

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه سمنان

عملکرد مواد و غشاهای نانو ساختار در تصفیه آب

مترجمان

دکتر فرجس کرامتی

(عضو هیأت علمی دانشگاه سمنان)

مهندس فرزانه سعادت‌ی

(دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - نانو مهندسی شیمی دانشگاه سمنان)

عنوان و نام پدیدآور : عملکرد مواد و غشاهای نانو ساختار در تصفیه آب / اویراستاران مایکل دوک، دونگیوان جائو، رافائل سمیات؛ مترجمان نرجس کرامتی، فرزانه سعادت.	
مشخصات نشر : سمنان: دانشگاه سمنان، انتشارات، ۱۳۹۶.	
مشخصات ظاهری : ۴۷۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.	شابک: 978-600-8424-41-3
وضعیت فهرست نویسی : فیپا	
یادداشت : Functional nanostructured materials and membranes for water treatment, c2013.	عنوان اصلی :
یادداشت : واژه نامه موضوع: آب - تصفیه	موضوع: Water -- Purification
موضوع : آب -- تصفیه -- پالایش غشا موضوع: Nanotechnology	موضوع: Water -- Purification -- Membrane filtration
موضوع : نانو تکنولوژی	موضوع: Nanotechnology
شناسه افزوده : دوک، مایکل، ویراستار	شناسه افزوده: Duke, Mikel
شناسه افزوده : جائو، دونگیوان، ۱۹۶۳ - م، ویراستار	شناسه افزوده: Zhao, Dongyuan
شناسه افزوده : سمیات، رافائل، ویراستار	شناسه افزوده: Semiat, Raphael
شناسه افزوده : کرامتی، نرجس، مترجم	شناسه افزوده: مترجم
شناسه افزوده : دانشگاه سمنان، انتشارات	شناسه افزوده: TD ۴۳۰/ع۸ ۱۳۹۶
شناسه افزوده : ۶۲۸/۱۶۲	شماره کتابشناسی ملی: ۴۷۲۱۲۸۴



عملکرد مواد و غشاهای نانو ساختار در تصفیه آب

مترجمان : دکتر نرجس کرامتی - مهندس فرزانه سعادت

طرح جلد: اسماعیل شجاعی

نوبت چاپ : اول - تابستان ۱۳۹۶

ناشر: انتشارات دانشگاه سمنان

شمارگان : ۲۰۰ جلد

قیمت: ۳۴۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-8424-41-3



شابک :

حق چاپ محفوظ و متعلق به انتشارات دانشگاه سمنان می باشد.

مراکز پخش: سمنان: روبروی پارک سوکان - پردیس شماره ۱ - انتشارات دانشگاه سمنان - تلفن: ۰۲۳۳۳۴۵۴۱۴۲ و ۰۲۳۳۱۵۳۳۲۷۰

وب سایت: www.press.semnan.ac.ir

تهران: میدان انقلاب - ابتدای خیابان ۱۲ فروردین - پلاک ۹ - تلفن: ۰۲۱۶۶۹۶۱۱۴-۱۵ - انتشارات سیمای دانش

پیشگفتار

ارزش انسان ز علم و معرفت پیدا شود
در مسیر زندگی هرگز نمی‌افتد به چاه

بی‌هنر گر دعوی بیجا کند رسوا شود
با چراغ دین و دانش، گر بشر بینا شود

نانو مواد، علم در حال ظهوری است که دستاوردهای فراوانی در دو دهه گذشته داشته است. نام فناوری نانو، در اصل توسط نوریو تانیگوچی^۱ از دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ ابداع شد. به نظر می‌رسد که ظهور پژوهش‌های فناوری نانو بعد از اختراع میکروسکوپ تونل‌ی روبشی در ۱۹۸۱ و کشف فولرین در ۱۹۸۵ باشد. بنابراین از آن زمان، علاوه بر مفهوم طرفت‌شناسی، مشخصه‌یابی مواد نانوساختار به دست آمده و این نشانه آغاز حوزه علوم اختصاصی نانو شده به مقیاس نانو است.

