

اللَّهُ
الرَّحْمَنُ
الرَّحِيمُ



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه

دوره کارشناسی ارشد در رشته فرآوری مواد معدنی

عنوان

استخراج مایع - مایع انتخابی روی از محلول لیچ بدون استفاده از حلال آلی
(سیستم دو فازی آبی)

استاد راهنما

دکتر محمود عبدالمهی

استاد مشاور

دکتر احمد خدادادی

نگارنده

مهدی هادی نژاد نوکنده



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای مهدی هادی نژاد نوکننده پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان استخراج مایع - مایع انتخابی روی از محلول لیچ بدون استفاده از حلال آلی (سیستم دوفازی آبی) در تاریخ ۱۳۸۸/۱۲/۱۹ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنها برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی معدن - فرآوری موادمعدنی پیشنهاد می کنند.

امضا	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیات داوران
	استاد	دکتر محمود عبدالمهی	استاد راهنما
	دانشیار	دکتر احمد خدادادی	استاد مشاور
	استادیار	دکتر سید محمد جواد کلینی	استاد ناظر
	استادیار	دکتر محمد رضا رستمی	استاد ناظر
	استادیار	دکتر سید محمد جواد کلینی	مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی-پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به دفتر نشر آثار علمی دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲ در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

” کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته **فرآوری مواد معدنی** است که در سال **۱۳۸۸** در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر **محمود عبدالمهی** و مشاوره جناب آقای دکتر **احمد خدادادی** از آن دفاع شده است“

ماده ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به دفتر نشر آثار علمی دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴ در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵ دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند، به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶ اینجانب **مهدی هادی نژاد نوکنده** دانشجوی رشته **فرآوری مواد معدنی** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: **مهدی هادی نژاد نوکنده**

تاریخ و امضاء: **۱۷/فروردین/۱۳۸۹**

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه : با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسان‌ها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها، رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه

بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی می‌باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما نویسنده مسئول مقاله باشند.

تبصره : در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی به صورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه و رساله منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه، رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و براساس آیین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه، رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

تقدیم به

((مادر دلسوز و گرمی))

و ((پدر ارجمند و خستگی ناپذیرم))

که دعای خیرشان همیشه یاری رسان و پشتیبان من است

و وجودشان گرمی بخش زندگی ام می باشد.

تشکر و قدردانی

خدای متعال را بی نهایت شاکرم که توفیق به اتمام رساندن مراحل تحقیق این پایان نامه را به من عطا کرد.

بر خود لازم می دانم که مراتب قدردانی و تشکر خود را از عزیزانی که نام آنها در ذیل می آید، ابراز نمایم:

در ابتدا از جناب آقای دکتر محمود عبدالهی که زحمت راهنمایی بنده، جهت به تحقق رساندن این پایان نامه را بر عهده گرفتند و در طول دوران تحصیل از حضور ایشان بهره بردم، کمال سپاس و قدردانی را دارم. بی تردید، به ثمر رسیدن پایان نامه خود را مدیون دانش علمی و تلاش خستگی ناپذیر ایشان هستم.

از جناب آقای دکتر احمد خدادادی که زحمت مشاوره ی بنده را در انجام پایان نامه تقبل نموده و علاوه بر آن در طی مدت تحصیل، نقش موثر و بسزایی را در جهت رشد و ارتقای ذهنی اینجانب ایفا کردند، نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم.

از جناب آقای دکتر سید محمد جواد کلینی که طی دوران تحصیل، از محضر ایشان استفاده نموده و نقش مهم و موثری را در پیشرفت علمی بنده داشتند، کمال تقدیر و تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر محمد رضا رستمی که از اساتید محترم بخش مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس بوده و زحمت داوری این اثر را پذیرفتند، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

هم چنین از جناب آقای مهندس بهزاد شهبازی کارشناس محترم آزمایشگاه، که در طول مدت حضور در آزمایشگاه فرآوری مواد معدنی از حضور ایشان نهایت استفاده را کردم تقدیر و تشکر می نمایم.

از سایر دوستان عزیزم، مهندس مهدی امیری، مهندس جعفر جمشیدی، مهندس مهران جهان بخش، مهندس مسعود حسنی و مهندس احسان خدابنده که در طول دوران تحصیل در کنار من بودند، قدردانی و تشکر می کنم.

