

۱۴۹۰۲۷۸

۹۵/۱۱/۱۲

فرآیندهای الکتروشیمیایی و کاربردهای آن در تصفیه آب و فاسلاد

نویسندگان: دکتر ادريس حسين زاده

دکتر عباس رضایی

مهندس رضا براتی رشوانلو

گروه بهداشت محیط دانشگاه تربیت مدرس

حسین زاده، ادریس، ۱۳۶۵ -

فرایندهای الکتروشیمیایی و کاربردهای آن در تصفیه آب و فاضلاب / نویسندگان ادریس حسین زاده، عباس رضایی، رضا براتی رشوانلو؛ [به سفارش] گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه تربیت مدرس.

تهران: آرمان نگار، ۱۳۹۵.

د، ۴۸۷ ص.

شابک: 978-600-6604-75-6

موضوع: الکتروشیمی تجزیه، Electrochemical analysis؛ آب -- تصفیه، Water -- Purification؛

فاضلاب -- تصفیه، Sewage -- Purification.

شناسه افزوده: رضایی، عباس، ۱۳۶۱ -

شناسه افزوده: براتی رشوانلو، رضا، ۱۳۵۶ -

شناسه افزوده: دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده علوم پزشکی. گروه مهندسی بهداشت محیط

رده بندی کنگره: ۱۳۹۵ ۷ الف ۵ ح / QD۱۱۵

رده بندی دیویی: ۵۴۳/۰۸۷۱

شماره کتابشناسی ملی: ۴۴۹۲۱۸۲

فرایندهای الکتروشیمیایی و کاربردهای آن در تصفیه آب و فاضلاب

مؤلفان: دکتر ادریس حسین زاده، دکتر عباس رضایی، مهندس رضا براتی رشوانلو

ناشر: آرمان نگار

چاپ: بهار

نوبت چاپ: اول - ۳۹۰

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۳۰۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۶۰۴-۷۵-۶

«این کتاب پس از تصویب در مرکز تحقیقات و خودکفایی صنعتی شرکت آب و فاضلاب کشور، با حمایت ما

شرکت آب و فاضلاب خراسان شمالی (سهامی خاص) به چاپ رسیده است.»

فهرست مطالب

۲۱	 کلیات
۲۶	 روابط ریاضی مورد استفاده در الکترونیکی
۲۶	 رابطه نرنست
۲۷	 تغییر انرژی آزاد
۲۸	 انتقال جرم محدوده کننده جریان
۲۸	 رابطه کوتزل
۲۹	 قانون فارادی
۳۰	 فاکتورهای موثر بر سرعت واکنش و جریان
۳۰	 جریان، دانسیته جریان و سرعت
۳۳	 برگشت پذیری
۳۵	 کینتیک ها
۳۵	 اضافه ولتاژ
۳۵	 رابطه بوتلر-ولمر
۳۸	 رابطه تافل
۳۸	 روابط حاکم بر حالت های انتقال جرم
۳۹	 رابطه نرنست-پلانک
۳۹	 قانون انتشار فیک
۴۲	 پیل های الکتروشیمیایی

۴۵	مقاومت پیل؛ ظرفیت؛ مقاومت غیر قابل تنظیم
۴۹	مرور جامع آزمایشات الکتروشیمیایی
۵۳	فصل دوم:
۵۳	پیل‌های الکتروشیمیایی کاربردی
۵۳	مواد مورد استفاده
۵۳	طرح‌های کلی پیل
۵۴	پیل‌های دو الکترودی
۵۵	پیل‌های سه الکترودی
۵۷	پیل‌های الکتروشیمیایی با کاربردهای خاص
۵۷	پیل‌های جریان گذر
۶۳	پیل‌های لایه نازک (TLCs)
۶۵	پیل‌های اسید-والد روشیمیایی
۷۱	پیل‌های الکتروشیمیایی برای نمک‌های مذاب
۷۵	اتصال به یک خط حلال
۷۹	ایجاد و حفظ یک اتمسفر حلال
۸۱	فصل سوم:
۸۱	حلال‌ها و الکترولیت‌ها
۸۲	رسانایی الکترولیت
۸۷	پیل‌ها، الکترودها و الکترولیت‌ها
۸۹	ثابت‌های زمانی پیل
۹۰	حلال‌ها
۹۲	حلال‌های پروتون‌دار
۹۴	نیتریل‌ها
۹۴	مواد آلی هالوژن‌دار
۹۵	آمیدها
۹۵	سولفوکسیدها و سولفون‌ها