فناوری نانو در اساس، حیطه علم مربوط به دستکاری ماده یا نظریه در مقیاس اتمی یا مولکولی است. در اینجا این ویژگی جدید و هیجان انگیزی کشف شده است که می‌تواند بر طول موج نور، افزایش بهره‌وری کاتالیزورها، نفوذ انتخابی مولکول‌های کوچک و حتی اجازه نفوذ ذرات به غشاهای سلولی زنده را بدهد. توجه شود که جهان طبیعی بر اساس مواد نانوساختار در طول تکامل استوار بوده است و در نتیجه، انسان نیاز به ابزارهایی برای کشف ویژگی مواد در اندازه ۱ تا ۱۰۰ نانومتر دارد. در حال حاضر در سراسر جهان، دولت‌ها میلیاردها دلار بطور خاص در فناوری نانو سرمایه‌گذاری کرده‌اند. در حالی که این صنعت می‌تواند مزایای مختلفی از جمله در تولید انرژی، مواد غذایی، استخراج معادن و مهار الکترونیک داشته باشد، این کتاب بر روی پیشرفت تصفیه آب تمرکز دارد.

آب همیشه عامل ضروری برای زندگی ما بوده و بنابراین دارنده حیثیتی برای انجام تلاش‌های محققان برای تضمین منابع آب پایدار و کاهش آلودگی آب وجود دارد. تصفیه آب محلی بیشتر در حوزه علم غشایی است. این کتاب، بررسی جامعی از پیشرفت‌های فناوری نانو در فرآیندهای غشایی برای تصفیه را انجام داده است.

^۱ Norio Taniguchi

در پایان، از خدمات و همکاری صمیمانه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه سمنان و مسئول انتشارات دانشگاه سمنان در جهت چاپ و انتشار سریع کتاب و آقای اسماعیل شجاعی در جهت طرح روی جلد و صفحه آرائی تقدیر و سپاسگزاری می‌شود.

www.ketab.ir

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۶	فهرست مطالب
۱۵	فصل اول
۱۵	توسعه فناوری نانو در تصفیه و نمک‌زدایی آب
۱۵	۱-۱ آینده تصفیه آب: هدف تلاش‌های ما کجا باید باشد؟
۱۷	۱-۲ ملاحظات کاربردی برای توسعه دهندگان فناوری نانو
۱۸	۱-۳ بارر تصفیه آب برای فناوری جدید نانو
۱۹	۱-۴ هدف این کتاب
۲۱	۱-۵ نتیجه‌گیری
۲۲	منابع فصل اول
۲۳	فصل دوم
۲۳	تخریب مواد آلی موجود در آب به وسیله ذرات آهن
۲۳	۲-۱ مقدمه
۲۴	۲-۲ نانو ذرات به عنوان کاتالیزورها
۲۵	۲-۲-۱ نانو ذرات کلونیدی
۲۶	۲-۲-۲ نانو ذرات تثبیت شده
۲۸	۲-۳ فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته
۳۰	۲-۳-۱ واکنش‌های شبه فنتون
۳۱	۲-۳-۲ اکسید آهن به عنوان نانوکاتالیزور ناهمگن
۳۵	۲-۳-۲ واکنش‌های فوتوفنتون
۳۷	۲-۳-۳ اکسیداسیون مرطوب نانوکاتالیزوری
۳۹	۲-۴ نانو ذرات آهن صفر ظرفیتی

۴۲	۱-۴-۲ روش‌های سنتز
۴۳	۱-۴-۲-۱ آهن صفر ظرفیتی معلق شده
۴۵	۲-۴-۲ مکانیزم تخریب
۴۹	۳-۴-۲ کاربرد میدانی نانو ذرات آهن صفر ظرفیتی
۵۱	۵-۲ نانو ذرات آهن صفر ظرفیتی دو فلزی
۵۵	۶-۲ خلاصه
۵۶	منابع فصل دوم
۶۱	فصل سوم
۶۱	کاربرد حسگری نانوکاتالیزور دی اکسید تیتانیوم
۶۱	۱-۳ پیش زمینه
۶۲	۱-۱-۳ نانو فوتوکاتالیزور دی اکسید تیتانیم
۶۵	۲-۱-۳ نانو فوتوالکتروکاتالیزور دی اکسید تیتانیم
۶۷	۲-۳ ساخت فوتوآندهای دی اکسید تیتانیوم
۶۷	۱-۲-۳ روش‌های عمومی ساخت و سوبستراها برای فوتوآندها
۶۸	۲-۲-۳ فوتوآند الماس دوپ شده با بور-دی اکسید تیتانیوم
۶۹	۳-۲-۳ فوتوآند فاز مخلوط دی اکسید تیتانیوم
۷۱	۴-۲-۳ فوتوآند کامپوزیت دی اکسید تیتانیوم-نانو لوله‌های کربنی
۷۲	۳-۳ کاربرد حسگر فوتوکاتالیزور دی اکسید تیتانیوم
۷۳	۱-۳-۳ تخمین فوتوکاتالیزوری برای کل کربن آلی
۷۵	۲-۳-۳ تخمین فوتوکاتالیزوری برای اکسیژن خواهی شیمیایی
۸۰	۴-۳ کاربرد حسگر فوتوالکتروکاتالیزوری دی اکسید تیتانیوم
۸۰	۱-۴-۳ فوتوآند دی اکسید تیتانیوم پروبی برای تعیین اکسیژن خواهی شیمیایی

