۹-۴-۹-۱- حلالیت ترکیبات آلی در مایعات یونی..... ۱۹
- ۱۹-۴-۵-۱- کاربردهای مایعات یونی..... ۱۹
- ۱۹-۴-۱-۵-۱- کاربردهای بیوتکنولوژی مایعات یونی..... ۱۹
- ۱۹-۴-۲-۵-۱- کاربردهای مایعات یونی در مهندسی شیمی..... ۱۹
- ۱۹-۴-۳-۵-۱- کاربردهای مایعات یونی در صنایع هسته‌ای..... ۱۹
- ۲۰-۴-۴-۵-۱- کاربردهای الکتروشیمیایی مایعات یونی..... ۲۰
- ۲۰-۴-۵-۵-۱- کاربردهای سنتزی و کاتالیستی..... ۲۰
- ۲۰-۴-۶-۵-۱- کاربرد مایعات یونی در شیمی تجزیه..... ۲۰
- ۲۲-۵-۱- استخراج فاز جامد..... ۲۲
- ۲۳-۱-۵-۱- انواع روش‌های SPE..... ۲۳
- ۲۳-۱-۱-۵-۱- SPE به روش فاز معکوس..... ۲۳
- ۲۳-۲-۱-۵-۱- SPE به روش فاز نرمال..... ۲۳
- ۲۴-۳-۱-۵-۱- SPE به روش تبادل یونی..... ۲۴
- ۲۴-۴-۱-۵-۱- SPE به روش مد مخلوط..... ۲۴
- ۲۴-۲-۵-۱- مراحل استخراج فاز جامد..... ۲۴
- ۲۶-۶-۱- فرمت‌های مختلف جاذب در استخراج فاز جامد..... ۲۶
- ۲۶-۱-۶-۱- میکروستون..... ۲۶
- ۲۷-۲-۶-۱- کارت‌ریج و سرنگ..... ۲۷
- ۲۷-۳-۶-۱- دیسک‌ها..... ۲۷
- ۲۸-۷-۱- مزایای استخراج فاز جامد..... ۲۸
- ۲۸-۱-۷-۱- کار کردن با آن سریع‌تر و راحت‌تر است..... ۲۸
- ۲۸-۲-۷-۱- مقادیر بسیار کمتری از حلال‌های آلی مورد استفاده قرار می‌گیرد..... ۲۸
- ۲۸-۳-۷-۱- فاکتور تغلیظ بالا..... ۲۸

- ۲۸-۷-۱- قابلیت خودکار شدن و جفت شدن به صورت پیوسته با دیگر روش‌های تجزیه‌ای
- ۲۹-۸-۱- خواص مطلوب جاذب‌های مورد استفاده در استخراج فاز جامد
- ۲۹-۸-۱-۱- تخلخل و مساحت سطح زیاد
- ۲۹-۸-۱-۲- جذب سطحی برگشت‌پذیر
- ۲۹-۸-۱-۳- داشتن درجه خلوص بالا
- ۲۹-۸-۱-۴- پایداری شیمیایی خوب
- ۳۰-۸-۱-۵- توانایی بازیابی آنالیت با درصد بالا
- ۳۰-۸-۱-۶- سطح تماس خوب با نمونه
- ۳۰-۹-۱- جاذب‌های مورد استفاده در استخراج فاز جامد
- ۳۰-۹-۱-۱- جاذب‌های فازیوندی
- ۳۰-۹-۱-۲- جاذب‌های پلیمری آلی
- ۳۱-۹-۱-۳- جاذب‌های کلاسیک
- ۳۱-۹-۱-۱-۳-۱- کرین
- ۳۱-۹-۱-۲-۳-۱- آلومینا
- ۳۲-۹-۱-۳-۳-۱- سیلیکاژل
- ۳۳-۹-۱-۴-۹-۱- نانو مواد
- ۳۴-۹-۱-۱-۴-۹-۱- درآمدی بر نانو ذرات
- ۳۵-۹-۱-۲-۴-۹-۱- تاریخچه نانو ذرات
- ۳۵-۹-۱-۳-۴-۹-۱- اهمیت نانو ابعاد
- ۳۵-۹-۱-۴-۴-۹-۱- خصوصیات ویژه نانو ذرات
- ۳۶-۹-۱-۵-۴-۹-۱- روش‌های سنتز نانو ذرات
- ۳۸-۹-۱-۶-۴-۹-۱- کاربردهای نانو ذرات
- ۳۸-۹-۱-۷-۴-۹-۱- انواع نانو ذرات
- ۳۹-۹-۱-۸-۴-۹-۱- اصلاح سطح نانو ذرات سیلیکا
- ۳۹-۱۰-۱- جذب سطحی