فهرست مطالب	۵
اترها، کربنات‌ها، لاکتون	۹۶
نمک‌ها	۹۶
الکترولیت‌های نامتعارف	۹۸
روش‌های تصفیه برای برخی حلال‌های رایج مورد استفاده در الکتروشیمی	۱۰۱
استونیتریل	۱۰۱
بوتیرونیتریل	۱۰۲
بنزونیتریل	۱۰۲
کربنات پریپلاست	۱۰۲
دی‌کلرومتان	۱۰۳
دی‌متیل فورمامید	۱۰۳
روش‌های تصفیه برای برخی از الکترولیت‌های رایج مورد استفاده در الکتروشیمی	۱۰۳
تترااتیل آمونیوم تترافلوروبورات	۱۰۳
تترااتیل آمونیوم تترافلوربورات	۱۰۴
تترااتیل آمونیوم هگزاfluorofosفات	۱۰۴
تتراابوتیل آمونیوم تترافلوروبورات	۱۰۴
تتراابوتیل آمونیوم هگزاfluorofosفات	۱۰۴
لیتیوم پرکلرات	۱۰۴
فصل چهارم:	۱۰۵
الکتروشیمی مرجع	۱۰۵
انتخاب یک الکترولیت مرجع	۱۰۵
تبدیل بین مقیاس‌های پتانسیل آبی	۱۰۶
اجزای اساسی الکترولیت مرجع	۱۰۶
جنس مواد بدنه	۱۰۷
آب بند بالایی	۱۰۹
اتصالات	۱۱۱
اتصالات به بدنه RE با اتصال انقباضی-حرارتی	۱۱۳
جزء فعال RE	۱۱۳

۱۱۴	جزئیات الکتروود ساخت آن
۱۱۴	الکتروود هیدروژن
۱۱۵	جزء فعال برای الکتروودهای هیدروژن
۱۱۷	تصفیه H_2 و پیش اشباع
۱۱۸	الکتروود هیدروژن نرمال (NHE) و الکتروود هیدروژن برگشت پذیر (RHE)
۱۱۹	الکتروودهای هیدروژن مناسب (CHE) / هیدروژن کامل (SCHE)
۱۲۱	الکتروود مرجع هیدروژن متحرک (DHRE)
۱۲۳	الکتروودهای جیوه‌ای
۱۲۵	الکتروود کالومل استاندارد (SCE)
۱۲۷	الکتروود مرجع سولفات جیوه
۱۳۰	الکتروود مرجع اکسید جیوه (II) ($Hg | HgO$)
۱۳۲	الکتروودهای نقره
۱۳۲	الکتروود مرجع کلرید نقره / نقره
۱۳۳	الکتروود مرجع کاترین / نقره / سولفات (Ag/Ag^+)
۱۳۵	الکتروودهای شبه مرجع (QRE)
۱۳۵	اتصالات
۱۳۶	محلول‌های پرکننده
۱۳۸	پل‌های نمکی
۱۴۰	الکتروودهای مرجع با اتصال دوگانه
۱۴۰	امپدانس الکتروود مرجع
۱۴۱	الکتروودهای مرجع: حلال‌های غیر آبی
۱۴۳	کالیبراسیون الکتروود مرجع
۱۴۳	کالیبراسیون با یک الکتروود مرجع دوم
۱۴۴	کالیبراسیون با استفاده از یک زوج ردوکس
۱۴۵	تعیین پتانسیل یک RE با یک زوج ردوکس
۱۴۶	تعیین پتانسیل با زوج ردوکس به عنوان استاندارد داخلی
۱۴۷	نگهداری