چکیده

استخراج مایع-مایع با استفاده از حلال های آلی، یکی از موثرترین تکنیک های استخراج انتخابی یونهای فلزی در صنعت می باشد. هر چند، هزینه و مصرف بالای حلال های آلی سمی، قابل اشتعال و فرار، مسائل و مشکلات محیط زیستی و اقتصادی را بدنبال داشته است. در سالهای اخیر، دیده شد که استخراج مایع-مایع یونهای فلزی بدون استفاده از حلال های آلی، یعنی سیستم های دو فاز آبی مبتنی بر پلی اتیلن گلیکول (PEG)، تکنیک های مقرون به صرفه ی اقتصادی، دوستدار محیط زیست و کارآمد می باشند. در این تحقیق، در ابتدا با استفاده از سیستم های دو فاز آبی، استخراج یونهای Zn^{+2} از محلول های سنتزی بررسی شد. سپس با استفاده از پارامترهای آزمایشگاهی بهینه ی بدست آمده، استخراج انتخابی یونهای Zn^{+2} از محلول های لیچ حاوی آهن مطالعه شد. یونهای کلرید و تیوسیانات به عنوان استخراج کننده ی Zn^{+2} و عوامل ماسک کننده ی مختلف مانند فسفات، سیترات، فلوئورید و اکسالات جهت ماسک کردن آهن، استفاده شد. هم چنین، اثر پارامترهای مختلف آزمایشگاهی، مانند غلظت کلرید، تیوسیانات، PEG، Na_2SO_4 ، سیترات و وزن مولکولی PEG و pH فاز سنگین در استخراج انتخابی روی از آهن بررسی شدند. در نهایت، نتایج آزمایشگاهی نشان داد که با استفاده از نمک سیترات سدیم بعنوان ماسک کننده Fe^{+2} ، از محلول لیچ حاوی Fe^{+2} و Zn^{+2} ، یونهای Zn^{+2} بطور انتخابی در حدود ۸۶٪ به فاز سبک استخراج شدند، در حالیکه، درصد استخراج Fe^{+2} ، حدود ۶٪ بدست آمد.

کلمات کلیدی: سیستم دو فاز آبی، پلی اتیلن گلیکول، استخراج انتخابی Zn^{+2} ، ماسک کردن آهن.

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه و تئوری.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۱-۱- مزایای سیستم های دو فاز آبی.....	۳
۱-۱-۲- تاریخچه سیستم های دو فاز آبی.....	۳
۲-۱- تئوری سیستم های دو فاز آبی.....	۵
۲-۱-۱- انواع سیستم های دو فاز آبی بر حسب فاز های تشکیل دهنده.....	۵
۲-۲-۱- مزایای سیستم های دو فاز پلیمر- نمک نسبت به پلیمر- پلیمر.....	۵
۱-۲-۳- منحنیهای فاز.....	۶
۱-۲-۳-۱- روش ترسیم منحنی های بینودال.....	۷
۱-۲-۴- نحوه ی تشکیل سیستم دو فاز آبی.....	۸
۱-۲-۵- هیدراسیون یونها.....	۹
۱-۲-۶- ارتباط میان هیدراسیون یونها و انرژی گیبس هیدراسیون آنها (ΔG_{hyd}).....	۱۰
۱-۲-۶-۱- یونهای چاوتروپیک.....	۱۰
۱-۲-۶-۲- یونهای کاسموتروپیک.....	۱۰
۱-۲-۶-۳- رابطه بین حلالیت هالیدهای سدیم و هیدراسیون اجزای سازنده ی آن.....	۱۱
۱-۲-۷- پدیده salt-out.....	۱۱

