

نانوتکنولوژی در تصفیه پساب صنعتی

مؤلف:

آر.وی.^۱ - جایانتا بهاتاچاریا^۲

مترجم:

مهندس فرشید توفیقی

¹ Arup Roy

² Jayanta Bhattacharya

سرشناسه	روی، آروپ
عنوان و نام پدیدآور	Roy, Arup
مشخصات نشر	نانو تکنولوژی در تصفیه پساب صنعتی/مؤلف آروپ روی، جایانتا بهاناچاریا : مترجم فرشید توفیقی.
مشخصات ظاهری	تبریز: فن آذر: آشینا، ۱۳۹۸.
شابک	۲۱۶ ص.: مصور، جدول، نمودار.
وضعیت فهرست نویسی	۲۳۰۰۰۰ ر.ال ۱-91-5552-600-978:
یادداشت	فیبا
موضوع	عنوان اصلی: Nanotechnology in industrial wastewater treatment, 2015.
موضوع	آب -- تصفیه -- نوآوری
موضوع	Water -- Purification -- Technological innovations
موضوع	نانوتکنولوژی -- جنبه‌های زیست‌محیطی
موضوع	Nanotechnology-- Environmental aspects
موضوع	فاضلاب -- تصفیه
موضوع	Sewage -- Purification
شماره افزوده	بهاناچاریا، جایانتا، ۱۹۵۸-م.
سناسه افزوده	-Bhattacharya, Jayanta, 1958
شماره افزوده	توفیقی، فرشید، ۱۳۷۱-، مترجم
رده بند کنگره	TDV۴۵/۹۵۲ ۱۳۹۸
رده بند دیسک	۶۲۸/۳
شماره کتابشناسی ملی	۵۶۳۰۷۲۲



انتشارات آشینا



انتشارات فن آذر

عنوان	نانو تکنولوژی در تصفیه پساب صنعتی
تألیف	آروپ روی- جایانتا بهاناچاریا
مترجم	مهندس فرشید توفیقی
ناشر	انتشارات فن آذر
ناشر همکار	انتشارات آشینا
نوبت چاپ	اول- بهار ۱۳۹۸
تعداد صفحه و قطع	۲۱۶ صفحه - وزیری
تیراژ	۱۵۰۰ نسخه
چاپ و صحافی	لک لری
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۵۵۵۲-۹۱-۱
قیمت	۳۳۰۰۰ تومان

کلیه مسئولیت مطالب و حق چاپ به عهده مؤلف بوده و هر گونه کپی برداری پیگرد قانونی دارد.

مراکز پخش: انتشارات آشینا - انتشارات فن آذر - انتشارات اطهران

تبریز - خیابان امام - بازار بزرگ تربیت - پلاک ۷ ☎ ۳۵۵۳۸۶۰۳

بررسی مسائل زیست محیطی، به عنوان بزرگترین و موثرترین سیستم حیاتی پیرامون انسان، امری مهم به شمار می‌آید که نیازمند تحقیقات عمیق و گسترده می‌باشد. در چندین سال اخیر روش‌های متنوع و جدیدی برای جلوگیری از ورود آلودگی‌ها به محیط زیست و همچنین پاک‌سازی آلودگی‌های موجود توسط دانشمندان و محققان علوم مختلف ارائه شده است. یکی از مهم‌ترین منابع آلودگی زیست محیطی آلودگی آب می‌باشد. با توجه به استفاده روزافزون آب نیاز به منابع جدید آب بیش از پیش احساس می‌شود. یکی از منابعی که می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد آب‌های حاصل از تصفیه فاضلاب‌ها می‌باشد. روش‌های مختلفی برای تصفیه فاضلاب پیشنهاد شده است که یکی از این روش‌ها استفاده از نانوفناوری و مواد نانوساختار می‌باشد. مؤلفان این کتاب آقای دکتر آروپ روی و جایان‌تا بهاتاچاریا، حاصل چندین سال پژوهش خود را در دوازده فصل، جمع‌آوری کرده که انتشارات IWA، آن را به چاپ رسانده است.

این جانب سعی کرده‌ام که در این امانت‌داری در ترجمه، متنی روان و شیوا عرضه کنم. اما بی‌شک هیچ ترجمه‌ای خالی از نقص نبوده و امید است دانشجویان، اساتید محترم و خوانندگان عزیز نظریات ارشادی خود را برای اصلاح در چاپ‌های بعدی ارسال فرمایند.

این کتاب حاوی هشت فصل بوده که ترجمه آن تمام و کمال در اختیار شما عزیزان قرار می‌گیرد.