- ۱-۱۰-۱- عوامل موثر بر جذب سطحی ۴۰
- ۱-۱۰-۱-۱- مساحت سطح جاذب ۴۰
- ۱-۱۰-۲- ماهیت ماده‌ی جذب شونده ۴۰
- ۱-۱۰-۳- تأثیر pH ۴۰
- ۱-۱۰-۴- تأثیر دما ۴۰
- ۱-۱۰-۵- ماهیت جاذب ۴۱
- ۱۱-۱- تعادل و ایزوترم‌های جذب ۴۱
- ۱-۱۱-۱- ایزوترم جذب لانگمویر ۴۲
- ۱-۱۱-۲- ایزوترم جذب فروندلیچ ۴۳
- ۱-۱۱-۳- ایزوترم جذبی تمکین ۴۳
- ۱۲-۱- سینتیک‌های جذبی ۴۴
- ۱-۱۲-۱- مدل‌های سینتیکی ۴۴
- ۱-۱۲-۱-۱- مدل نفوذ درون ذره‌ای ۴۵
- ۱-۱۲-۲-۱- مدل شبه درجه اول ۴۵
- ۱-۱۲-۳-۱- مدل شبه درجه دوم ۴۵
- ۱-۱۲-۴-۱- مدل الویچ ۴۶
- ۱-۱۲-۲- ترمودینامیک جذب ۴۶
- ۱۳-۱- آشنایی با فلزات سنگین و ضرورت اندازه‌گیری مقادیر اندک آنها ۴۷
- ۱-۱۳-۱- مقدمه ۴۷
- ۱-۱۳-۲- روی ۴۸
- ۱-۱۳-۲-۱- کاربردهای روی ۴۸
- ۱-۱۳-۲-۲- اثرات روی ۴۸
- ۱-۱۳-۳- مس ۴۹
- ۱-۱۳-۳-۱- کاربردهای مس ۴۹
- ۱-۱۳-۳-۲- اثرات مس ۴۹

۴۹	..... ۱-۱۳-۴- نیکل
۵۰	..... ۱-۱۳-۴-۱ کاربرد نیکل
۵۰	..... ۱-۱۳-۴-۲ اثرات نیکل
۵۰	..... ۱-۱۳-۵- کبالت
۵۰	..... ۱-۱۳-۵-۱ کاربردهای کبالت
۵۱	..... ۱-۱۳-۵-۲ اثرات کبالت
۵۱	..... ۱-۱۳-۶- سرب
۵۱	..... ۱-۱۳-۶-۱ کاربرد سرب
۵۱	..... ۱-۱۳-۶-۲ اثرات سرب
۵۲	..... ۱-۱۳-۷- کادمیوم
۵۲	..... ۱-۱۳-۷-۱ کاربرد کادمیوم
۵۲	..... ۱-۱۳-۷-۲ اثرات کادمیوم
۵۲	..... ۱-۱۳-۸- منگنز
۵۳	..... ۱-۱۳-۸-۱ کاربرد منگنز
۵۳	..... ۱-۱۳-۸-۲ اثرات منگنز
۵۴	..... ۱-۱۴- مروری بر کارهای انجام شده
۶۱	فصل دوم: پیش تغلیظ و استخراج فلزات سنگین با روش میکرواستخراج مایع- مایع پخشی بر پایه ی مایعات یونی
۶۱	..... ۱-۲- مقدمه
۶۲	..... ۲-۲- مواد و دستگاه‌های مورد نیاز
۶۲	..... ۲-۲-۱ تهیه محلول‌ها و استانداردها
۶۳	..... ۲-۲-۲ دستگاه‌ها
۶۴	..... ۲-۳- روش کار میکرواستخراج مایع- مایع پخشی
۶۵	..... ۲-۴- بررسی عوامل مؤثر بر کارایی استخراج
۶۵	..... ۲-۴-۱- نوع حلال استخراج‌کننده
۶۶	..... ۲-۴-۲- بررسی اثر pH