- ۱-۷-۲-۱- توان SALTING-OUT کاتیونها..... ۱۲
- ۱-۲-۷-۲- توان SALTING-OUT آنیونها..... ۱۳
- ۱-۲-۸- ماسک کننده ها..... ۱۵
- ۱-۲-۹- انتخاب نمک جهت تشکیل فاز پایین (سنگین) سیستمهای دوفازی آبی..... ۱۶
- ۱-۲-۱۰- استخراج یونها فلزی توسط سیستم های دو فازی آبی پلیمر- نمک..... ۱۹
- ۱-۲-۱۱- کاربرد salting-out در استخراج با حلال..... ۲۱
- ۱-۲-۱۲- دسته بندی سیستم های دو فازی جهت استخراج یونها فلزی..... ۲۳
- ۱-۱۲-۲-۱- جداسازی یونها فلزی به فاز PEG بدون استفاده از استخراج کننده..... ۲۳
- ۱-۱۲-۲-۲- استخراج آنیونها کمپلکس فلزی غیر آلی..... ۲۷
- ۱-۱۲-۲-۳- استخراج با استفاده از کمپلکس کننده های آلی محلول در آب..... ۲۹
- ۱-۲-۱۳- دسته بندی کمپلکس سازها و یونها فلزی از نظر نرم و سخت بودن..... ۳۰
- ۱-۲-۱۳-۱- دسته بندی پیرسون (Pearson)..... ۳۰
- ۱-۲-۱۳-۲- تعریف اسید و باز لويس (Lewis)..... ۳۲
- ۱-۲-۱۳-۲-۱- لیگاندها و یونها فلزی نرم و سخت (لويس)..... ۳۲
- ۱-۲-۱۴- تفاوت های مکانیزم استخراج در سیستم های دوفازی و استخراج با حلال..... ۳۶
- ۱-۲-۱۴-۱- پدیده جفت یون..... ۳۶
- ۱-۲-۱۴-۲- نقش دی هیدراسیون در استخراج یونها فلزی..... ۳۶

- ۱-۲-۱۵- مزیت PEG نسبت به سایر پلیمر ها جهت استفاده در سیستم های دو فازی.....۳۹
- ۱-۲-۱۶- جداسازی ذرات با استفاده از سیستم های دو فازی آبی.....۴۳
- فصل دوم : مروری بر منابع.....۴۷
- فصل سوم : نتایج و بحث.....۶۵
- ۳-۱- دسته اول آزمایش ها (آشنایی با سیستم های دو فازی آبی).....۶۶
- ۳-۱-۱- آزمایش های اولیه.....۶۶
- ۳-۲- دسته دوم آزمایش ها (آزمایش های استخراج روی از محلول سنتزی توسط کلرید).....۶۷
- ۳-۲-۱- مواد و روش کار.....۶۸
- ۳-۲-۱-۱- نحوه تعیین درصد استخراج.....۶۹
- ۳-۲-۲- نتایج آزمایشگاهی استخراج روی از محلول سنتزی توسط کلرید.....۷۰
- ۳-۲-۲-۱- نتایج آزمایشگاهی مربوط به تعیین غلظت مناسب یونهای کلرید.....۷۰
- ۳-۲-۲-۲- نتایج آزمایشگاهی مربوط به تغییر pH فاز سنگین.....۷۲
- ۳-۲-۲-۳- نتایج آزمایشگاهی مربوط به تغییر غلظت اولیه ی Zn^{+2} در فاز سنگین.....۷۳
- ۳-۲-۲-۴- نتایج آزمایشگاهی مربوط به تغییر درصد وزنی PEG 1500 در فاز سبک.....۷۴
- ۳-۲-۳- بررسی افزایش استخراج روی از محلول سنتزی توسط کلرید.....۷۶
- ۳-۲-۳-۱- نتایج آزمایشگاهی مربوط به تغییر در pH فاز سنگین.....۷۶
- ۳-۲-۳-۲- نتایج آزمایشگاهی مربوط به تغییر درصد وزنی Na_2SO_4 در فاز سنگین.....۷۷

