

۲۰۲۹۱۲۷

اهمیت شیمی و شیمی کاربردی در فرآوری مواد معدنی

تألیف:

دکتر بهرام رضایی

(استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

سرشناسه	رضائی، بهرام، ۱۳۳۸ -
عنوان و نام پدیدآور	اهمیت شیمی و شیمی کاربردی در فرآوری مواد معدنی/ تألیف بهرام رضایی.
مشخصات نشر	تهران: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	۵۸۴ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۴۸۰۰۰۰ ریال: ISBN: 978-964-210-298-3
وضعیت فهرست نویسی	فیپا
موضوع	شیمی معدنی- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	Chemistry, Inorganic — Study and teaching (Higher)
موضوع	شیمی معدنی- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)
موضوع	chemistry, Inorganic — Problems, exercises, etc (Higher)
موضوع	الکتروشیمی- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	Electrochemistry — Study and teaching (Higher)
شناسه افزوده	جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر
رده‌بندی کنگره	QD۱۵۳/۹۱۳۹۸ الف ۹/۶
ر.بند - یویی	۵۴۶/۰۷۶
شماره کتابشناسی ملی	۵۶۳۰۸۱۷

کتاب در جلسه مورخ ۹۷/۰۹/۱۹ شورای نشر کتاب
جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از طی مراحل
ارزیابی علمی، مجوز چاپ و انتشار، دریافت نموده است.



اهمیت شیمی و شیمی کاربردی در فرآوری مواد معدنی

تألیف: دکتر بهرام رضایی

جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

ناشر	جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
مدیر مسؤول	دکتر مهدی ورسه‌ای
نوبت چاپ	اول
سال چاپ	۱۳۹۸
قطع	وزیری
شمارگان	۱۰۰۰ نسخه
قیمت	۴۸۰۰۰۰ ریال
طراح	آرزو انصاری
چاپخانه	اصیل



ISBN: 978-964-210-298-3

شابک: ۳-۲۹۸-۲۱۰-۹۶۴-۹۷۸

نمایشگاه و فروشگاه دائمی: تهران، خیابان حافظ، روبروی خیابان سمیه، جنب دانشگاه صنعتی امیرکبیر،
انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر تلفن: ۹۸۱ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶ + تلفکس: ۹۸۲ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶ +
www.jdamirkabir.ac.ir
فروشگاه اینترنتی:

مقدمه مؤلف

کلیه فرایندها، به خصوص ریز فرایندها در فرآوری مواد معدنی بر مبنای اصول اولیه شیمی و شیمی کاربردی استوار بوده و بدون توجه به مبانی شیمی و شیمی کاربردی، توجیه، ابهامات، پیچیدگی و تحلیل منطقی حاصل از رخدادها و ریز فرایندها، امکان پذیر نمی باشد. وقتی از خردایش مواد معدنی به خصوص سنگ شکنی صحبت می شود، نقش شیمی بلور و شیمی کانی از جایگاه خاصی برخوردار است و شاید به جرأت بتوان گفت، الکتروشیمی، شیمی کانی، گالوانیکی و مکانوشیمی در آسیا کردن سولفیدها و از طرفی شیمی محلول در آسیا کردن سایر مواد معدنی، نقش بسیار مهمی دارد.

شناورسازی کانی ها مانند فلوتاسیون یونی رسوبی، کلوئیدی، روغنی، آگلومره و حامل، بدون شیمی و شیمی کاربردی مانند شیمی آلی، شیمی معدنی، شیمی کئوردینانسی، شیمی کوانتومی، الکتروشیمی، شیمی بلور و کانی، شیمی سطح، بین سطح و کلوئیدی، شیمی تعدادا، شیمی محلول، شیمی فضایی و بسیاری دیگر قابل توجیه و تحلیل نیست.

هیدرومتالورژی، لیچینگ، بیولیچینگ و بسیاری از شاخه های مربوط به این فناوری ها مانند استخراج حلالی، سمناسیون، تبادل یونی و رسوبی نیز بدون دانش شیمی کئوردینانسی، شیمی پدیده های شیمی، مفهومی ندارد. در دیگر پدیده های سطحی مانند فلوکولاسیون، کواگولاسیون، آگلومراسیون، آمالگاماسیون و بسیاری دیگر، شیمی و شیمی کاربردی نقش بسیار مهمی دارد.

تحلیل واقعی نتایج حاصل از فرایندها و ریز فرایندهای مختلف در تعیین هویت و شناسایی بار اولیه، در طی فرایند و محصول، بدون شیمی تجزیه و دستگاهی امکان پذیر نیست.

مطالب کلی، اساسی و جامع در این زمینه موجود نیست و این کتاب برای اولین بار نقش شیمی و شیمی کاربردی را در فرآوری مواد معدنی برجسته تر می سازد.