۸۴	۲-۴-۳ حالت تخریب کامل برای تعیین اکسیژن خواهی شیمیایی
۸۸	۳-۴-۳ حالت اکسیداسیون جزئی در تعیین اکسیژن خواهی شیمیایی
۹۰	۴-۴-۳ لامپهای فرابنفش برای حسگر فوتوالکتروشیمیایی در مقیاس کوچک
۹۱	۳-۴-۵ آشکارساز جامع فوتوالکتروشیمیایی برای ترکیبات آلی
۹۴	۳-۵ حسگر فوتوکاتالیزوری گاز
۹۴	۳-۵-۱ تولید فوتوالکتروکاتالیزوری سیگنال تحلیلی
۹۵	۳-۵-۲ نمودار تیز شوندگی سطح بصورت فوتوکاتالیزوری برای افزایش سیگنال تحلیلی
۹۶	۳-۶ نتیجه گیری
۹۸	منابع فصل سوم
۱۰۷	فصل چهارم
۱۰۷	تصفیه آب با مواد مزوحفره
۱۰۸	۴-۱ جذب یون های فلزی سنگین
۱۱۵	۴-۲ جذب آنیون ها
۱۱۷	۴-۳ جذب آلاینده های آلی
۱۲۲	۴-۴ اصلاح چند منظوره جاذب ها
۱۲۵	۴-۵ تخریب فوتوکاتالیزوری آلاینده های آلی
۱۲۹	۴-۶ نتیجه گیری و چشم انداز
۱۳۱	منابع فصل چهارم
۱۳۳	فصل پنجم
۱۳۳	نانو ساختار کردن سطح غشاء با زنجیره های پلیمری
۱۳۳	۵-۱ مقدمه
۱۳۵	۵-۲ گرفتگی غشاء

۱۳۹	۳-۵ رویکردهای کاهش گرفتگی و پوسته گذاری غشاء
۱۴۲	۴-۵ ساختاردهی سطح غشاء از طریق پلیمریزاسیون پیوندی
۱۴۲	۵-۴-۱ بررسی اجمالی
۱۴۳	۵-۴-۲ طرح های واکنش برای پلیمریزاسیون پیوندی
۱۴۶	۵-۴-۳ فعال سازی سطحی با مونومرهای وینیل
۱۴۶	۵-۴-۴ فعال سازی سطح با آغازگرهای شیمیایی
۱۴۹	۵-۴-۵ پلیمریزاسیون پیوندی تابشی-القاء شده
۱۵۰	۵-۴-۵ پلیمریزاسیون پیوندی القاء شده با پرتو گاما
۱۵۲	۵-۴-۵ پلیمریزاسیون پیوندی القاء شده با ماورا بنفش
۱۵۵	۵-۴-۶ پلیمریزاسیون پیوندی القاء شده با پلاسما
۱۵۹	۵-۵ خلاصه
۱۶۴	منابع فصل پنجم
۱۸۱	فصل ششم
۱۸۱	پیشرفت های اخیر در غشاهای تعویض یونی در آب های سخت زدایی
۱۸۱	۶-۱ مقدمه
۱۸۲	۶-۲ اساس غشاهای تعویض یونی و پدیده های انتقال در آنها
۱۸۴	۶-۲-۱ انتقال یون در میان غشاهای تعویض یونی
۱۸۵	۶-۲-۲ پلاریزاسیون غلظتی و دانسیته جریان محدود کننده
۱۸۶	۶-۲-۲-۱ دانسیته جریان فوق محدود کننده
۱۸۷	۶-۲-۲-۲ تجزیه آب
۱۸۸	۶-۲-۲-۳ جابجایی گرانشی
۱۸۹	۶-۲-۲-۴ جابجایی الکتریکی