۶۷	۳-۴-۲- بررسی اثر غلظت لیگاند بر کارایی استخراج.....
۶۸	۴-۴-۲- بررسی اثر مقدار حلال استخراج کننده.....
۶۹	۵-۴-۲- بررسی تأثیر نوع حلال پخش کننده.....
۷۰	۶-۴-۲- تأثیر حجم حلال پخش کننده.....
۷۱	۷-۴-۲- بررسی اثر نمک بر کارایی استخراج.....
۷۲	۸-۴-۲- بررسی تأثیر سرعت سانتریفیوژ.....
۷۳	۹-۴-۲- بررسی تأثیر زمان استخراج.....
۷۳	۱۰-۴-۲- بررسی اثر یون‌های مزاحم.....
۷۵	۵-۲- ارقام شایستگی روش.....
۷۵	۱-۵-۲- محدوده خطی روش.....
۷۷	۲-۵-۲- حد تشخیص.....
۷۸	۳-۵-۲- دقت روش.....
۷۸	۴-۵-۲- فاکتور تغلیظ.....
۸۱	۶-۲- کاربرد روش برای نمونه‌های حقیقی.....
۸۶	۷-۲- نتیجه‌گیری.....
۸۶	۸-۲- پیشنهادات جهت ادامه تحقیقات.....
۸۷	فصل سوم: پیش‌تغلیظ و استخراج فلزات سنگین با روش استخراج فاز جامد.....
۸۷	۱-۳- مقدمه.....
۸۸	۲-۳- مواد و دستگاه‌های مورد نیاز.....
۸۸	۱-۲-۳- تهیه محلول‌ها و استانداردها.....
۸۸	۲-۲-۳- دستگاه‌ها.....
۸۹	۳-۲-۳- روش سنتز جاذب نانو ذره سیلیکای عامل دار شده.....
۹۲	۳-۳- روش کار استخراج فاز جامد با استفاده از جاذب نانو ذره سیلیکای عامل دار شده.....
۹۲	۴-۳- بررسی عوامل مؤثر بر کارایی استخراج.....
۹۲	۱-۴-۳- بررسی اثر pH.....

۹۳	..... بررسی اثر مقدار جاذب	۲-۴-۳
۹۴	..... بررسی تأثیر نوع حلال شوینده	۳-۴-۳
۹۶	..... بررسی تأثیر غلظت حلال شوینده	۴-۴-۳
۹۷	..... بررسی تأثیر حجم حلال شوینده	۵-۴-۳
۹۷	..... بررسی تأثیر سرعت عبور نمونه	۶-۴-۳
۹۸	..... بررسی تأثیر سرعت عبور حلال شوینده	۷-۴-۳
۹۹	..... بررسی تأثیر حجم محلول نمونه	۸-۴-۳
۱۰۰	..... بررسی اثر یون‌های مزاحم	۹-۴-۳
۱۰۱	..... ارقام شایستگی روش	۵-۳
۱۰۱	..... محدوده خطی روش	۱-۵-۳
۱۰۴	..... حد تشخیص	۲-۵-۳
۱۰۴	..... دقت روش	۳-۵-۳
۱۰۷	..... ایزوترم‌های جذبی و تحلیل داده‌های ایزوترمی	۶-۳
۱۱۶	..... بررسی سینتیک جذب	۷-۳
۱۱۹	..... بررسی ترمودینامیک جذب	۸-۳
۱۲۱	..... کاربرد روش برای نمونه‌های حقیقی	۹-۳
۱۲۷	..... نتیجه‌گیری	۱۰-۳
۱۲۷	..... پیشنهادات جهت ادامه تحقیقات	۱۱-۳
۱۲۸	..... مراجع	

