



الکترو دیالیز

در تصفیه آب و فاضلاب

حذف آلاینده‌ها، نمک‌زدایی آب‌های لب شور و تصفیه فاضلاب‌های صنعتی

تألیف و ترجمه

مهندس مهدی اسدی

مهندس حسین عطائی‌فر



انتشارات آوای قلم

سرشناسه	: اسدی، مهدی، ۱۳۶۰ -
عنوان و نام پدیدآور	: الکترودیالیز در تصفیه آب و فاضلاب / تألیف و ترجمه: مهدی اسدی، حسین عطایی فر.
مشخصات نشر	: تهران: آوای قلم، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۲۲۰ ص.: مصور
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۶۳۱۷-۷۷-۱ وضعیت فهرست نویسی: فیفا
موضوع	: الکترودیالیز
موضوع	: Electrodialysis
موضوع	: جداسازی غشایی -- کاربردهای صنعتی
موضوع	: Membrane separation -- Industrial applications
موضوع	: فاضلاب -- تصفیه -- الکترودیالیز
موضوع	: Sewage -- Purification -- Electrodialysis process
موضوع	: آب -- تصفیه
موضوع	: Water -- Purification
شناسه افزوده	: عطایی فر، حسین، ۱۳۴۴ -
رده بندی کنگره	: ۵۶TP الف، ۵/، ۱۱۹۰
رده بندی دیویی	: ۶۲۸/۱۶۷۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۶۱۳۶۶۵

نام کتاب:

الکترودیالیز در تصفیه آب و فاضلاب

تألیف و ترجمه:	مهندس مهدی اسدی	تاریخ نشر:	۱۳۹۸
ناشر:	انتشارات آوای قلم	نوبت چاپ:	اول
صفحه آرای:	انتشارات خانیران	شمارگان:	۶۰۰ جلد
طراحی روی جلد:	انتشارات آوای قلم (مهران خانی)	قیمت:	۳۹۰۰۰ تومان
		شابک:	۹۷۸-۶۲۲-۶۳۱۷-۷۷-۱

آدرس: تهران - میدان انقلاب - خیابان کارگر شمالی - ابتدای خیابان نصرت - کوچه باغ نو - کوچه داوود آبادی شرقی - پلاک ۴

شماره تماس: ۶۶۵۹۱۵۰۴ تلفکس: ۶۶۵۹۱۵۰۵

فروشگاه کتاب الکترونیکی و چاپی: www.avapublisher.com

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است.
متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه شرکت آب و فاضلاب	۸
مقدمه ناشر	۹
مقدمه مترجمان	۱۰

فصل اول: مقدمه

مقدمه	۱۱
-------------	----

فصل دوم: غشاهای یونی

۱-۲ مواد مورد استفاده در تولید غشاء	۱۸
۱-۱-۲ غشاهای پلیمری رسانا	۱۸
۱-۱-۲-۱ غشاهای تبادل یونی و وسیله پلیمریزاسیون در محل	۱۹
۱-۱-۲-۲ غشاهای تولید شده به روش ترکیب پلیمرهای رسانا و پلیمرهای متعارف	۱۹
۱-۱-۲-۳ غشاهای تولید شده با شبکه پد مری در هم نفوذ کرده	۲۰
۲-۲ خصوصیات غشاها	۲۱
۱-۲-۲ غشاهای تبادل یونی ناهمگن	۲۲
۲-۲-۲ غشاهای تبادل یونی همگن	۲۳
۲-۳-۲ غشاهای ویژه	۲۳
۳-۲ ویژگی و خصوصیات غشاها	۲۴
۱-۳-۲ گزینش پذیری غشاها	۲۴
۲-۳-۲ ویژگی های مکانیکی غشاها	۲۴
۳-۳-۲ پایداری شیمیایی غشاها	۲۵
۴-۳-۲ مقاومت الکتریکی غشاها	۲۵
۵-۳-۲ ظرفیت های تبادل یونی غشاها	۲۶
۶-۳-۲ جهت جریان آب از میان غشاء	۲۷
۴-۲ غشاهای الکترو دیالیز	۲۸
۱-۴-۲ تولید غشاهای تبادل یونی همگن	۲۹
۲-۴-۲ تولید غشاهای تبادل یونی ناهمگن	۳۱