۱۸۹	۳-۲-۶ ناهمگنی سطح و ساختار غشاهای تعویض یونی
۱۹۵	۳-۶ توسعه مواد
۱۹۵	۱-۳-۶ توسعه غشاهای تعویض یونی بر پایه پلیمر
۱۹۵	۱-۱-۳-۶ اصلاح مستقیم ستون فقرات پلیمر
۲۰۰	۲-۱-۳-۶ پلیمریزاسیون مستقیم واحدهای مونومر
۲۰۲	۳-۱-۳-۶ بر القا شده بر غشاهای فیلمی
۲۰۴	۲-۳-۶ غشاهای تعویض یونی کامپوزیتی
۲۰۸	۳-۳-۶ غشاهای خالص
۲۱۱	۱-۳-۳-۶ بهبود خاصیت انتقالی
۲۱۲	۴-۶ وضعیت آینده غشاهای تعویض یونی
۲۱۳	۱-۴-۶ سیستم تلفیقی
۲۱۴	۲-۴-۶ نمکزدایی آب دریا در مقیاس کوچک
۲۱۵	۵-۶ نتیجه گیری
۲۱۸	منابع فصل ششم
۲۲۹	فصل هفتم
۲۲۹	غشاهای نانوکامپوزیتی لایه نازک برای نمکزدایی آب
۲۲۹	۱-۷ مقدمه
۲۳۴	۲-۷ ساخت و مشخصه یابی پرکن های غیر آلی
۲۴۰	۳-۷ ساخت و مشخصه یابی غشاهای کامپوزیتی لایه نازک و نانو کامپوزیتی لایه نازک
۲۴۰	۱-۳-۷ پلیمریزاسیون بین سطحی
۲۴۲	۲-۳-۷ پلیمریزاسیون بین سطحی با پرکن های غیر آلی

۲۴۶	۳-۳-۷ مشخصه‌یابی غشاهای نانو کامپوزیتی لایه نازک یا کامپوزیتی لایه نازک
۲۴۹	۴-۷ ویژگی غشایی مناسب توسط افزودن پرکن‌ها
۲۵۰	۱-۴-۷ تراوایی آب و دفع نمک
۲۵۶	۲-۴-۷ مقاومت در برابر گرفتگی، پایداری در برابر کلر و ویژگی دیگر
۲۵۸	۵-۷ تجاری سازی و پیشرفت‌های بیشتر غشاهای نانو کامپوزیتی لایه نازک
۲۶۰	۶-۷ جمع‌بندی
۲۶۲	منابع فصل هفتم
۲۷۱	فصل هشتم
۲۷۱	کاربرد غشاهای سرامیکی در تصفیه آب
۲۷۱	۱-۸ مقدمه
۲۷۲	۲-۸ آماده‌سازی غشاء
۲۷۳	۱-۲-۸ اکستروژن
۲۷۳	۲-۲-۸ روش سل-ژل
۲۷۶	۳-۸ شفاف‌سازی آب سطحی و آب دریا با استفاده از غشاهای سرامیکی
۲۷۶	۱-۳-۸ میکروفیلتراسیون آب سطحی با غشای سرامیکی
۲۷۷	۱-۱-۳-۸ پیش‌تصفیه با لخته‌سازی و انعقاد
۲۷۷	۲-۱-۳-۸ تاثیر فشار درون غشایی و سرعت جریان عبوری
۲۷۸	۳-۱-۳-۸ شستشو با امواج مافوق صوت
۲۷۹	۴-۱-۳-۸ تلفیق از ناسیون و آلترافیلتراسیون سرامیکی
۲۷۹	۵-۱-۳-۸ کاربردهای غشاء سرامیکی برای پژوهشهای آب در مقیاس صنعتی
۲۸۰	۲-۳-۸ پیش‌تصفیه آب دریا با اسمز معکوس با استفاده از غشاهای سرامیکی
۲۸۰	۱-۲-۳-۸ تاثیر پارامترهای عملیاتی

۲۸۱	۸-۳-۲ کاربرد غشای سرامیکی برای واحد اسمز معکوس آب دریا در مقیاس صنعتی
۲۸۲	۸-۴ کاربرد غشاء سرامیکی در میکروفیلتراسیون و آلترافیلتراسیون پساب
۲۸۴	۸-۴-۱ میکروساختار غشاها
۲۸۶	۸-۴-۲ ویژگی سطحی غشاهای سرامیکی
۲۸۶	۸-۴-۳-۱ قابلیت ترشوندگی
۲۸۷	۸-۴-۳-۲ ویژگی بار سطحی
۲۹۰	۸-۴-۳-۳ فرایند صنعتی
۲۹۴	۸-۵ نتیجه گیری و چشم انداز
۲۹۶	منابع فصل هشتم
۳۰۱	فصل نهم
۳۰۱	غشاهای ژئولیتی عاملدار برای تصفیه و نمک زدایی آب
۳۰۱	۹-۱ مقدمه
۳۰۳	۹-۲ آماده سازی غشاهای ژئولیتی
۳۰۴	۹-۲-۱ کریستالیزاسیون مستقیم در محل
۳۰۵	۹-۲-۲ رشد ثانویه دانه بندی
۳۰۹	۹-۲-۳ سنتز مایکروویو
۳۱۴	۹-۲-۴ تصفیه پس از سنتز
۳۱۶	۹-۳ غشاهای ژئولیتی برای تصفیه آب
۳۱۶	۹-۳-۱ غشاهای ژئولیتی برای نمک زدایی
۳۲۵	۹-۳-۲ غشاهای ژئولیتی برای تصفیه آب
۳۲۸	۹-۳-۳ راکتورهای بر پایه غشاهای ژئولیتی برای تصفیه آب