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: مراحل یک فرآیند تجزیه‌ای ۲
- شکل ۲-۱: مراحل آماده‌سازی نمونه ۳
- شکل ۳-۱: مراحل اجرایی روش استخراج مایع- مایع پخشی ۷
- شکل ۴-۱: مراحل میکرواستخراج مایع- مایع پخشی ۸
- شکل ۵-۱: نامگذاری اتم‌ها در کاتیون ایمیدازولیوم ۱۵
- شکل ۶-۱: ستون استخراج با فاز جامد ۲۳
- شکل ۷-۱: مراحل استخراج فاز جامد ۲۶
- شکل ۸-۱: نانو ذرات پایدار شده با پایداری الکترواستاتیکی ۳۷
- شکل ۹-۱: نانو ذرات پایدار شده با پایداری فضایی ۳۷
- شکل ۱-۲: ساختار لیگاند ۴-متیل-N,N'-دی‌سالیلیدن-۱ و ۲-فنیل‌دی‌آمین ۶۳
- شکل ۲-۲: ساختار مایع‌یونی ۱-هگزیل-۳-متیل‌ایمیدازولیوم هگزا‌فلوئوروفسفات ۶۶
- شکل ۳-۲: تأثیر pH بر کارایی استخراج کاتیون‌های مس، روی، نیکل و کبالت ۶۷
- شکل ۴-۲: تأثیر غلظت لیگاند (MDSP) بر کارایی استخراج کاتیون‌های مس، روی، نیکل و کبالت ۶۸
- شکل ۵-۲: تأثیر مقدار مایع‌یونی بر کارایی استخراج کاتیون‌های مس، روی، نیکل و کبالت ۶۹
- شکل ۶-۲: تأثیر نوع حلال پخش‌کننده بر کارایی استخراج کاتیون‌های مس، روی، نیکل و کبالت ۷۰
- شکل ۷-۲: تأثیر حجم حلال پخش‌کننده بر راندمان استخراج کاتیون‌های مس، روی، نیکل و کبالت ۷۱
- شکل ۸-۲: اثر افزودن نمک بر کارایی استخراج کاتیون‌های مس، روی، نیکل و کبالت ۷۲
- شکل ۹-۲: تأثیر سرعت سانتریفیوژ بر کارایی استخراج کاتیون‌های مس، روی، نیکل و کبالت ۷۳
- شکل ۱۰-۲: منحنی کالیبراسیون روی در شرایط بهینه ۷۵
- شکل ۱۱-۲: منحنی کالیبراسیون کبالت در شرایط بهینه ۷۶
- شکل ۱۲-۲: منحنی کالیبراسیون نیکل در شرایط بهینه ۷۶
- شکل ۱۳-۲: منحنی کالیبراسیون مس در شرایط بهینه ۷۷
- شکل ۱-۳: نانو ذره سیلیکای عامل‌دار شده با گروه‌های آمینی ۸۹

- شکل ۳-۲: طیف IR مربوط به نانوسیلیکای عامل دار شده با گروه‌های آمینی ۹۱
- شکل ۳-۳: تأثیر pH بر کارایی استخراج کاتیون‌های روی، مس، سرب، کادمیوم و منگنز ۹۳
- شکل ۳-۴: تأثیر مقدار گرم جاذب بر کارایی استخراج کاتیون‌های روی، مس، سرب، کادمیوم و منگنز ۹۴
- شکل ۳-۵: تأثیر نوع شوینده بر روی کارایی استخراج کاتیون‌های روی، مس، سرب، کادمیوم و منگنز ۹۵
- شکل ۳-۶: تأثیر غلظت حلال شوینده بر روی کارایی استخراج کاتیون‌های روی، مس، سرب، کادمیوم و منگنز ۹۶
- شکل ۳-۷: تأثیر حجم حلال شوینده بر روی کارایی استخراج کاتیون‌های روی، مس، سرب، کادمیوم و منگنز ۹۷
- شکل ۳-۸: تأثیر سرعت عبور نمونه بر کارایی استخراج کاتیون‌های روی، مس، سرب، کادمیوم و منگنز ۹۸
- شکل ۳-۹: تأثیر سرعت عبور حلال شوینده بر کارایی استخراج کاتیون‌های روی، مس، سرب، کادمیوم و منگنز ۹۹
- شکل ۳-۱۰: تأثیر حجم نمونه بر کارایی استخراج کاتیون‌های روی، مس، سرب، کادمیوم و منگنز ۱۰۰
- شکل ۳-۱۱: منحنی کالیبراسیون روی در شرایط بهینه ۱۰۲
- شکل ۳-۱۲: منحنی کالیبراسیون مس در شرایط بهینه ۱۰۲
- شکل ۳-۱۳: منحنی کالیبراسیون سرب در شرایط بهینه ۱۰۳
- شکل ۳-۱۴: منحنی کالیبراسیون کادمیوم در شرایط بهینه ۱۰۳
- شکل ۳-۱۵: منحنی کالیبراسیون منگنز در شرایط بهینه ۱۰۴
- شکل ۳-۱۶: نمودار ایزوترم لانگمویر مس ۱۰۸
- شکل ۳-۱۷: نمودار ایزوترم لانگمویر روی ۱۰۸
- شکل ۳-۱۸: نمودار ایزوترم لانگمویر سرب ۱۰۹
- شکل ۳-۱۹: نمودار ایزوترم لانگمویر کادمیوم ۱۰۹
- شکل ۳-۲۰: نمودار ایزوترم لانگمویر منگنز ۱۱۰
- شکل ۳-۲۱: نمودار ایزوترم فروندلیچ مس ۱۱۰
- شکل ۳-۲۲: نمودار ایزوترم فروندلیچ روی ۱۱۱
- شکل ۳-۲۳: نمودار ایزوترم فروندلیچ سرب ۱۱۱
- شکل ۳-۲۴: نمودار ایزوترم فروندلیچ کادمیوم ۱۱۲
- شکل ۳-۲۵: نمودار ایزوترم فروندلیچ منگنز ۱۱۲
- شکل ۳-۲۶: نمودار ایزوترم تمکین مس ۱۱۳