این کتاب در دوازده فصل ارائه شده است که فصل اول در مورد اهمیت شیمی و شیمی کاربردی، فصل دوم مفاهیم، فصل سوم نقش شیمی کوانتوم، فصل چهارم شیمی کئوردینانسی، فصل پنجم

الکتروشیمی و پدیده‌های اندرکنش، فصل ششم الکتروشیمی در فرآوری، فصل هفتم شیمی بلور و کانی، فصل هشتم شیمی سطح، بین سطح و کلونیدی، فصل نهم شیمی آلی، فصل دهم بیوشیمی و میکروبیولوژی، فصل یازدهم مکانوشیمی و فصل دوازدهم اهمیت شیمی تجزیه و دستگاهی را در فرآوری مواد معدنی به تصویر می‌کشد.

افزون بر دانشجویان، محققین و پژوهشگران فرآوری مواد معدنی، دانشجویان رشته‌های مهندسی مواد، مهندسی متالورژی استخراجی، شیمی کاربردی، مهندسی اکتشاف و بسیاری دیگر می‌توانند از این کتاب استفاده کنند.

بهرام رضایی

www.ketab.ir

فهرست

فصل اول: کلیات	۲۳
۱-۱- آشنایی	۲۳
۱-۲- شیمی معدنی	۲۷
۱-۳- شیمی آلر	۲۸
۱-۴- شیمی تجزیه	۲۹
۱-۵- شیمی واکنش‌ها و واکنش‌های شیمیایی در فرآیندهای فرآوری	۳۰
۱-۵-۱- تفکیک یونی	۳۰
۱-۵-۲- کمپلکس سازی	۳۰
۱-۵-۳- الکتروشیمیایی	۳۰
۱-۵-۴- هیدرولیز	۳۰
۱-۵-۵- رسوب‌دهی	۳۱
۱-۵-۶- تبدیل	۳۱
۱-۵-۷- حلال و یا آب پوشی	۳۱
۱-۵-۸- موازنه شیمیایی	۳۱
۱-۶- شیمی اندرکنش‌ها	۳۳
۱-۷- شیمی کنوردینانسی	۳۳
۱-۸- الکتروشیمی	۳۴
۱-۹- شیمی میکروبی و بیوشیمی	۳۴
۱-۱۰- شیمی تعادل	۳۴

۳۵	۱۱-۱- شیمی بین سطحی.....
۳۵	۱۲-۱- مکانوشیمی.....
۳۶	۱۳-۱- شیمی فضایی.....
۳۸	۱۴-۱- شیمی ساختمانی.....
۴۰	۱۵-۱- شیمی ترمودینامیک.....
۴۱	۱۶-۱- شیمی انحلال.....
۴۱	۱۱-۱- شیمی جامدات.....
۴۲	مباحثه.....
۴۳	فصل دوم: مفاهیم شیمی و شیمی کاربردی در فرآوری مواد معدنی.....
۴۳	۱-۲- آشنایی.....
۴۳	۲-۲- قانون اثر، م. ثابت، جادل شیمیایی در کنترل واکنش‌های شیمیایی لیچینگ و فلوتاسیون.....
۴۵	۳-۲- حاصل ضرب حلالیت، حلال پذیر، در لیچینگ.....
۴۶	۴-۲- تاثیر یون مشترک و تشکیل د. پمکس‌ها در انحلال‌پذیری و شناورسازی.....
۴۷	۵-۲- اصل لوشاتلیه و اهمیت آن در لیچینگ.....
۴۷	۶-۲- ثابت دی‌الکتریک و اهمیت آن در هیدروخالین.....
۴۹	۷-۲- آب پوشی، حلال پوشی و هیدرولیز در لیچینگ و فلوتاسیون.....
۴۹	۸-۲- میزان اسیدی و یا قلایی بودن و محلول‌های بازی در محیط‌های فرآوری.....
۵۱	۹-۲- کمپلکس و لیگاند در مکانیزم‌های فرآوری.....
۵۱	۱۰-۲- خواص و ماهیت محلول‌ها و الکترولیت‌ها در فرآوری.....
۵۳	۱۱-۲- ترمودینامیک تشکیل محلول‌ها و تحلیل‌های ترمودینامیکی در فرآوری.....
۵۴	۱۲-۲- استوکیومتری و محیط‌های آبی در فرآوری.....
۵۴	۱-۱۲-۲- درصد وزنی (درصد اتمی).....
۵۵	۲-۱۲-۲- کسر مولی و یا کسر اتمی.....
۵۵	۳-۱۲-۲- درصد مولی.....