- ۳-۳-۲-۳- نتایج آزمایشگاهی مربوط به تغییر غلظت اولیه ی Zn^{+2} در فاز سنگین..... ۷۸
- ۳-۳-۲-۴- نتایج آزمایشگاهی مربوط به تاثیر تغییر در درصد وزنی PEG4000 در فاز سبک..... ۸۰
- ۳-۳-۲-۳- دسته سوم آزمایش ها (آزمایش های استخراج روی از محلول لیچینگ کانسنگ روی توسط کلرید)..... ۸۲
- ۳-۳-۱- استخراج روی از محلول لیچینگ کانسنگ روی توسط کلرید با استفاده از ماسک کننده سیترات..... ۸۲
- ۳-۳-۱- تعیین آزمایش ها..... ۸۳
- ۳-۳-۲- نتایج و بحث..... ۸۴
- ۳-۳-۱- استفاده از محلول حاوی سیترات سدیم بعنوان فاز سنگین سیستم دو فازی..... ۸۵
- ۳-۳-۲- استفاده از سولفات سدیم به عنوان نمک تشکیل دهنده ی فاز سنگین و بررسی تاثیر pH..... ۸۷
- ۳-۳-۲- استفاده از نسبت های مختلف سیترات به آهن فریک موجود در فاز پایین سیستم های دو فازی..... ۸۸
- ۳-۳-۲-۴- بررسی تاثیر تغییر pH فاز سنگین، بر استخراج انتخابی روی از آهن..... ۸۹
- ۳-۴- دسته چهارم آزمایش ها (استفاده از ماسک کننده های مختلف)..... ۹۱
- ۳-۴-۱- نامناسب بودن آنیون F^{-} بعنوان عامل ماسک کننده..... ۹۱
- ۳-۴-۱- محاسبه مقدار مورد استفاده از محلول ۴۰-۳۸٪ وزنی اسید HF جهت تامین یونهای F^{-} ۹۲
- ۳-۴-۲- نامناسب بودن آنیون اکسلات بعنوان عامل ماسک کننده..... ۹۴
- ۳-۴-۳- نامناسب بودن آنیون فسفات بعنوان عامل ماسک کننده..... ۹۶
- ۳-۵- دسته پنجم آزمایش ها (استخراج روی از محلول لیچینگ کانسنگ روی توسط تیوسیانات)..... ۹۸
- ۳-۵-۱- تعیین آزمایش های دسته پنجم..... ۱۰۰

۱۰۱	۳-۵-۲- نتایج و بحث.....
۱۰۱	۳-۵-۲-۱- نتایج حاصل از آزمایش های استخراج روی از محلول لیچینگ کانسنگ روی توسط تیوسیانات بدون استفاده از ماسک کننده های سیترات.....
۱۰۲	۳-۵-۲-۲- تعیین مقدار مورد نیاز از سیترات جهت استفاده بعنوان ماسک کننده یونهای آهن.....
۱۰۳	۳-۵-۲-۳- نتایج حاصل از آزمایش های استخراج روی از محلول لیچینگ کانسنگ روی توسط تیوسیانات با استفاده از آنیون های سیترات.....
۱۰۵	فصل چهارم : نتیجه گیری و پیشنهادها.....
۱۰۶	۴-۱- نتیجه گیری.....
۱۱۰	۴-۲- پیشنهادها.....
۱۱۱	پیوست.....
۱۱۴	فهرست منابع.....