۷	فهرست مطالب
۱۴۷	انبار داری
۱۴۸	تمیز کردن اتصالات
۱۵۰	جایگزین نمودن محلول پر کننده
۱۵۰	احیای الکتروود مرجع
۱۵۰	ب یابی
۱۵۰	نکات ویژه
۱۵۰	اثرات فرکانس بالا
۱۵۵	الکتروودهای مرجع با مقیاس میکرو
۱۵۶	اثرات دما بر پتانسیل الکترود مرجع
۱۵۷	مل پنجم:
۱۵۷	کتروکواگولاسیون در تصفیه آب
۱۵۸	به تئوریک
۱۵۸	اصول الکتروکواگولاسیون
۱۶۱	واکنش‌ها در الکتروودها و تعیین الکتروودها
۱۶۵	کم اثر پذیر سازی و فعال سازی الکتروود
۱۶۵	مقایسه الکتروکواگولاسیون و انعقاد شیمیایی
۱۶۷	ح‌های معمول رآکتورهای EC
۱۶۹	تعیین جریان مایع
۱۶۹	طراحی پیل EC
۱۷۱	رآکتور با صفحه عمودی بلند
۱۷۲	رآکتورهای با صفحه طویل افقی
۱۷۳	رآکتورهای با صفحات کوتاه افقی
۱۷۴	رآکتورهای با صفحات سوراخدار
۱۷۵	رآکتور لوله‌ای توپر
۱۷۶	کتورهای اثرگذار بر الکتروکواگولاسیون
۱۷۶	دانشسته جریان یا بارگذاری بار الکتریکی
۱۷۹	رسانایی

۸ -----فرایندهای الکتروشیمیایی و کاربردهای آن در تصفیه آب و فاضلاب ►

۱۸۰	اثر کلراید بر فرآیند الکتروکواگولاسیون.....
۱۸۰	برای حذف کادمیوم.....
۱۸۰	برای حذف کروم.....
۱۸۰	برای حذف جلبک.....
۱۸۱	اثر دما.....
۱۸۱	اثر pH.....
۱۸۳	منبع برق.....
۱۸۴	الکتروکواگولاسیون AC در مقابل DC.....
۱۸۵	نکت کواگولاسیون با جریان متناوب (ACE).....
۱۸۶	مدت زمان الکترولیز.....
۱۸۶	غلظت ولیمه آله.....
۱۸۶	زمان مانند.....
۱۸۷	اثر سرعت بهم دن حلوا.....
۱۸۷	کم اثر شدن الکترون.....
۱۸۷	فاصله بین الکترودها.....
۱۸۸	تجزیه و تحلیل هزینه.....
۱۸۹	کاربرد الکتروکواگولاسیون در تصفیه آب.....
۱۸۹	حذف آرسنیک از آب با استفاده از فرآیند الکتروکواگولاسیون.....
۱۹۱	حذف سایر فلزات سنگین از آب با فرآیند EC.....
۱۹۳	حذف رنگ از آب به وسیله فرآیند EC.....
۱۹۶	فرآیند جدید EC-EF برای تصفیه فاضلاب.....
۱۹۹	سیانید.....
۲۰۰	حذف فلوراید.....
۲۰۲	حذف نیترات.....
۲۰۶	صافی‌های چکنده.....
۲۰۷	رآکتور با بستر مستغرق.....
۲۰۷	تماس دهنده‌های بیولوژیکی چرخان.....

۲۰۹	فهرست مطالب
۲۰۷	نولوزی بیو-فلوک
۲۰۸	ن لنها
۲۰۸	نولوزی بیوالکتروشیمی
۲۱۰	بیای الکتروشیمیایی نیترات
۲۱۴	ف فسفات
۲۱۵	ف سولفات و سولفید
۲۱۷	فیه گاز به روش الکتروشیمی
۲۲۱	ست ۱
۲۳۷	ست ۲:
۲۴۱	سل ششم:
۲۴۱	کتورهای الکتروشیمیایی برای ب ریای فلزات
۲۴۱	اع رآکتورهای به کار برده شده
۲۴۷	س الکترودها
۲۴۷	حدوده کاربرد
۲۴۹	سل هفتم:
۲۴۹	ناور سازی الکتریکی
۲۴۹	سول تئوری
۲۴۹	واکنشهای الکتروشیمیایی و میزان تولید گاز
۲۵۰	ولتاژ الکترولیز و مصرف ویژه انرژی
۲۵۰	ژگی های EF
۲۵۱	اندازه حباب ها
۲۵۲	بهره برداری
۲۵۳	گندزدایی و جداسازی همزمان
۲۵۳	کتورهای موثر بر شناور سازی الکتریکی
۲۵۳	اثر pH
۲۵۴	دانسیته جریان