- ۴-۱۲-۲- مولاریته، مولالیت، نرمالیت و اکی والان ۵۵
- ۱۳-۲- استحکام و یا قدرت یونی ۵۶
- ۱۴-۲- ضریب فعالیت ۵۷
- ۱۵-۲- معادله دی بای-هوکل ۵۷
- ۱۶-۲- پتانسیل شیمیایی یون‌ها، گونه‌ها و اکتیویته در محیط‌های لیجینگ ۵۹
- ۱۷-۲- اسمزی، فشار اسمزی، اسمزی معکوس و ضریب اسمزی مولی ۶۱
- ۱۸-۲- تعادل اسید-باز در محلول‌های رقیق فلوتاسیون ۶۴
- ۱۸-۲- اکی والان‌های تعادل محلول ۶۴
- ۱۸-۲- اکی والان تعادل پروتون (PTE) ۶۴
- ۱۸-۲- اکی والان موازنه حرم (MBE) ۶۴
- ۱۸-۲- اکی والان موازنه بار (CBE) ۶۵
- ۱۸-۲- اکی والان موازنه بار (PBE) ۶۵
- ۱۹-۲- سیستم‌های همگن و ناهمگن ۶۵
- ۱۹-۲- قانون توزیع ۶۵
- ۱۹-۲- محاسبه ضریب توزیع ۶۶
- ۱۹-۲- قاعده فاز و پارامترهای مستقل در کنترل فرایند ۶۷
- ۲۰-۲- خواص حجمی سیالات (آب) ۷۱
- ۲۱-۲- تابع p و نقش آنیون‌ها و کاتیون‌ها در محیط‌های فراوری ۷۱
- ۲۲-۲- پیش‌بینی انحلال‌پذیری کانی‌ها با استفاده از پارامترهای تعادل محلول‌ها ۷۳
- ۲۳-۲- پیش‌بینی انجام واکنش‌ها در فرآیندهای فراوری ۷۴
- ۲۴-۲- جداسازی انتخابی یون‌ها از پساب‌ها و محیط‌های هیدرومتالورژی ۷۸
- منابع ۸۱
- فصل سوم: اهمیت شیمی کوانتوم در فراوری مواد معدنی ۸۳
- ۱-۳- آشنایی ۸۳
- ۲-۳- طبقه‌بندی مواد معدنی از نظر مطالعات کوانتومی ۸۴

- ۸۴ ۱-۲-۳ عناصر
- ۸۴ ۲-۲-۳ ترکیبات یونی
- ۸۵ ۳-۲-۳ ترکیبات مولکولی
- ۸۵ ۴-۲-۳ جامدات شبکه‌ای یا بسپارها
- ۸۵ ۳-۳ ماهیت واکنش‌ها در مواد معدنی
- ۸۶ ۴-۳ رابطه شیمی آلی و شیمی معدنی
- ۸۶ ۵-۳ رابطه شیمی-فیزیک و شیمی معدنی
- ۸۷ ۶-۳ فیزیک حالت جامد
- ۸۷ ۱-۶-۳ سازه‌های بلورین
- ۸۸ ۲-۶-۳ شبکه‌های بلورین
- ۸۸ ۳-۶-۳ چهارراه شبکه بلور و هفت سیستم بلور
- ۸۸ ۴-۶-۳ تابع بلوخ
- ۹۱ ۵-۶-۳ نوارهای انرژی
- ۹۱ ۶-۶-۳ شبکه وارون
- ۹۲ ۷-۶-۳ چگالی حالت و سطح فرمی
- ۹۳ ۷-۳ نظریه تابع چگالی
- ۹۴ ۸-۳ اوربیتال مولکولی
- ۹۴ ۱-۸-۳ ویژگی اوربیتال‌های مولکولی
- ۹۴ ۲-۸-۳ انواع اوربیتال‌های مولکولی
- ۹۴ ۳-۸-۳ انواع اوربیتال‌های مولکولی براساس سطح انرژی
- ۹۴ ۴-۸-۳ نمادهای اوربیتال‌های مولکولی
- ۹۴ ۵-۸-۳ تشکیل اوربیتال‌های مولکولی از اوربیتال‌های اتمی
- ۱۰۰ ۹-۳ اهمیت شیمی کوانتومی در لیچینگ
- ۱۰۴ ۱-۹-۳ مکانیزم اکسیداسیون و لیچینگ پیریت با تحلیل‌های کوانتومی
- ۱۰۹ ۲-۹-۳ اکسیداسیون پیریت (FeS_2)