۳۳۱	۴-۹ نتیجه گیری و چشم انداز
۳۳۲	منابع فصل نهم
۳۴۱	فصل دهم
۳۴۱	مدل سازی مقیاس مولکولی فرایندهای غشایی تصفیه آب
۳۴۱	۱-۱۰ مقدمه
۳۴۲	۲-۱۰ شبیه سازی مولکولی غشای پلیمری برای تصفیه آب
۳۴۳	۱-۲-۱۰ شاهای اسمز معکوس: سنتز، ساختار و ویژگی
۳۴۹	۲-۲-۱۰ رویکردهای مدل سازی غشاهای پلیمری
۳۵۸	۳-۲-۱۰ شبیه سازی رفتارهای انتقال آب و حل شونده
۳۶۵	۴-۲-۱۰ ملاحظات جمع بندی
۳۶۶	۳-۱۰ شبیه سازی مولکولی ششای تک زدایی غیر آلی
۳۶۸	۱-۳-۱۰ مدل سازی زئولیت ها
۳۷۰	۲-۳-۱۰ رفتار آب درون زئولیت ها
۳۷۸	۳-۳-۱۰ زئولیت ها و یون های نمکی
۳۸۱	۴-۳-۱۰ ملاحظات جمع بندی
۳۸۲	۴-۱۰ شبیه سازی مولکولی گرفتگی غشاء
۳۸۴	۱-۴-۱۰ مدل سازی مولکولی گرفتگی های بالقوه آلی
۳۹۳	۲-۴-۱۰ مدل سازی گرفتگی غشاء
۳۹۸	۳-۴-۱۰ دستورالعمل های آینده
۴۰۰	۴-۴-۱۰ نتیجه گیری
۴۰۲	منابع فصل دهم
۴۱۳	فصل یازدهم

۴۱۳	توانایی‌های آینده نانو فناوری در تصفیه آب
۴۱۳	۱-۱۱ نانو لوله‌ها
۴۱۴	۱-۱-۱۱ جریان مولکولی سریع
۴۱۵	۲-۱-۱۱ نانو لوله‌های کربنی به عنوان الیاف‌های با استحکام
۴۱۷	۳-۱-۱۱ نسبت ابعاد بالا
۴۱۸	۴-۱-۱۱ هدایت الکتریکی
۴۱۸	۳-۱۱ گرافین
۴۱۸	۱-۲-۱۱ مواد حامل مافن
۴۱۹	۲-۲-۱۱ نمک‌زدایی و جذب سطحی فلزات سنگین
۴۱۹	۳-۲-۱۱ کاتالیست کم‌کربن
۴۲۰	۳-۱۱ آکوپورین‌ها
۴۲۱	۴-۱۱ چهارچوب‌های آل-فلزی، ایمیدازولید-پولیتری و آل-پلیمری
۴۲۴	۵-۱۱ نتیجه‌گیری
۴۲۵	منابع فصل یازدهم
۴۲۸	جدول پیوست-۱ خلاصه روش‌های پلیمریزاسیون پیوند آغار شده بطور شیمیایی
۴۳۱	جدول پیوست-۲ خلاصه روش‌های پلیمریزاسیون پیوند القا شده با ماورا بنفش
۴۳۶	جدول پیوست-۳ خلاصه روش‌های پلیمریزاسیون پیوند القا شده با گاما
۴۳۸	جدول پیوست-۴ خلاصه روش‌های پلیمریزاسیون پیوند القا شده با پلاسما
۴۴۱	جدول پیوست-۵ ویژگی تعدادی از غشاهای تعویض یونی تجاری
	جدول پیوست-۶ خلاصه وضعیت ساخت و ویژگی غشاهای اسمز معکوس پلی‌آمیدی نانو
۴۴۶	کامپوزیت لایه نازک