در اینجا لازم است از تمامی افرادی که در مراحل مختلف چاپ این کتاب، این جانب را یاری داده‌اند، صمیمانه قدردانی کنیم. در خاتمه از خانواده‌ها و دوستان خود که در مدت ترجمه این کتاب، صبورانه ما را حمایت کردند، صمیمانه قدردانی می‌کنیم.

امید آنکه توانسته باشیم با ترجمه‌ی این کتاب، خدمت ناچیزی را به جامعه علمی کشور عرضه کرده باشیم.

فهرست مطالب

۱۵	فصل اول
۱۵	مقدمه
۱۵	۱-۱ پیش زمینه و انگیزه
۱۹	۲-۱ هدف این کتاب
۱۹	۳-۱ موضوع این کتاب
۲۰	۴-۱ ساختار این کتاب
۲۱	فصل دوم
۲۱	مقدمه‌های بر فناوری نانو
۲۱	۱-۲ مقیاس نانومتر چیست؟
۲۲	۲-۲ یک نانوماده چیست؟
۲۴	۳-۲ تعریف علم نانو و نانوتکنولوژی
۲۵	۴-۲ تاریخچه نانوتکنولوژی
۲۶	۵-۲ دسته‌بندی مواد نانو ساختار
۲۶	۱-۵-۲ مواد پایه کربنی
۲۶	۲-۵-۲ مواد پایه فلزی
۲۷	۳-۵-۲ درخت‌ها
۲۷	۴-۵-۲ کامپوزیت‌ها
۲۸	۶-۲ خواص منحصر به فرد نانومواد
۳۱	فصل سوم
۳۱	فلزات سنگین و حضور آنها در پساب
۳۱	۱-۳ آلودگی فلز سنگین در محیط آبی

۳۳	۲-۳ منابع فلزات سنگین
۳۴	۳-۳ سمشناسی فلزات سنگین متداول
۳۴	۱-۳-۳ کادمیوم (Cd)
۳۵	۲-۳-۳ مس (Cu)
۳۵	۳-۳-۳ سرب (Pb)
۳۶	۴-۳-۳ نیکل (Ni)
۳۶	۵-۳-۳ آهن (Fe)
۳۷	۶-۳-۳ کبالت (Co)
۳۷	۷-۳-۳ روی (Zn)
۳۷	۸-۳-۳ آرسنیک (As)
۳۸	۹-۳-۳ جیوه (Hg)
۳۹	۱۰-۳-۳ کروم (Cr)
۴۰	فصل چهارم
۴۱	روشهای تصفیه فلزات سنگین در پساب
۴۱	۱-۴ تصفیه متداول پساب مملو از فلز
۴۱	۱-۱-۴ رسوبدهی شیمیایی
۴۱	۱-۱-۱-۴ رسوبدهی با هیدروکسید
۴۴	۲-۱-۱-۴ رسوبدهی با سولفید
۴۶	۲-۱-۴ تبادل یونی
۴۶	۳-۱-۴ انعقاد/لختهسازی
۴۷	۴-۱-۴ فیلتراسیون غشایی
۴۸	۵-۱-۴ همجسانی
۴۸	۶-۱-۴ شناورسازی

- ۴۸..... ۷-۱-۴ تصفیه الکتروشیمیایی
- ۴۹..... ۸-۱-۴ جذب سطحی
- ۵۰..... ۱-۸-۱-۴ تعادل جذب سطحی
- ۵۰..... ۲-۸-۱-۴ مدل ایزوترم لانگمویر
- ۵۲..... ۲-۴ توسعه فناوری نانو در تصفیه آب و پساب
- ۵۳..... ۱-۲-۴ کاربرد اخیر نانوتکنولوژی در تصفیه آب و پساب
- ۵۴..... ۲-۲-۴ جذب سطحی
- ۵۴..... ۱-۲-۲-۴ فلزهای کربنی در تصفیه پساب
- ۵۵..... ۲-۲-۲-۴ نانومواد فلزی در تصفیه پساب
- ۵۶..... ۳-۲-۴ فوتوکاتالیز در تصفیه پساب
- ۵۷..... ۱-۳-۲-۴ نانومواد ZnO به عنوان فوتوکاتالیز
- ۵۹..... ۲-۳-۲-۴ TiO_2 به عنوان فوتوکاتالیز
- ۵۹..... ۳-۳-۲-۴ نانوذرات دیگر به عنوان فوتوکاتالیز
- ۶۰..... ۴-۲-۴ نانوغشاهای در تصفیه پساب
- ۶۲..... ۵-۲-۴ فعالیت ضد میکروبی
- ۶۲..... ۱-۵-۲-۴ نانومواد فلزی
- ۶۲..... ۱-۱-۵-۲-۴ نانوذرات Ag
- ۶۳..... ۲-۱-۵-۲-۴ نانوذرات Au
- ۶۴..... ۲-۵-۲-۴ نانومواد اکسید فلز
- ۶۴..... ۱-۲-۵-۲-۴ نانومواد CuO
- ۶۴..... ۲-۲-۵-۲-۴ نانومواد MgO
- ۶۵..... ۳-۲-۵-۲-۴ نانومواد TiO_2
- ۶۵..... ۴-۲-۵-۲-۴ نانوذرات ZnO