- ۳-۹-۳- تاثیر پتانسیل اکسایش- کاهش (Eh) و نقش آنیون‌ها در لیچینگ پیریت (FeS_2) در $\text{pH}=1$ ۱۱۱
- ۴-۹-۳- مطالعه شیمی کوانتوم برای واکنش پیریت با اسید نیتریک ۱۱۲
- ۵-۹-۳- مطالعه ساختار، مکانیزم و سینتیک لیچینگ کالکوپیریت ۱۱۴
- ۶-۹-۳- لیچینگ کالکوپیریت با یون آهن (III) ۱۲۱
- ۷-۹-۳- ارتباط بین قدرت کاهندگی و ساختار الکترونی عامل احیا کننده در لیچینگ ندول‌های فلزی با اسید سولفوریک ۱۲۴
- ۸-۹-۳- الکتروشیمی نیمه هادی‌ها و فرایندهای لیچینگ ۱۲۶
- ۹-۹-۳- تاثیر ساختار الکترونی جامدات بر انحلال آنیونی و لیچینگ کانی‌های سولفیدی نیمه هادی ۱۳۰
- ۱۰-۹-۳- سینتیک و مکانیزم انحلال اوربیتال مولکولی در خصوص دی سولفوناسیون رزین تبادل کاتیونی اسید قوی ۱۳۴
- ۱۱-۹-۳- بررسی انحلال الکروشیمیایی پریمنت (As_2S_3) در محلول NaOH ۱۳۶
- ۱۲-۹-۳- آماده‌سازی سرباره‌های غنی رتینا منیت حاوی وانادیوم با دو مرحله لیچینگ با اسید هیدروکلریک ۱۳۷
- ۱۳-۹-۳- مطالعه DFT لیچینگ اسیدی بر روی سطح $\text{Si}(100)$ با بور جذب شده ۱۴۰
- ۱۰-۳- اهمیت شیمی کوانتوم در شناورسازی کانی‌ها ۱۴۳
- ۱-۱۰-۳- ماهیت پیوند بین گزانتات و یون‌های سطح فلز ۱۴۵
- ۲-۱۰-۳- اهمیت طول زنجیر آلکیل بر قدرت اتصال ۱۴۶
- ۳-۱۰-۳- انتخابی بودن گزانتات‌ها ۱۴۸
- ۴-۱۰-۳- اهمیت شیمی کوانتوم در کلکتورها و ارتباط آن با کانی‌های سولفیدی ۱۴۹
- ۵-۱۰-۳- توصیف شیمی کوانتومی و تجزیه و تحلیل آماری ۱۴۹
- ۶-۱۰-۳- اهمیت شیمی کوانتوم در کلکتورهای فلوناسیون معکوس کانی‌های بوکسیت ۱۵۰
- ۷-۱۰-۳- اهمیت شیمی کوانتوم در شناورسازی سیلیکات‌های آلومینیوم از دیاسپور با کلکتورهای کاتیونی ۱۵۴
- ۸-۱۰-۳- بررسی شناورسازی کانی‌های گروه کیانیت ۱۵۸

- ۱۱-۳- دلایل عملکرد قدرتی و انتخابی کلکتورها با شیمی کوانتومی..... ۱۶۴
- ۱-۱۱-۳- طراحی مولکولی مواد شیمیایی فلوتاسیون..... ۱۶۴
- ۱۲-۳- اهمیت شیمی کوانتومی در استخراج حلالی..... ۱۷۳
- ۱-۱۲-۳- سطح ساز (OT) $\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{O}_7\text{SNa}$ (Manoxol)..... ۱۷۴
- ۲-۱۲-۳- بررسی های علمی..... ۱۷۵
- ۳-۱۲-۳- تجزیه و تحلیل واکنش ها..... ۱۷۶
- ۴-۱۲-۳- محاسبه شاخص واکنش DFT و پارامترهای وابسته..... ۱۷۷
- ۵-۱۲-۳- تجزیه و تحلیل روند واکنش..... ۱۷۹
- ۶-۱۲-۳- تاور و قطبی MR_p ۱۸۳
- منابع..... ۱۸۴
- فصل چهارم: اهمیت شیمی نئوردینانسی در فرآوری مواد معدنی..... ۱۸۵
- ۱-۴- آشنایی..... ۱۸۵
- ۲-۴- یون های کمپلکس و ترکیبات کوردینانسی..... ۱۸۶
- ۱-۲-۴- آمفوتریسم یا دو خصلتی بودن مواد..... ۱۸۷
- ۲-۲-۴- یون های کمپلکس فلزی..... ۱۸۸
- ۳-۴- ماهیت پیوند در کمپلکس ها..... ۱۹۳
- ۱-۳-۴- نظریه پیوند والانس..... ۱۹۳
- ۲-۳-۴- نظریه میدان بلور..... ۱۹۳
- ۳-۳-۴- نظریه اوربیتال مولکولی..... ۱۹۴
- ۴-۳-۴- پارامترهای شرایط تشکیل پیوند..... ۱۹۴
- ۴-۴- آرایش الکترونی کمپلکس ها..... ۱۹۷
- ۵-۴- انواع کمپلکس ها..... ۱۹۷
- ۱-۵-۴- انواع لیگاندها و نام گذاری آنها..... ۱۹۷
- ۶-۴- کمپلکس ها و خواص مغناطیسی آنها..... ۱۹۹
- ۱-۶-۴- خواص مغناطیسی کمپلکس های فلزی..... ۲۰۰