فصل سوم: جنبه‌های عمومی فرآیندهای جداسازی غشایی

- ۳-۱ تصفیه آب و فاضلاب برای استفاده مجدد ۳۸
- ۳-۲ فرآیندهای جداسازی غشایی ۳۹
- ۳-۳ الکترودیالیز به عنوان روش جایگزین اسمز معکوس ۴۱

فصل چهارم: اصول الکترودیالیز

- ۴-۱ توصیف فرآیند الکترودیالیز ۴۸
- ۴-۲ غشاهای مورد استفاده در فرآیند الکترودیالیز ۵۱
- ۴-۲-۱ الکترودیالیز با غشاهای تبادل کاتیونی تک قطبی ۵۱
- ۴-۲-۲ الکترودیالیز با غشاهای تبادل کاتیونی دو قطبی ۵۴
- ۴-۳ روش‌های بهره‌برداری از فرآیند الکترودیالیز ۵۶
- ۴-۴ مسیرهای عبور و طول فرآیند ۵۷
- ۴-۵ کاربردهای فرآیند الکترودیالیز ۵۸
- ۴-۵-۱ کاربرد الکترودیالیز در نمک‌زدایی آب‌های لب‌شور ۵۸
- ۴-۵-۲ تولید بلورهای نمک ۵۸
- ۴-۵-۳ الکترودیالیز و تصفیه فاضلاب ۵۹
- ۴-۵-۴ تغلیظ پساب شور فرآیند اسمز معکوس ۵۹
- ۴-۵-۵ کاربرد الکترودیالیز در صنایع غذایی و شیمیایی ۵۹
- ۴-۵-۶ تولید آب فوق خالص ۶۰
- ۴-۶ الکترودیالیز با غشاهای تک قطبی ۶۰
- ۴-۷ الکترودیالیز با غشاهای دو قطبی ۶۴
- ۴-۸ نگهداری و تعمیر ۶۸
- ۴-۹ مقایسه الکترودیالیز معکوس با اسمز معکوس ۷۰

فصل پنجم: جنبه‌های عمومی فرآیند الکترودیالیز

- ۵-۱ پیاده‌سازی و سوار کردن سامانه الکترودیالیز ۷۸
- ۵-۱-۱ غشاها ۸۱
- ۵-۱-۲ غشاهای تبادل یونی ۸۴
- ۵-۲ مجاری عبور جریان ۸۸
- ۵-۳ الکترودها و واکنش بین آنها ۸۹

- ۴-۵ گرفتگی و رسوب گذاری در فرآیند الکترودیالیز ۹۰
- ۵-۵ الکترودیالیز معکوس ۹۲
- ۶-۵ ارزیابی کارایی فرآیند الکترودیالیز ۹۴
- ۶-۵ ۱ درصد حذف یون ها ۹۴
- ۶-۵ ۲ بازده جریان الکتریکی ۹۴
- ۷-۵ طراحی واحدهای الکترودیالیز ۹۵
- ۵-۷ ۱ فرآیند الکترودیالیز و طراحی تجهیزات ۱۰۰
- ۵-۷ ۱-۱ فرآیند الکترودیالیز و طراحی واحدهای غشایی ۱۰۰
- ۵-۷ ۱-۲ طراحی فرآیند و مدل های مختلف بهره برداری ۱۰۲
- ۸-۵ انرژی مورد نیاز الکترودیالیز ۱۰۲
- ۵-۸ ۱ حداقل انرژی مورد نیاز برای انتقال یون ها از محلول ورودی به محلول تغلیظ شده ۱۰۳
- ۵-۸ ۲ انرژی مورد نیاز پمپاژ ۱۰۴
- ۹-۵ هزینه های فرآیند الکترودیالیز ۱۰۴