- شکل ۳-۲۷: نمودار ایزوترم تمکین روی ۱۱۳
- شکل ۳-۲۸: نمودار ایزوترم تمکین سرب ۱۱۴
- شکل ۳-۲۹: نمودار ایزوترم تمکین کادمیوم ۱۱۴
- شکل ۳-۳۰: نمودار ایزوترم تمکین منگنز ۱۱۵
- شکل ۳-۳۱: نمودار جذب کاتیون‌ها نسبت به زمان ۱۱۶
- شکل ۳-۳۲: نمودار سینتیک شبه درجه اول کاتیون‌های مس، روی، سرب، کادمیوم و منگنز نسبت به زمان ۱۱۷
- شکل ۳-۳۳: نمودار سینتیک شبه درجه دوم کاتیون‌های مس، روی، سرب، کادمیوم و منگنز نسبت به زمان ۱۱۷
- شکل ۳-۳۴: نمودار سینتیک مدل الویچ کاتیون‌های مس، روی، سرب، کادمیوم و منگنز نسبت به زمان ۱۱۸
- شکل ۳-۳۵: نمودار سینتیک مدل نفوذ درون ذره‌ای کاتیون‌های مس، روی، سرب، کادمیوم و منگنز نسبت به زمان ۱۱۸
- شکل ۳-۳۶: نمودار ترمودینامیک کاتیون‌های مس، روی، سرب، کادمیوم و منگنز ۱۲۰

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱: مقایسه مایعات یونی با حلال‌های آلی ۱۶
- جدول ۱-۲: شرایط دستگاه اسپکترومتر نشر نوری پلاسمای جفت شده القایی ۶۳
- جدول ۲-۲: شرایط آشکارساز برای اندازه‌گیری عناصر مختلف ۶۴
- جدول ۳-۲: تاثیر مزاحمت یون‌ها در استخراج کاتیون‌های مورد بررسی ۷۴
- جدول ۴-۲: برخی پارامترهای تجزیه‌ای در اندازه‌گیری مس ۷۹
- جدول ۵-۲: برخی پارامترهای تجزیه‌ای در اندازه‌گیری روی ۷۹
- جدول ۶-۲: برخی پارامترهای تجزیه‌ای در اندازه‌گیری نیکل ۸۰
- جدول ۷-۲: برخی پارامترهای تجزیه‌ای در اندازه‌گیری کبالت ۸۰
- جدول ۸-۲: کاربرد روش برای نمونه آب شهر تهران ۸۲
- جدول ۹-۲: کاربرد روش برای نمونه آب چاه سمنان ۸۳
- جدول ۱۰-۲: کاربرد روش برای نمونه گیاهی کلم ۸۴
- جدول ۱۱-۲: کاربرد روش برای آب میوه آناناس ۸۵
- جدول ۱-۳: تأثیر مزاحمت یون‌ها در استخراج کاتیون‌های مورد بررسی ۱۰۱
- جدول ۲-۳: برخی پارامترهای تجزیه‌ای در اندازه‌گیری مس ۱۰۵
- جدول ۳-۳: برخی پارامترهای تجزیه‌ای در اندازه‌گیری روی ۱۰۵
- جدول ۴-۳: برخی پارامترهای تجزیه‌ای در اندازه‌گیری سرب ۱۰۶
- جدول ۵-۳: برخی پارامترهای تجزیه‌ای در اندازه‌گیری کادمیوم ۱۰۶
- جدول ۶-۳: برخی پارامترهای تجزیه‌ای در اندازه‌گیری منگنز ۱۰۷
- جدول ۷-۳: داده‌های ایزوترم‌های مختلف نسبت به کاتیون‌های مس، روی، سرب، کادمیوم و منگنز ۱۱۵
- جدول ۸-۳: داده‌های سینتیکی مربوط به ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۲ میلی‌گرم بر لیتر کاتیون‌های مس، روی، سرب، کادمیوم و منگنز در $pH=7$ و مقدار جاذب 0.3 گرم در زمان‌های مختلف ۱۱۹
- جدول ۹-۳: داده‌های ترمودینامیکی مربوط به ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۵ میلی‌گرم بر لیتر کاتیون‌های مس، روی، سرب، کادمیوم و منگنز در $pH=7$ و مقدار جاذب 0.3 گرم در دماهای مختلف ۱۲۱