- ۷-۴- نام‌گذاری ترکیبات آلی (آلکان‌ها)..... ۲۰۱
- ۱-۷-۴- مفاهیم مقدماتی..... ۲۰۱
- ۲-۷-۴- نام‌گذاری..... ۲۰۲
- ۸-۴- روش نام‌گذاری عمومی لیگاندها..... ۲۰۵
- ۱-۸-۴- نام‌گذاری کلی لیگاندها..... ۲۰۵
- ۲-۸-۴- نام‌گذاری ترکیب‌های کمپلکس..... ۲۰۵
- ۳-۸-۴- رنگی ترکیبات کئوردینانسی..... ۲۰۶
- ۴-۸-۴- کئوردینانسی..... ۲۰۶
- ۵-۸-۴- نام‌گذاری کمپلکس‌های فلزی..... ۲۰۶
- ۶-۸-۴- نام‌گذاری لیگاندهای منفی، مثبت و خنثی..... ۲۰۸
- ۷-۸-۴- ترتیب لیگاندها..... ۲۰۹
- ۹-۴- نقش شیمی کئوردینانسی در اورژ مواد معدنی..... ۲۱۱
- ۱-۹-۴- شیمی کئوردینانسی..... ۲۱۱
- ۲-۹-۴- تاثیر کی لیت..... ۲۱۳
- ۳-۹-۴- ماهیت لیگاند..... ۲۱۳
- ۴-۹-۴- محیط فضایی..... ۲۱۴
- ۱۰-۴- لیچینگ..... ۲۱۴
- ۱-۱۰-۴- لیچینگ آمونیاکی..... ۲۱۵
- ۲-۱۰-۴- لیچینگ هالیدی..... ۲۱۶
- ۳-۱۰-۴- لیچینگ سیانیدی..... ۲۱۹
- ۴-۱۰-۴- استخراج حلالی..... ۲۲۱
- ۵-۱۰-۴- پوشش در استخراج حلالی..... ۲۲۳
- ۱۱-۴- فلوتاسیون..... ۲۲۴
- ۱۲-۴- انواع فلوتاسیون و ترکیبات کئوردینانسی..... ۲۲۸
- ۱-۱۲-۴- شیمی فضایی گرانتات‌های فلزی و دی‌تیوفسفاتها..... ۲۳۱

- ۲۳۵ ۴-۱۲-۲- دی تیولت، شیمی و ترکیبات سطح.
- ۲۳۸ ۴-۱۲-۳- مدل جذب گزانتات.
- ۲۴۰ ۴-۱۳- شیمی کنوردینانسیون و استخراج حلالی.
- ۲۴۴ ۴-۱۳-۱- استخراج کننده‌های صنعتی.
- ۲۴۵ ۴-۱۳-۲- استخراج کاتیون فلزی.
- ۲۴۵ ۴-۱۳-۳- عامل استخراج اوکسیم.
- ۲۴۸ ۴-۱۳-۴- عوامل استخراج فسفینیک، فسفونیک و فسفریک اسید.
- ۲۵۱ ۴-۱۵-۵- کربوکسلیک اسید و سایر اسیدهای آلی.
- ۲۵۵ ۴-۱۳-۶- استخراج آنیون‌های فلزی.
- ۲۵۸ ۴-۱۳-۱- استخراج فلز-نمک.
- ۲۶۰ ۴-۱۳-۸- هم افزایی معرف برای استخراج کننده.
- ۲۶۳ ۴-۱۴- فلوکولاسیون.
- ۲۶۴ ۴-۱۴-۱- فلوکولاسیون انتخابی برای تشکیل کی لیت.
- ۲۶۶ ۴-۱۴-۲- فلوکولاسیون انتخابی کانی های مس.
- ۲۶۷ ۴-۱۴-۳- فلوکولاسیون انتخابی همانیت، گزیت، کرومیت.
- ۲۷۰ ۴-۱۵- ترسیب.
- ۲۷۰ ۴-۱۵-۱- ترسیب انتخابی فلزات سنگین از پساب‌ها.
- ۲۷۲ ۴-۱۵-۲- ترسیب ترکیبات خالص.
- ۲۷۳ منابع.
- ۲۷۵ فصل پنجم: اهمیت الکتروشیمی و پدیده‌های اندرکنش در فرآوری مواد معدنی.
- ۲۷۵ ۵-۱- آشنایی.
- ۲۸۲ ۵-۲- اندرکنش گالوانیکی در آسیاها.
- ۲۸۳ ۵-۲-۱- تجهیزات و روش‌های مطالعه اندرکنش گالوانیکی.
- ۲۸۴ ۵-۲-۲- عوامل موثر.

- ۳-۵- الکتروشیمی و پدیده‌های گالوانیکی در فلوتاسیون ۳۱۱
- ۱-۳-۵- فلوتاسیون با کنترل پتانسیل ۳۱۲
- ۲-۳-۵- پارامترهای موثر در اندرکنش گالوانیکی در فلوتاسیون ۳۱۸
- ۴-۵- الکتروشیمی و پدیده‌های گالوانیکی در لیچینگ ۳۱۹
- ۱-۴-۵- آشنایی ۳۱۹
- ۲-۴-۵- اندرکنش گالوانیکی بین پیریت و کانی‌های مس ۳۲۰
- ۳-۴-۵- اندرکنش گالوانیکی بین طلا و کانی‌های سولفیدی ۳۲۶
- ۵-۵- الکتروشیمی و پدیده‌های گالوانیکی در بیولیچینگ ۳۳۵
- منابع ۳۳۶
- فصل ششم: اهمیت اختراعی در فرآوری مواد معدنی ۳۳۷
- ۱-۶- آشنایی ۳۳۷
- ۲-۶- الکتروشیمی و شناورسازی سولفیدها ۳۳۸
- ۱-۲-۶- آبرانی طبیعی و فلوتاسیون بدون کلک ۳۴۰
- ۲-۲-۶- نقش اکسیژن و اکسایش سولفیدها در شناورسازی ۳۴۳
- ۳-۶- الکتروبیولیچینگ و لیچینگ کانی‌ها ۳۴۴
- ۱-۳-۶- الکتروبیولیچینگ کانی‌های سولفیدی ۳۴۵
- ۲-۳-۶- الکتروبیولیچینگ کنسانتره فلوتاسیون اسفالت ۳۴۷
- ۳-۳-۶- الکتروبیولیچینگ ندول‌های اقیانوسی ۳۴۸
- ۴-۳-۶- الکتروبیولیچینگ کالکوپریت ۳۵۰
- ۴-۶- آبگیری الکتریکی ۳۵۴
- ۱-۴-۶- آشنایی ۳۵۴
- ۲-۴-۶- الکتروسینتیک ۳۵۴
- ۳-۴-۶- دولایه‌ای الکتریکی ۳۵۵
- ۴-۴-۶- الکترواسمز ۳۵۶