۲۵۴	آرایش الکترودها.....
۲۵۷	مقایسه با سایر تکنولوژیهای شناور سازی.....
۲۵۸	الکترودهای مولد اکسیژن.....
۲۵۹	طرح‌های فرآیند EF.....
۲۶۴	فاضلاب‌های تصفیه شده با شناور سازی الکتریکی.....
۲۶۵	فصل هشتم:
۲۶۵	الکترواکسیداسیون.....
۲۶۵	فرآیندهای غیرمستقیم الکترواکسیداسیون.....
۲۶۸	اکسیداسیون مستقیم آندی.....
۲۷۰	اضافه ولتاژ به لایه اکسیژن.....
۲۷۲	عملگر اکسیداسیون آندی.....
۲۸۳	راکتورهای سه فاز در الکترواکسیداسیون.....
۲۸۵	حذف آلاینده‌ها از آب و فاضلاب با استفاده از تکنیک EO.....
۲۸۵	حذف سیانید.....
۲۸۶	حذف نیترات و نیتريت.....
۲۹۰	احیای الکتریکی.....
۲۹۷	فصل نهم:
۲۹۷	حذف رنگ از فاضلاب با فرآیند الکتروشیمیایی.....
۲۹۷	اهمیت فاضلاب صنایع نساجی.....
۳۰۲	روشهای الکتروشیمیایی مورد استفاده جهت تصفیه فاضلاب رنگ.....
۳۰۲	روشهای الکتروکواگولاسیون.....
۳۰۶	روشهای احیای الکتروشیمیایی.....
۳۰۶	اکسیداسیون الکتروشیمیایی.....
۳۰۷	اکسیداسیون غیرمستقیم.....
۳۰۸	الکتروشیمیایی با کمک نور.....
۳۱۱	فصل دهم:

۱۱	فهرست مطالب
۳۱۱	فرآیند الکتروشیمیایی سه بعدی
۳۱۱	تعریف
۳۱۳	مکانیسم
۳۱۵	جذب سطحی/جذب الکتریکی
۳۱۵	اکسیداسیون/تجزیه کاتالیستی
۳۱۶	الکتروکواگولاسیون
۳۱۶	جنس الکترودها
۳۱۷	جنس آند
۳۱۸	جنس کاتد
۳۱۸	الکتروود ذره‌ای
۳۱۹	الکترودهای ذره‌ای متداول
۳۱۹	کاتالیست‌های هتروژن
۳۲۰	ساختار رآکتور 3D
۳۲۱	بستر ثابت
۳۲۲	بستر سیال
۳۲۳	تاثیر پارامترهای بهره برداری
۳۲۳	تاثیر ولتاژ پیل/دانسیتة جریان
۳۲۴	اثر جریان هوا
۳۲۴	اثر زمان تصفیه
۳۲۴	اثر pH
۳۲۴	اثر غلظت اولیه
۳۲۶	احیای جاذب
۳۲۹	نکاتی در مورد سیستم‌های 3D
۳۳۱	فصل یازدهم:
۳۳۱	گندزدایی آب به روش الکتروشیمی
۳۳۲	فرآیندهای کلی برای گندزدایی آب
۳۳۴	تولید کلر آزاد از کلراید موجود در آب

۱۲ -----فرآیندهای الکتروشیمیایی و کاربردهای آن در تصفیه آب و فاضلاب ►

- ۳۴۳ احتیاطهای لازم برای تشکیل ClO_2 در تجهیزات گندزدایی الکتروشیمیایی آب
- ۳۴۶ گندزدایی الکتروشیمیایی آب بدون افزودن بافر
- ۳۴۷ اضافه کردن بافر به آب برای گندزدایی الکتروشیمیایی
- ۳۴۷ تولید ازن
- ۳۴۹ گندزدایی یا کاهش جرم باکتریایی به وسیله اکسیژن تولید شده به روش الکتروشیمیایی
- ۳۴۹ گندزدایی به وسیله پروکسید هیدروژن تولید شده به طریق کاتدی

۳۵۱ فصل دوازدهم:

۳۵۱ فلات عملکرد آن در تصفیه آب و فاضلاب

۳۵۱ مقایسه‌ای در مورد فرات

۳۵۳ تولید فرات

۳۵۳ تولید فرات به روش الکتروشیمیایی

۳۵۴ کینتیک‌ها

۳۵۵ آند

۳۵۶ نسبت اجزای تشکیل دهنده آند

۳۵۷ تخلخل آند

۳۵۸ لایه غیرفعال کننده آند

۳۵۹ الکترولیت

۳۶۰ دانسیته جریان

۳۶۰ آرایش الکترودها

۳۶۱ فصل سیزدهم:

۳۶۱ انواع پیل‌های سوختی

۳۶۱ پیل سوختی هوا - روی

۳۶۲ پیل سوختی پلیمری

۳۶۳ پیل سوختی قلبایی

۳۶۶ پیل سوختی اکسید جامد

۳۶۷ پیل سوختی سرامیکی پروتونی

۳۶۷	.....	پیل سوختی کربنات مذاب
۳۶۹	.....	پیل سوختی متانولی
۳۷۰	.....	پیل سوختی اسیدفرمیک
۳۷۱	.....	پیل سوختی هیبرید فلزی
۳۷۲	.....	پیل سوختی احیاء کننده
۳۷۲	.....	پیل سوختی PEM احیاء کننده
۳۷۲	.....	پیل سوختی متانولی بهسازی شده
۳۷۳	.....	پیل سوختی کربنی مستقیم
۳۷۳	.....	پیل سوختی الکترولای
۳۷۴	.....	پیل سوختی بروهیدریا مستقیم
۳۷۵	.....	پیل های سوختی اتانولی مستقیم
۳۷۶	.....	پیل سوختی میکروبی
۳۷۶	.....	پیل سوختی میکروبی کم واسطه
۳۷۹	.....	پیل های سوختی میکروبی
۳۸۲	.....	تاربردها و مفاهیم کلی
۳۸۵	.....	توانب زیست محیطی استفاده از پیل های سوختی میکروبی
۳۸۵	.....	حذف ترکیبات پایدار
۳۸۷	.....	کاهش گازهای گلخانه ای
۳۸۷	.....	حذف/بازیابی فلزات سنگین
۳۸۸	.....	یونسسورها و پایش زیست محیطی
۳۸۸	.....	نرزی و تصفیه فاضلاب
۳۹۱	.....	هضم بی هوازی توسط الکتروود
۳۹۲	.....	ولید محصول
۳۹۲	.....	نمک زدایی
۳۹۳	.....	تولید پروکسید هیدروژن و سود سوزآور
۳۹۴	.....	الکل ها و اسیدهای آلی
۳۹۵	.....	تولید انواع مواد سوختی و شیمیایی

۱۴-----فرایندهای الکتروشیمیایی و کاربردهای آن در تصفیه آب و فاضلاب

۳۹۵	هیدروژن
۳۹۷	متان
۳۹۸	اتانول
۳۹۹	اصول و تکنولوژی پیل سوختی میکروبی
۴۰۱	مواد و روش‌ها
۴۰۲	رسوبات، گیاهان و فتوسنتز کننده‌ها در یک BES
۴۰۳	الزامات طراحی BES ها
۴۰۵	مراجعه و آرایش فضایی
۴۰۶	نحوه قرارگیری رآکتور MFC
۴۰۸	نحوه اتصال سیستم به هم
۴۰۸	استراتژی اول
۴۰۹	استراتژی دوم
۴۱۰	استراتژی سوم
۴۱۱	انواع سوبسترای مورد استفاده در MFC
۴۱۲	استات
۴۱۳	گلوکز
۴۱۴	بیومس لیگنوسلولز
۴۱۵	فاضلاب سنتتیک
۴۱۵	فاضلاب کارخانه‌های آبیج سازی
۴۱۶	فاضلاب کارخانه فرآوری نشاسته
۴۱۶	فاضلاب‌های حاوی رنگ
۴۱۷	شیرآبه لندفیل
۴۱۷	سلولز و کیتین
۴۱۸	نور خورشید
۴۱۹	سوبسترای غیرآلی و دیگر انواع سوبستراها
۴۲۳	الکترون دهنده‌ها
۴۲۳	پذیرنده‌های الکترون

۴۲۳	تنوع متابولیکی
۴۲۴	انتخاب جنس الکتروود
۴۲۵	بوکاتنها در MFC
۴۳۰	جنس کاتد برای کاربرد در MFC
۴۳۰	کاتدهای هوا و هوای محلول با کاتالیست
۴۳۳	کاتدهای هوا و هوای محلول بدون کاتالیست
۴۳۴	بیوکاتالیستهای فتوسنتزی
۴۳۵	عملکرد کاتد
۴۳۵	اضافه پتاسیل در احیای اکسیژن
۴۳۹	رشد شدن الکترون از مواد آلی
۴۴۰	کانیسمهای انتقال الکترون به الکتروود
۴۴۴	میکروارگانیسمهایی که خود بیابانیهای مورد نیاز خویش را تولید می نمایند
۴۴۶	انتقال مستقیم الکترون به الکتروود
۴۴۷	کانیسمهای انتقال الکترون به الکتروود
۴۵۰	الکتروودها به عنوان یک الکترون دهنده
۴۵۱	اکسیداسیون مواد آلی به وسیله الکتروسیژنها
۴۵۳	دیگر انواع الکتروسیژنها
۴۵۶	عملکرد غشای تبادل پروتون
۴۶۰	وسانات pH بیوفیلم
۴۶۱	تغییرات pH غشا
۴۶۴	محیط کشت های خالص و جوامع میکروبی مخلوط
۴۶۵	قابلیت باکتریهای متانوزن
۴۶۶	تغییرات pH بیوفیلم
۴۶۷	ملفات پتاسیل الکترون
۴۶۹	ملفات اهمی (میزان رسانایی فاضلاب و مقاومت الکتروود)