- جدول ۳-۱۰: کاربرد روش برای نمونه آب شهر سمنان ۱۲۳
- جدول ۳-۱۱: کاربرد روش برای نمونه آب چاه سمنان ۱۲۴
- جدول ۳-۱۲: کاربرد روش برای نمونه کلم ۱۲۵
- جدول ۳-۱۳: کاربرد روش برای آب آناناس ۱۲۶

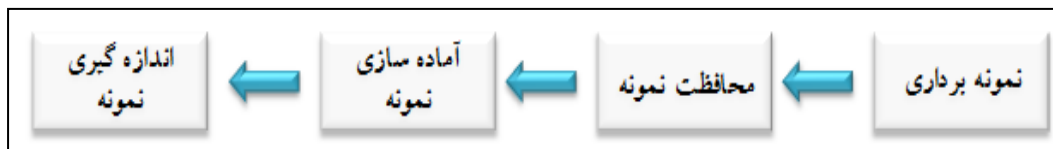
فصل اول

تئوری

۱-۱- مقدمه

هدف همه‌ی روش‌های تجزیه‌ای، اندازه‌گیری سیگنالی است که بتوان آن را به غلظت یک جزء خاص در نمونه اصلی ارتباط داد. یک روش تجزیه‌ای ایده‌آل باید بتواند با استفاده از حداقل نمونه، غلظت جزء مورد نظر در نمونه مربوطه را مستقیماً اندازه‌گیری نماید. اما متأسفانه تعداد کمی از روش‌های تجزیه‌ای گزینش‌پذیری کافی دارند و غلظت آنالیت نیز اغلب در حد مناسبی نیست. بنابراین مشکل اساسی اکثر روش‌های تجزیه‌ای، جداسازی و تغلیظ است که به منظور رفع یا کم کردن مزاحمت بافت نمونه و ایجاد غلظت مناسب برای آنالیت هدف، انجام می‌گیرد [۱].

یک روش تجزیه‌ای کامل شامل چهار مرحله نمونه برداری^۱، محافظت نمونه^۲، آماده‌سازی نمونه^۳ و اندازه‌گیری می‌باشد که هر یک از این مراحل برحسب نوع نمونه و روش تجزیه‌ای می‌تواند متفاوت باشد. این مراحل در شکل ۱-۱ نشان داده شده که در زیر به شرح آن می‌پردازیم.



شکل ۱-۱: مراحل یک فرآیند تجزیه‌ای

نمونه برداری: در این مرحله نمونه از مبدأ برای آنالیز جمع‌آوری می‌گردد. این جمع‌آوری باید به گونه‌ای باشد که بیان‌کننده اصل مبدأ (نمونه اصلی) باشد.

محافظت نمونه: این مرحله بسیار مهم است، زیرا معمولاً بین جمع‌آوری نمونه و آنالیز تأخیر وجود دارد.

آماده‌سازی نمونه: بیشتر نمونه‌ها برای وارد کردن مستقیم به داخل دستگاه مناسب نیستند. بنابراین مرحله آماده‌سازی نمونه قبل از آنالیز ضروری می‌باشد.

اندازه‌گیری: وقتی آماده‌سازی نمونه کامل شد، آنالیز بوسیله انتخاب یک دستگاه مناسب انجام می‌شود. دستگاه مورد استفاده برای انواع متفاوت آنالیز بستگی به اطلاعات مورد نظر دارد.

۱-۲- آماده‌سازی نمونه

آماده‌سازی نمونه خود شامل مراحل متفاوتی است که در شکل ۱-۲ آمده است. هر کدام از موارد ذکر شده یا مجموع آنها می‌تواند در یک کار تجزیه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. روش‌های یکسان‌سازی و کاهش اندازه برای نمونه‌های جامد بکار گرفته می‌شود.

^۱ Sampling

^۲ Sample preservation

^۳ Sample preparation