- ۳۵۷ ۵-۴-۶ واکنش‌های الکتروشیمیایی
- ۳۵۸ ۶-۴-۶ فرضیات آنالیز الکتروشیمیایی
- ۳۵۹ ۷-۴-۶ کاربردهای الکتروشیمیایی
- ۳۶۰ ۵-۶ آگیری الکترواسمزی باطله‌ها
- ۳۶۰ ۱-۵-۶ آگیری الکترواسمزی
- ۳۶۰ ۲-۵-۶ ویژگی‌های آگیری الکترواسمزی
- ۳۶۲ ۶-۶ استراتژی‌های الکتروشیمیایی جهت آگیری مجدد
- ۳۶۳ ۱-۶-۶ ارزیابی امکان سنجی آگیری الکترواسمزی لجن‌ها
- ۳۶۴ ۷-۶ بازده آگیری
- ۳۶۶ ۸-۶ جریان الکتریکی و مقاومت
- ۳۶۹ ۹-۶ خوردگی
- ۳۶۹ ۱۰-۶ افت ولتاژ
- ۳۶۹ ۱۱-۶ آگیری به روش الکتروکولاسیون
- ۳۷۲ ۱-۱۱-۶ تکنولوژی الکتروکولاسیون
- ۳۷۳ ۲-۱۱-۶ الکتروکولاسیون جریان مستقیم با متناوب
- ۳۷۴ ۳-۱۱-۶ نوع واکنش‌های الکتروکولاسیون در فرایند الکتروکولاسیون
- ۳۷۶ ۱۲-۶ آگیری به روش الکتروفلوتاسیون و الکتروترسیب
- ۳۷۷ ۱۳-۶ فرایند الکتروفلوتاسیون
- ۳۷۹ ۱-۱۳-۶ تاثیر گازهای الکترولیتی بر سطح مواد معدنی
- ۳۸۰ ۱۴-۶ فرایند الکتروترسیب
- ۳۸۰ ۱۵-۶ الکتروفلوکولاسیون
- ۳۸۴ ۱-۱۵-۶ تئوری الکتروفلوکولاسیون
- ۳۸۵ ۱۶-۶ الکتروشیمی و منحنی‌های پوربه
- ۳۸۷ ۱-۱۶-۶ منحنی پوربه (منحنی‌های Eh-pH)
- ۳۸۸ ۲-۱۶-۶ چگونگی ساخت منحنی‌های Eh-pH

- ۱۷-۶- الکتروشیمی و پتانسیواستات ۳۹۱
- ۱۷-۱۶- نمونه‌ای از کاربرد پتانسیواستات در فلوتاسیون الکتروشیمیایی ۴۰۱
- منابع ۴۱۵
- فصل هفتم: اهمیت شیمی بلور و شیمی کانی در فرآوری مواد معدنی ۴۱۷
- ۱-۷- آشنایی ۴۱۷
- ۲-۷- ماهیت پیوند در فرآوری مواد معدنی ۴۲۱
- ۱-۲-۷- حتمان آب ۴۲۲
- ۲-۲-۷- هیت پیوندها و لیچینگ کانی‌ها ۴۲۴
- ۳-۲-۷- کانی‌شناسی و لیچینگ ۴۳۰
- ۴-۲-۷- کانی‌شناسی و لیچینگ ۴۴۱
- ۵-۲-۷- کانی‌شناسی و لیچینگ در شناورسازی ۴۴۲
- منابع ۴۴۴
- فصل هشتم: اهمیت شیمی سطح، بین‌سطحی و لیچینگ در فرآوری مواد معدنی ... ۴۴۵
- ۱-۸- آشنایی ۴۴۵
- ۲-۸- پدیده‌های جذب ۴۴۹
- ۱-۲-۸- پدیده وقوع جذب ۴۵۰
- ۲-۲-۸- بار سطحی ۴۵۲
- ۳-۸- جذب فیزیکی و شیمیایی در شناور سازی ۴۵۳
- ۱-۳-۸- جذب فیزیکی ۴۵۳
- ۲-۳-۸- جذب شیمیایی ۴۵۴
- ۴-۸- پدیده‌های سطحی و فصل مشترک‌ها ۴۵۵
- ۱-۴-۸- شیمی سطح در ارتباط با فصل مشترک‌ها ۴۵۶
- ۲-۴-۸- سطح و سطح مشترک مایع-گاز و مایع-مایع ۴۵۷
- ۳-۴-۸- مثال‌هایی در مورد فصل مشترک مایع-مایع و مایع-گاز ۴۶۴