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱. منحنی فازي اجزای تشکیل دهنده ی فازي P و Q.....۷
- شکل ۲-۱. منحنیهای فازي مربوط به ترکیبی از محلولهای حاوی نمک های مختلف سولفات فلزی و PEG.....۱۳
- شکل ۳-۱. منحنیهای فازي مربوط به ترکیبی از محلولهای حاوی نمک های مختلف سدیم و PEG.....۱۴
- شکل ۴-۱. تصویر شماتیکی از تعادل موجود در استخراج یونهای فلزی توسط استخراج کننده های غیر آلی، در سیستم دو فازي آبی PEG- نمک غیر آلی (A^- : آنیون تشکیل دهنده ی فازي، X^- : استخراج کننده غیر آلی).....۲۰
- شکل ۵-۱. تاثیر هیدراسیون یون: استخراج فلزات کلیایی با 2-sec-butyl-2(α -methyl benzyl)phenol.....۲۲
- شکل ۶-۱. استخراج نیترات اورانیل با اتیل اتر با استفاده از عوامل متعدد salting-out.....۲۲
- شکل ۷-۱. تاثیر غلظت مولی نمک M_2SO_4 در محلول فاز سنگین بر روی ضریب توزیع پرتکتانت.....۲۳
- شکل ۸-۱. ضرایب توزیع پرتکتانت بر حسب انرژی گیبس آزاد هیدراسیون کاتیون حاصل از نمک M_2SO_4۲۴
- شکل ۹-۱. ضرایب توزیع بر حسب انرژی گیبس آزاد هیدراسیون آنیون حاصل از نمک M_2SO_4۲۵
- شکل ۱۰-۱. ضرایب توزیع پرتکتانت بر حسب انرژی گیبس آزاد هیدراسیون حاصل از بکار بردن غلظت های مختلف از نمک $(NH_4)_2SO_4$۲۶
- شکل ۱۱-۱. ضرایب توزیع مربوط به سه آنیون چاوتروپیک در سه سیستم با غلظت های مختلف از نمک $(NH_4)_2SO_4$۲۷
- شکل ۱۲-۱. ضرایب توزیع یون فلزی بر حسب غلظت مولی نمک NH_4X در فاز سنگین.....۲۸
- شکل ۱۳-۱. ضرایب توزیع یون فلزی بر حسب لگاریتم ثابت پایداری تشکیل گونه های MX_4^{2-}۲۹
- شکل ۱۴-۱. پلیمرهای بکار رفته شده در آزمایش ها.....۴۱
- شکل ۱۵-۱. منحنیهای فازي مربوط به پنج سیستم دو فازي.....۴۱
- شکل ۱۶-۱. ضرایب توزیع پرتکتانت بر حسب غلظت مولی سولفات آمونیوم بکار رفته جهت تهیه سیستم دو فازي.....۴۲
- شکل ۱۷-۱. ضرایب توزیع پرتکتانت در سیستم دو فازي آماده شده توسط فاز سبک حاوی ۱۵٪ وزنی Pluronic-L64 و نمک با غلظت وزنی مشخص.....۴۲
- شکل ۱۸-۱. اثر pH بر روی جدایش پیریت در سیستم PEG 2000- Na_2SO_4 - H_2O۴۵
- شکل ۱۹-۱. اثر pH بر روی جدایش پیریت در سیستم PEG 4600- Na_2SO_4 - H_2O۴۶

- شکل ۲-۱. استخراج Cu(II) توسط محلول آبی حاوی ۰.۵٪ وزنی (۱) PEG 2000، (۲) تری بوتیل فسفات و (۳) دی ایزوپروپیل اتر از محلول ۳ مولار $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - ۲ مولار H_2SO_4 - تیوسیانات..... ۴۹
- شکل ۲-۲. استخراج یونهای فلزی توسط یون تیوسیانات در یک سیستم دو فاز آبی تشکیل شده توسط ترکیب کردن ۳ گرم از محلول ۰.۵٪ وزنی PEG 4000، ۶ گرم از محلول ۰.۲٪ وزنی Na_2SO_4 ، ۰.۱ گرم از محلول ۰.۱٪ وزنی H_2SO_4 و ۱ ml از آب محلول حاوی تیوسیانات پتاسیم ۵۱
- شکل ۲-۳. استخراج یونهای فلزی توسط یون یدید در سیستم دو فاز آبی PEG- Na_2SO_4 ۵۲
- شکل ۲-۴. اثر غلظت PEG در محلول فاز سبک بر روی ضریب توزیع $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ ۵۳
- شکل ۲-۵. اثر غلظت Na_2SO_4 در محلول فاز سبک بر روی ضریب توزیع $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ ۵۴
- شکل ۲-۶. اثر متوسط عددی وزن مولکولی PEG بر روی ضریب توزیع $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ ۵۴
- شکل ۲-۷. اثر pH محلول فاز سنگین حاوی Na_2SO_4 ، بر ضریب توزیع $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ ۵۴
- شکل ۲-۸. اثر pH فاز سنگین بر درصد استخراج روی ۵۹
- شکل ۲-۹. اثر غلظت نمک NaX افزوده شده به سیستم ($X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$) بر روی ضریب توزیع روی ۵۹
- شکل ۲-۱۰. مقادیر درصد استخراج یونهای Hg^{+2} بر حسب تابعی از غلظت استخراج کننده ی هالید ۶۲
- شکل ۲-۱۱. تغییرات درصد استخراج کادمیم بر حسب pH محلول فاز سنگین در سیستم دو فاز آبی PEG- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ۶۳
- شکل ۲-۱۲. تغییرات درصد استخراج روی بر حسب غلظت تیوسیانات آمونیوم (NH_4SCN) افزوده شده به سیستم استخراج ۶۴
- شکل ۳-۱. تأثیر غلظت یونهای کلرید افزوده شده به سیستم، بر درصد استخراج روی ۷۱
- شکل ۳-۲. تأثیر pH فاز سنگین بر درصد استخراج روی ۷۲
- شکل ۳-۳. تأثیر مقدار وزنی یونهای روی افزوده شده به سیستم، بر درصد استخراج روی ۷۴
- شکل ۳-۴. تأثیر درصد وزنی PEG 1500 در فاز سبک بر درصد استخراج روی ۷۵
- شکل ۳-۵. نتایج آزمایش های مربوط به تغییر در pH فاز سنگین ۷۷
- شکل ۳-۶. نتایج آزمایش های مربوط به تغییر درصد وزنی Na_2SO_4 در فاز سنگین ۷۸
- شکل ۳-۷. تأثیر مقادیر وزنی یونهای روی افزوده شده به سیستم دو فاز آبی بر درصد استخراج روی ۸۰
- شکل ۳-۸. تأثیر تغییر در درصد وزنی PEG4000 در فاز بالا بر درصد استخراج روی ۸۱