فصل ششم: عوامل کنترل کیفیت فرآیند الکترودیالیز

- ۱-۶ گزینش پذیری غشاء و عدد انتقال ۱۱۲
- ۲-۶ شدت جریان محدودکننده ۱۱۴
- ۳-۶ پدیده تراکم قطبیت ۱۱۷
- ۶-۳ ۱ تجزیه آب و اثرات تشدیدکنندگی ۱۱۸
- ۶-۳ ۲ همرفت گرانشی ۱۱۸
- ۶-۳ ۳ همرفت الکتریکی ۱۱۹
- ۴-۶ مصرف جریان الکتریکی ۱۲۲
- ۵-۶ کاهش بازده جریان الکتریکی در فرآیند الکترودیالیز ۱۲۳
- ۶-۵ ۱ گزینش پذیری یونی غشاها ۱۲۳
- ۶-۵ ۲ انتشار معکوس نمک ۱۲۴
- ۶-۵ ۳ جریان های مزاحم ۱۲۵
- ۶-۶ پتانسیل سنجی لحظه ای ۱۲۵
- ۶-۶ ۱ اصول کلی ۱۲۵
- ۶-۶ ۲ کاربردها ۱۲۹
- ۶-۶ ۱-۲ شدت جریان محدودکننده ۱۲۹
- ۶-۶ ۲-۲ عدد انتقال یون ها از میان غشاء ۱۲۹

- ۶-۲-۳ ناهمگنی غشاها، نواحی هدایت‌پذیر و غیر هدایت‌پذیر ۱۲۹
- ۶-۲-۴ گرفتگی غشاء به وسیله مولکول‌های آلی و رسوبات معدنی ۱۳۰
- ۶-۲-۵ خصوصیات انتقال برای غشاهای دوقطبی ۱۳۰

فصل هفتم: الکترودیالیز و تصفیه آب

- ۷-۱ کلیات ۱۳۶
- ۷-۲ کیفیت آب ۱۳۶
- ۷-۳ سامانه‌های متعارف تصفیه آب آشامیدنی ۱۳۷
- ۷-۴ کاربرد فرآیندهای غشایی در تولید آب آشامیدنی ۱۴۰
- ۷-۵ کاربرد فرایند الکترودیالیز در نمک‌زدایی و خالص‌سازی آب‌های لب‌شور ۱۴۱
- ۷-۶ کاربرد الکترودیالیز در تصفیه آب‌های آشامیدنی آلوده به نیترات ۱۴۳

فصل هشتم: الکترودیالیز و تصفیه فاضلاب دباغی

- ۸-۱ کلیات ۱۵۰
- ۸-۲ خصوصیات فاضلاب تولید شده در صنایع فلزی ۱۵۱
- ۸-۳ تصفیه متعارف فاضلاب دباغی ۱۵۳
- ۸-۴ الکترودیالیز و تصفیه فاضلاب دباغی ۱۵۴
- ۸-۵ خلاصه نتایج ۱۵۷

فصل نهم: الکترودیالیز و تصفیه فاضلاب حاوی فسفات

- ۹-۱ کلیات ۱۶۲
- ۹-۲ استفاده از محلول‌های فسفات در صنایع فلزی ۱۶۳
- ۹-۳ تصفیه متعارف فاضلاب حاوی فسفات ۱۶۳
- ۹-۴ تصفیه تکمیلی فاضلاب حاوی فسفات توسط الکترودیالیز ۱۶۵
- ۹-۵ گرفتگی و رسوب‌گذاری غشاهای الکترودیالیز در تصفیه فاضلاب‌های فسفات ۱۶۷
- ۹-۶ خلاصه نتایج ۱۶۹

فصل دهم: الکترودیالیز و تصفیه فاضلاب پالایشگاه‌ها

- ۱۰-۱ بازیافت آب از فاضلاب تولیدی در پالایشگاه‌ها ۱۷۲
- ۱۰-۲ تصفیه متعارف فاضلاب پالایشگاه‌ها ۱۷۳
- ۱۰-۲-۱ تصفیه مقدماتی ۱۷۳

۱۷۴.....	۱۰-۲-۲ تصفیه اولیه
۱۷۵.....	۱۰-۲-۳ تصفیه ثانویه
۱۷۵.....	۱۰-۳ کاربرد الکترودیالیز برای تولید آب فرایند در پالایشگاه
۱۷۷.....	۱۰-۴ مقایسه الکترودیالیز معکوس با اسمز معکوس
۱۷۹.....	۱۰-۵ پیش تصفیه آب در فرایند الکترودیالیز معکوس
۱۸۱.....	۱۰-۶ مصرف انرژی
۱۸۲.....	۱۰-۷ نگهداری و کنترل بهره‌برداری
۱۸۴.....	۱۰-۸ خلاصه نتایج