۴۶۶	۴-۴-۸ فصل مشترک جامد-گاز
۴۶۶	۵-۴-۸ فصل مشترک جامد-مایع
۴۶۸	۶-۴-۸ فصل مشترک جامد-جامد
۴۶۸	۷-۴-۸ فصل مشترک مایع-یون
۴۶۸	۵-۸ شیمی کلونیدی
۴۶۹	۱-۵-۸ برخی از خواص کلونیدها
۴۷۰	۲-۵-۸ کاربرد کلونیدها
۴۷۰	۳-۵-۸ اصول و مکانیزم تجمع و تفرق ذرات
۴۷۲	۶-۸ اهمیت شیمی بین سطحی در فرآوری
۴۷۳	۷-۸ مثال‌های نه‌نمای از شیمی سطح در فلوتاسیون
۴۷۴	۱-۷-۸ کاربرد شیمی سطح در تشخیص اندرکنش‌ها بر روی سطوح کانی‌های در فلوتاسیون
۴۷۵	۸-۸ کاربرد شیمی سطح در آب‌ها
۴۷۶	۹-۸ تحلیل‌های شیمی سطح در فرایندهای فرآوری
۴۷۷	۱۰-۸ کاربرد شیمی سطح در لیچینگ
۴۷۷	۱-۱۰-۸ مکانیزم جذب طلا بر روی کریستال
۴۷۸	۲-۱۰-۸ لیچینگ مس و آهن با استفاده از $FeSO_4$
۴۷۸	۱۱-۸ کاربرد شیمی سطح در لیچینگ میکروبی
۴۷۹	۱-۱۱-۸ بیو اکسیداسیون کانی‌های سولفیدی
۴۸۰	۱۲-۸ پدیده‌های سطحی و فلوکولاسیون
۴۸۱	۱-۱۲-۸ مکانیزم‌های جذب سطحی انتخابی پلیمرها
۴۸۲	۲-۱۲-۸ کاربرد فلوکولاسیون انتخابی در فرآوری مواد معدنی
۴۸۴	منابع
۴۸۵	فصل نهم: اهمیت شیمی آلی و اندرکنش‌های شیمیایی در فرآوری مواد معدنی
۴۸۵	۱-۹ آشنایی
۴۸۶	۲-۹ مواد شیمیایی و عملکرد آنها در شناورسازی

۴۹۱	۳-۹- اندرکنش مواد شیمیایی- مواد شیمیایی
۴۹۱	۳-۹-۱- اندرکنش کلکتور- کلکتور
۴۹۵	۳-۹-۲- اندرکنش کلکتور- کف ساز
۴۹۶	۳-۹-۳- اندرکنش کف ساز- کف ساز
۴۹۷	۳-۹-۴- اندرکنش بازداشت کننده- بازداشت کننده
۴۹۸	۳-۹-۴- اندرکنش های معرف های شیمیایی- اجزاء کانی ها
۴۹۸	۳-۹-۴-۱- اندرکنش کلکتور و کاتیون های حاصل از کانی ها
۴۹۸	۳-۹-۵- اندرکنش اجزاء- اجزاء کانی ها
۴۹۹	۳-۹-۶- اندرکنش مواد سربابی در فرآیندهای لیچینگ
۴۹۹	۳-۹-۶-۱- تأثیر مصرف مواد و ترکیبات آهنی در لیچینگ تیوسولفات طلا
۵۰۰	۳-۹-۶-۲- استخراج حلالی
۵۰۱	منابع
۵۰۳	فصل دهم: اهمیت بیوشیمی و میکروبیولوژی در فرآوری مواد معدنی
۵۰۳	۱۰-۱- آشنایی
۵۰۳	۱۰-۲- ترکیب میکروارگانیزم ها
۵۰۴	۱۰-۳- تقسیم بندی از نظر کاربرد
۵۰۵	۱۰-۴- متابولیسم و فرآوری
۵۰۶	۱۰-۵- مهندسی ژنتیک و فرآوری
۵۰۷	۱۰-۵-۱- جهش های شیمیایی
۵۰۷	۱۰-۵-۲- جهش های فیزیکی
۵۰۹	۱۰-۵-۳- جانشینی
۵۰۹	۱۰-۵-۴- غیرفعال سازی ژن ها
۵۰۹	۱۰-۵-۵- تغییر ماهیت
۵۰۹	۱۰-۵-۶- تأثیر دوگانه