۶۶	 ۴-۲-۵-۵ نانوذرات Al_2O_3
۶۷	 فصل پنجم.....
۶۷	 روشهای سنتز نانومواد.....
۶۷	 ۵-۱ مقدمه.....
۶۹	 ۵-۲ سنتز شیمیایی نانو مواد.....
۶۹	 ۵-۲-۱ روش رسوبدهی شیمیایی.....
۷۰	 ۵-۱-۱-۱ روش تابش ریز موج.....
۷۲	 ۵-۲-۲ روش رسوبدهی بخار شیمیایی.....
۷۳	 ۵-۲-۳ روش فاز فاز بخار.....
۷۴	 ۵-۲-۴ روش سنتز هیپروترمال.....
۷۴	 ۵-۲-۵ روش میکرومولسین.....
۷۶	 ۵-۲-۶ روش سونوشیمیایی.....
۷۶	 ۵-۲-۲ سنتز فیزیکی نانو مواد.....
۷۶	 ۵-۲-۲-۱ روش سایش لیزری.....
۷۷	 ۵-۲-۲-۲ روش اسپاترینگ.....
۷۷	 ۵-۲-۲-۳ روش پیرولیز مسیر پاشش.....
۷۷	 ۵-۲-۲-۴ روش چگالش گاز خنثی.....
۷۹	 فصل ششم.....
۷۹	 روشهای تجربی.....
۷۹	 ۶-۱ مقدمه.....
۸۰	 ۶-۲ روش مشخصه‌یابی نانو مواد.....
۸۰	 ۶-۲-۱ پراش اشعه X.....
۸۱	 ۶-۲-۱-۱ محاسبه اندازه کریستالیت از پراش اشعه X.....

۸۱	۲-۱-۲-۶ ارزیابی چگالی از داده اشعه X
۸۲	۲-۲-۶ میکروسکوپ الکترون روبشی انتشار میدان (FESEM)
۸۳	۳-۲-۶ پراش انرژی اشعه X
۸۴	۴-۲-۶ میکروسکوپ الکترونی عبوری
۸۵	۵-۲-۶ آنالیز اندازه سطح
۸۶	۶-۲-۶ طیفسنجی مادون قرمز تبدیل فوریه
۸۶	۷-۲-۶ اندازه‌گیری مغناطیسی شدن
۸۸	۸-۲-۶ طیف جرم الکترون اشعه X
۸۹	۹-۲-۶ پتانسیل زتا
۹۰	۱۰-۲-۶ طیفسنجی جذب اتمی
۹۱	فصل ششم (۱)
۹۱	بررسی موردی سنتز نانو ذرات Ca(OH)_2
۹۱	۳-۶ مقدمه
۹۲	۴-۶ جزئیات آزمایشگاهی
۹۲	۱-۴-۶ سنتز نانوذرات Ca(OH)_2
۹۲	۲-۴-۶ مشخصات نانوذرات Ca(OH)_2
۹۳	۵-۶ نتایج و بحث
۹۴	۱-۵-۶ پراش اشعه X نانوذرات Ca(OH)_2
۹۶	۲-۵-۶ ریزساختار نانوذرات Ca(OH)_2
۹۸	۳-۵-۶ مطالعات FTIR نانوذرات Ca(OH)_2
۱۰۰	فصل ششم (۲)
۱۰۰	بررسی موردی سنتز نانوذرات CaO
۱۰۰	۶-۶ مقدمه