فصل یازدهم: الکترودیالیز و بازیافت محلول‌های حاوی کروم شش ظرفیتی

۱۸۸.....	۱۱-۱ کلیات
۱۸۹.....	۱۱-۲ کاربرد کروم شش ظرفیتی در فرایندهای آبکاری
۱۸۹.....	۱۱-۳ خصوصیات و آلایندگی‌های محلول‌های حاوی کروم شش ظرفیتی
۱۹۰.....	۱۱-۴ تصفیه متعارف محلول‌های حاوی کروم شش ظرفیتی
۱۹۱.....	۱۱-۵ الکترودیالیز و بازیافت آب و محلول آبکاری کروم
۱۹۳.....	۱۱-۶ خلاصه نتایج

فصل دوازدهم: الکترودیالیز و تصفیه محلول‌های حاوی سیانید فلزی

۱۹۶.....	۱۲-۱ کلیات
۱۹۷.....	۱۲-۲ انتقال کمپلکس‌های سیانید فلزی از میان غشاهای تبادل یونی
۱۹۹.....	۱۲-۳ محلول‌های کمپلکس سیانید روی
۲۰۰.....	۱۲-۴ انتقال کمپلکس‌های سیانید روی از میان غشاهای تبادل یونی
۲۰۱.....	۱۲-۵ محلول‌های کمپلکس سیانید کادمیوم
۲۰۲.....	۱۲-۶ انتقال کمپلکس‌های سیانید کادمیوم از میان غشاهای تبادل یونی
۲۰۳.....	۱۲-۷ تأثیر حضور سایر یون‌های فلزی (مس، آهن، کروم)
۲۰۴.....	۱۲-۸ خلاصه نتایج
۲۰۷.....	اختصارات
۲۰۹.....	واژه‌نامه
۲۱۳.....	پیوست‌ها

مقدمه شرکت آب و فاضلاب شیراز

آب به عنوان یک منبع ضروری برای مصارف مختلف شرب، صنعت، کشاورزی و پایداری محیط زیست محسوب می‌شود. با لحاظ روند رو به رشد مصرف آب و آلاینده‌های متنوع حاصل از کاربردهای مختلف، نگاه به منابع آب و فرآیندهای مختلف تصفیه آب معطوف شده است. در این راستا، آگاه‌سازی جامعه نسبت به نقش آب در توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور نیز حائز اهمیت است.

صنعت آب و فاضلاب به دلیل تغییرات شرایط اقلیمی، ضرورت سازگاری با کم‌آبی و اهمیت بازچرخانی پساب، از جایگاه ویژه‌ای در توسعه پایدار برخوردار است. آبرسانی و تأمین آب شرب سالم و کافی به صورت پایدار به آحاد مردم، از رسالت‌های بنیادی شرکت‌های آب و فاضلاب محسوب می‌شود. کلیه مشترکین در حد استانداردهای ملی باید به آب شرب کافی و بهداشتی دسترسی داشته و همچنین امکانات جمع‌آوری، انتقال و تصفیه فاضلاب نیز به عنوان اولویت اساسی در سطح کشور فراهم گردد.

با توجه به اهمیت تأمین آب از منابع آب شور و لب شور و تصفیه فاضلاب‌های صنعتی در راستای برنامه‌های حفاظت از منابع آب و محیط زیست، امکان بهره‌گیری از فناوری‌های نوین از جمله سامانه‌های الکترودیالیز وجود دارد. این کتاب حاوی مطالب جامع و مفیدی در خصوص فرآیند الکترودیالیز، خصوصیات و کاربردهای آن در تصفیه آب و فاضلاب است که به‌خوبی توانسته است اطلاعات علمی و تخصصی را در اختیار قرار دهد. مطالعه این کتاب به اساتید دانشگاه، کارشناسان، دانشجویان، محققین و مهندسين علاقه‌مند به فناوری‌های غشایی توصیه می‌گردد. لازم است در پایان از زحمات کمیته تحقیقات شرکت آب و فاضلاب شیراز و مترجمین این کار ماندگار و همچنین از آقای مهندس یعقوبی دبیر کمیته علمی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تشکر و قدردانی گردد. امیدواریم نگارش این کتاب، گامی در راستای پیشرفت و تعالی صنعت آب و فاضلاب کشور باشد.

احمد سیاحی

مدیر کل دفتر تحقیقات، توسعه فناوری و ارتباط
با صنعت شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

ابوالفضل نظریپور

رئیس هیئت مدیره و مدیر عامل
شرکت آب و فاضلاب شیراز