۵۱۰ منابع

فصل یازدهم: اهمیت مکانوشیمی و فعالسازی مکانیکی در فرآوری مواد معدنی ۵۱۱

۱-۱۱- فعال سازی مکانیکی و مکانوشیمیایی ۵۱۱

۱-۱-۱- تئوری مکانوشیمی ۵۱۳

۱-۱-۲- فعال سازی مکانیکی ۵۱۴

۱-۱-۳- تجهیزات مورد استفاده در فعال سازی مکانیکی ۵۱۵

۱-۱-۴- تأثیر فعال سازی مکانیکی بر آسیا کردن کانی ها ۵۱۶

۱-۱-۵- تأثیر فعال سازی مکانیکی در شناور سازی کانی ها ۵۱۷

۱-۱-۶- تأثیر فعال سازی مکانیکی در فرآیندهای لیچینگ ۵۱۹

۱-۱-۷- تأثیر فعال سازی مکانیکی در لیچینگ در حضور باکتری ۵۲۰

۱-۱-۸- کاربردهای مکانیکی به عنوان پیش تغلیظ استخراج طلا و نقره ۵۲۱

۲-۱۱- پیش تغلیظ با مکانو اکتگر شیمی ۵۲۴

۵۲۵ منابع

فصل دوازدهم: اهمیت شیمی تجزیه و دستگاهی در فرآوری مواد معدنی ۵۲۷

۱-۱۲- آشنایی ۵۲۷

۲-۱۲- طبقه بندی روش ها ۵۲۷

۱-۲-۱۲- طبقه بندی روش های تعیین مشخصات مواد معدنی بر اساس نحوه عملکرد ۵۲۷

۲-۲-۱۲- طبقه بندی تجهیزات شناسایی بر مبنای خاصیت فیزیکی مورد اندازه گیری ۵۲۹

۳-۲-۱۲- طبقه بندی روش های تعیین مشخصات بر اساس ماهیت شناسایی ۵۳۰

۳-۱۲- آشنایی با تجهیزات اندازه گیری بر مبنای روش های میکروسکوپی ۵۳۲

۱-۳-۱۲- آشنایی ۵۳۲

۲-۳-۱۲- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ۵۳۴

۳-۳-۱۲- میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) ۵۳۵

۴-۳-۱۲- میکروسکوپ روبشی تونلی (STM) ۵۳۸

- ۵۳۹ ۱۲-۳-۵- میکروسکوپ نوری میدان نزدیک روبشی (SNOM)
- ۵۴۰ ۱۲-۳-۶- باریکه یونی متمرکز (FIB)
- ۵۴۱ ۱۲-۳-۷- روش پروتون القایی از انتشار اشعه ایکس (PIXE)
- ۵۴۳ ۱۲-۴- تجهیزات اندازه‌گیری بر مبنای اشعه ایکس
- ۵۴۴ ۱۲-۴-۱- ریز کاو الکترونی (EPMA)
- ۵۴۶ ۱۲-۴-۲- طیف سنجی پراش اشعه ایکس (XRD)
- ۵۴۹ ۱۲-۴-۳- طیف سنجی فلورسانس پرتوی ایکس (XRF)
- ۵۵۱ ۱۲-۵- آشنایی با تجهیزات اندازه‌گیری بر مبنای روش‌های طیف سنجی
- ۵۵۱ ۱۲-۵-۱- لایف تاری فتوالکترونی اشعه X (XPS)
- ۵۵۴ ۱۲-۵-۲- طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR)
- ۵۵۸ ۱۲-۵-۳- رزونانس مغناطیس هسته (NMR)
- ۵۵۹ ۱۲-۵-۴- طیف سنجی رامان (Raman)
- ۵۶۰ ۱۲-۵-۵- پراکندگی بازگشتی رادار (RBS)
- ۵۶۱ ۱۲-۵-۶- طیف سنجی الکترون اوره (AES)
- ۵۶۲ ۱۲-۶- آشنایی با تجهیزات اندازه‌گیری بر مبنای روش‌های طیف سنجی جرمی
- ۵۶۲ ۱۲-۶-۱- نحوه عملکرد طیف سنجی جرمی (MS)
- ۵۶۴ ۱۲-۶-۳- طیف سنجی جذب اتمی (AAS)
- ۵۶۵ ۱۲-۶-۴- پلاسمای جفت شده القایی (ICP)
- ۵۶۷ ۱۲-۶-۵- طیف نگاری جرمی یون ثانویه (SIMS)
- ۵۶۹ ۱۲-۶-۶- دستگاه آنالیز نوترونی (NAA)
- ۵۷۰ ۱۲-۷- تجهیزات اندازه‌گیری روش‌های جداسازی
- ۵۷۰ ۱۲-۷-۱- کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)
- ۵۷۲ ۱۲-۷-۲- کروماتوگرافی گازی (GC)
- ۵۷۳ ۱۲-۸- تجهیزات آنالیز گرمایی
- ۵۷۳ ۱۲-۸-۱- تجزیه حرارتی وزن سنجی (TGA)

۵۷۵	۹-۱۲- دستگاه‌های تجزیه‌ای قابل حمل.....
۵۷۵	۱۲-۹-۱- لوله هالیموند (HT).....
۵۷۷	۱۲-۱۰- الکتروشیمی تجزیه‌ای.....
۵۷۷	۱۲-۱۰-۱- دستگاه‌های مبتنی بر روش‌های الکترو شیمی تجزیه‌ای.....
۵۷۸	۱۲-۱۰-۲- کاربرد روش‌های الکتروشیمیایی در فلوتاسیون.....
۵۸۰	۱۲-۱۰-۳- کاربرد روش‌های الکتروشیمیایی در لیچینگ.....
۵۸۲	مجمع.....