◀ ۱۶ -----فرآیندهای الکتروشیمیایی و کاربردهای آن در تصفیه آب و فاضلاب ▶

ارزیابی عملکرد MCF ۴۷۲

اندازه گیرهای الکتروشیمیایی ۴۷۲

مقاومت صوری الکتروشیمیایی (EIS) ۴۷۹

مدل سازی ۴۸۱

اصطلاحات مورد استفاده ۴۸۱

www.ketab.ir

پیشگفتار

گسترش روزافزون جوامع بشری و توسعه صنعتی هرچند امتیازات ویژه‌ای را به ارمغان آورده است، اما یکی از نتایج این فعالیت‌ها افزایش مصرف آب و تولید بیشتر فاضلاب می‌باشد. آب از جمله عوامل مورد نیاز جوامع انسانی است که دسترسی به آن توسعه اقتصادی- اجتماعی، صنعتی و ارتقاء بهداشت جوامع را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آلودگی‌های منابع آب و محیط‌زیست، سلامت و بهداشت جمع بشری را به خطر انداخته و استفاده مناسب از منابع محیط‌زیست را دچار اختلال می‌نماید. از این رو در بسیاری از کشورهای دنیا قوانین خاصی برای مقابله با این مشکل تدوین شده و استانداردهای مشخصی برای جلوگیری از اثرات سوء احتمالی فاضلاب‌ها وضع گردیده است. به منظور اتخاذ استانداردهای زیست محیطی پیشنهادی، استفاده از روش‌های نوین تصفیه‌ای اجتناب ناپذیر می‌باشد. در سال‌های اخیر فن‌آوری‌های تصفیه فاضلاب با یک تحول عمیق به علت تغییرات اساسی در مقررات حاکم بر دفع آلاینده‌های خطرناک روبرو شده است. یکی از فن‌آوری‌های نوین پیشنهادی، فرآیندهای الکتروشیمیایی می‌باشد. فن‌آوری‌های الکتروشیمیایی بصورت سنتی جهت تهیه فاضلاب حاوی فلزات سنگین مطرح شده‌اند. با این وجود، اکسیداسیون آلاینده‌های آلی مقاوم آلی نیز از راهبردهای مطرح در این فرآیند است. در حال حاضر، روش‌های اکسیداسیون الکتروشیمیایی به عنوان یک فرایند اکسیداسیون پیشرفته مطرح گردیده‌اند. توسعه روش‌هایی که توسط آن‌ها اکسیداسیون آلاینده‌های آلی از طریق تسریع تشکیل رادیکال‌های هیدروکسیل فعال صورت می‌پذیرد تحول اساسی را در این خصوص ایجاد کرده است. لذا شناخت اصول و کلیات فرآیندهای الکتروشیمیایی و مسائل و مشکلات مرتبط با آن در حوزه آب و فاضلاب از

◀ ۱۸ ----- ▶ فرآیندهای الکتروشیمیایی و کاربردهای آن در تصفیه آب و فاضلاب ▶

جمله مباحثی است که لازم است کارشناسان مختلف فعال در این زمینه، با آن آشنایی لازم را داشته باشند. در این کتاب سعی شده است که فرآیند الکتروشیمیایی از دیدگاههای مختلف علمی و اجرایی مورد بررسی قرار گیرد و مطالب به نحوی ارائه شود که محققان و افراد دست اندر کار با فرآیندهای تصفیه فاضلاب و با ابعاد مختلف این فرآیند آشنا شوند. امید است که این کتاب گامی مفید در بهینه سازی محیط زیست و توسعه پایدار باشد.

مؤلفان

پاییز ۹۵

www.ketab.ir