- شکل ۳-۹. تأثیر درصد وزنی Na_3Cit در فاز سنگین بر استخراج انتخابی روی از آهن..... ۸۶
- شکل ۳-۱۰. بررسی اثر نسبت $\text{Cit}^{-3}/\text{Fe}^{+3}$ موجود در فاز سنگین بر استخراج انتخابی روی از آهن..... ۸۹
- شکل ۳-۱۱. بررسی اثر pH فاز سنگین بر استخراج انتخابی روی از آهن..... ۹۰
- شکل ۳-۱۲. توزیع گونه های اکسالات در غلظت ۲M از اسید اکسالیکی..... ۹۵
- شکل ۳-۱۳. منحنیهای Eh-pH سیستم $\text{Fe} - \text{H}_2\text{O} - 0.21\text{M H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ۹۶
- شکل ۳-۱۴. تأثیر غلظت تیوسیانات افزوده شده به سیستم بر درصد استخراج انتخابی روی از آهن..... ۱۰۲
- شکل ۳-۱۵. تأثیر نسبت آنیونهای سترات به آهن بر استخراج انتخابی روی از آهن..... ۱۰۴

فهرست جداول

- جدول ۱-۱. انرژی گیبس آزاد هیدراسیون آنیونها و کاتیونها..... ۱۲
- جدول ۲-۱. عدد lyotropic بعضی از آنیونها..... ۱۵
- جدول ۳-۱. ماسک کننده های مختلف عناصر جدول تناوبی..... ۱۶
- جدول ۴-۱. ماسک کننده های مختلف عناصر شیمیایی..... ۱۷
- جدول ۵-۱. نمک های تشکیل دهنده ی سیستم دو فاز ی با PEG..... ۱۹
- جدول ۶-۱. انواع سیستم های دو فاز ی پلیمر- پلیمر..... ۱۹
- جدول ۷-۱. ثابت های پایداری تیوسیانات روی و یدید..... ۲۱
- جدول ۸-۱. دسته بندی بازها (پیرسون) ۳۱
- جدول ۹-۱. دسته بندی اسیدها (پیرسون) ۳۱
- جدول ۱۰-۱. ثابتهای پایداری تشکیل کمپلکس های هالید با آهن(III) و جیوه(II) ۳۴
- جدول ۱۱-۱. دسته بندی اسیدها و بازهای نرم و سخت لويس..... ۳۵
- جدول ۱-۲. تاثیر افزودن بافر آمونیوم بر روی ضرایب توزیع یونهای فلزی در سیستم دو فاز ی $\text{PEG-Na}_2\text{SO}_4$ ۵۲
- جدول ۲-۲. مقادیر ضرایب توزیع یونهای فلزی در غیاب استخراج کننده های غیر آلی..... ۶۱
- جدول ۳-۲. درصد استخراج بدست آمده برای Hg(II) و Bi(III) توسط 0.06 mol/l از استخراج کننده هالید در سیستم دو فاز ی $\text{PEG 1550} - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ۶۲
- جدول ۳-۲. ترکیب گونه های استخراج شده در مقادیر گوناگون از pH محلول فاز سنگین..... ۶۳
- جدول ۱-۳. پارامترهای ثابت آزمایش های مربوط به تعیین غلظت مناسب یونهای کلرید..... ۷۰
- جدول ۲-۳. غلظت های کلرید افزوده شده به سیستم دو فاز ی آبی..... ۷۰
- جدول ۳-۳. پارامترهای ثابت آزمایش های مربوط به تغییر pH فاز سنگین..... ۷۲
- جدول ۴-۳. پارامترهای ثابت آزمایش های مربوط به تغییر غلظت اولیه ی Zn^{+2} در فاز سنگین..... ۷۳
- جدول ۵-۳. مقادیر وزنی افزوده شده از روی به سیستم دو فاز ی آبی..... ۷۳

- جدول ۳-۶. پارامترهای ثابت آزمایش های مربوط به تغییر درصد وزنی PEG 1500 در فاز سبک..... ۷۵
- جدول ۳-۷. پارامترهای ثابت آزمایش های مربوط به تغییر در pH فاز سنگین..... ۷۶
- جدول ۳-۸. پارامترهای ثابت آزمایش های مربوط به تغییر درصد وزنی Na_2SO_4 در فاز سنگین..... ۷۷
- جدول ۳-۹. پارامترهای ثابت آزمایش های مربوط به تغییر غلظت اولیه ی Zn^{+2} در فاز سنگین..... ۷۸
- جدول ۳-۱۰. مقادیر وزنی افزوده شده یونهای روی به سیستم دو فازی (mg) ۷۹
- جدول ۳-۱۱. پارامترهای ثابت آزمایش های مربوط به تاثیر تغییر در درصد وزنی PEG4000 در فاز سبک..... ۸۰
- جدول ۳-۱۲. آنالیز XRF کنسانتره سولفیدی روی معدن ((باما)) اصفهان..... ۸۲
- جدول ۳-۱۳. شرایط بکار رفته در آزمایش لیچینگ..... ۸۳
- جدول ۳-۱۴. پارامترهای ثابت مربوط به آزمایش های استفاده از محلول حاوی سیترات سدیم بعنوان فاز سنگین سیستم دو فازی..... ۸۵
- جدول ۳-۱۵. پارامترهای ثابت مربوط به آزمایش های استفاده از سولفات سدیم به عنوان نمک تشکیل دهنده ی فاز سنگین و بررسی تاثیر pH..... ۸۷
- جدول ۳-۱۶. نتایج مربوط به تاثیر pH فاز سنگین بر استخراج انتخابی روی از آهن..... ۸۸
- جدول ۳-۱۷. پارامترهای ثابت مربوط به آزمایش های استفاده از نسبت های مختلف سیترات به آهن فریک موجود در فاز پایین سیستم های دو فازی..... ۸۸
- جدول ۳-۱۸. پارامترهای ثابت این آزمایش ها..... ۹۰
- جدول ۳-۱۹. مقادیر تیوسیانات افزوده شده به سیستم دو فازی..... ۱۰۱
- جدول ۴-۱. پارامترهای مناسب شده حاصل از آزمایش های استخراج روی از محلول سنتزی توسط کلرید..... ۱۰۶
- جدول ۴-۲. پارامترهای مناسب شده حاصل از آزمایش های استخراج روی از محلول لیچینگ کانسنگ روی توسط کلرید و ماسک کننده سیترات..... ۱۰۷
- جدول ۴-۳. پارامترهای مناسب شده حاصل از آزمایش های استخراج روی از محلول لیچینگ کانسنگ روی توسط تیوسیانات (بدون استفاده از ماسک کننده سیترات)..... ۱۰۷
- جدول ۴-۴. پارامترهای مناسب شده حاصل از آزمایش های استخراج روی از محلول لیچینگ کانسنگ روی توسط تیوسیانات (با استفاده از ماسک کننده سیترات)..... ۱۰۸
- جدول ۱ پیوست. ثابت پایداری تجمعی کمپلکس های فلزی..... ۱۱۱

جدول ۲ پیوست. ثابت پایداری کمپلکس های فلزی..... ۱۱۲

فصل اول

مقدمه و تئوری