۷-۶	جزئیات آزمایشگاهی	۱۰۱
۱-۷-۶	سنتز نانوذرات CaO	۱۰۱
۲-۷-۶	تعیین مشخصات	۱۰۲
۸-۶	نتایج و بحث	۱۰۲
۱-۸-۶	مطالعات پراش اشعه X	۱۰۳
۲-۸-۶	مطالعات ریزساختاری	۳
۳-۸-۶	مطالعات اسپکتروسکوپی مادون قرمز	۱۰۳
فصل ششم (۳)		۱۰۳
بررسی موردی سنتز نانوذرات CaS		۱۰۷
۹-۶	مقدمه	۱۰۷
۱۰-۶	جزئیات آزمایشگاهی	۱۰۸
۱-۱۰-۶	سنتز نانوذرات CaS	۱۰۸
۲-۱۰-۶	تعیین مشخصات	۱۰۸
۱۱-۶	نتایج و بحث	۱۰۹
۱-۱۱-۶	مطالعات پراش اشعه X نانوذرات CaS	۱۰۹
۲-۱۱-۶	ریزساختار ذرات سنتز شده	۱۰۹
۳-۱۱-۶	خواص نوری ذرات سنتز شده	۱۱۲
۴-۱۱-۶	مکانیسم سنتز نانوذرات CaS	۱۱۳
فصل ششم (۴)		۱۱۵
بررسی موردی سنتز نانولوله‌های $\gamma\text{-Fe}_3\text{O}_2$		۱۱۵
۱۲-۶	مقدمه	۱۱۵
۱۳-۶	جزئیات آزمایشگاهی	۱۱۶
۱-۱۳-۶	سنتز نانولوله‌های $\gamma\text{-Fe}_3\text{O}_2$	۱۱۶

- ۱۱۶..... ۲-۱۳-۶ تعیین مشخصات
- ۱۱۷..... ۱۴-۶ نتایج و بحث
- ۱۱۷..... ۱-۱۴-۶ آنالیز XRD و آنالیز XPS
- ۱۱۸..... ۲-۱۴-۶ مطالعات ریزساختاری
- ۱۱۹..... ۳-۱۴-۶ مطالعات مغناطیسی
- ۱۲۰..... ۴-۱۴-۶ ایزوترمهای جذب- دفع و توزیع اندازه حفره
- ۱۲۱..... ۵-۱۴-۶ مکانیسم سنتز نانولولههای $Y-Fe_2O_3$
- ۱۲۳..... فصل هفتم
- ۱۲۳..... عملکرد نانو مواد در حذف فلزات سنگین
- ۱۲۳..... ۱-۷ عملکرد نانوذرات CaO ، $Ca(OH)_2$ و CaS در حذف فلز سنگین
- ۱۲۳..... ۱-۱-۷ مقدمه
- ۱۲۴..... ۲-۱-۷ جزئیات آزمایشگاهی
- ۱۲۴..... ۱-۲-۱-۷ مواد
- ۱۲۵..... ۲-۲-۱-۷ انحلالپذیری نانوذرات پایه کلسیمی و سنگ آهک و کلسیم سولفید
- ۱۲۵..... ۳-۲-۱-۷ بررسی وابسته به دوز برای حذف فلزات سنگین با استفاده از نانوذرات CaO و $Ca(OH)_2$ و سنگ آهک
- ۱۲۶..... ۴-۲-۱-۷ بررسی وابسته به زمان واکنش برای حذف فلزات سنگین با استفاده از نانوذرات CaO و $Ca(OH)_2$
- ۱۲۶..... ۵-۲-۱-۷ بررسی حجم لجن
- ۱۲۶..... ۶-۲-۱-۷ بررسی لیجینگ
- ۱۲۷..... ۷-۲-۱-۷ بررسی وابسته به دوز برای حذف فلزات سنگین با استفاده از نانوذرات CaS و کلسیم سولفید حجمی
- ۱۲۷..... ۸-۲-۱-۷ بررسی وابسته به pH برای رسوبدهی سولفید با استفاده از نانوذرات CaS
- ۱۲۷..... ۳-۱-۷ نتایج و بحث

۱۲۷	۱-۳-۱-۷ انحلالپذیری نانوذرات پایه کلسیمی
۱۲۹	۲-۳-۱-۷ حذف فلز سنگین
۱۳۰	۳-۳-۱-۷ بررسی وابسته به دوز برای حذف فلزات سنگین با استفاده از نانو ذرات Ca(OH)_2 و CaO
۱۳۰	۴-۳-۱-۷ نقش pH در بار سطحی
۱۳۱	۵-۳-۱-۷ مطالعه وابسته به زمان واکنش برای حذف فلزات سنگین
۱۳۶	۶-۳-۱-۷ مطالعه شرایط انتخابی تصفیه برای غلظت فلزات سنگین
۱۳۸	۷-۳-۱-۷ مطالعه شرایط انتخابی تصفیه برای حذف فلزات سنگین
۱۳۸	۸-۳-۱-۷ حذف جرم لجن
۱۳۸	۹-۳-۱-۷ شناسایی سوب (XRD)
۱۳۹	۱۰-۳-۱-۷ مطالعه لایه یونگ
۱۴۰	۱۱-۳-۱-۷ مطالعه تابع مقدار برای حذف فلزات سنگین با استفاده از نانو ذرات CaS
۱۴۲	۱۲-۳-۱-۷ مطالعه تابع pH برای حذف فلزات سنگین با استفاده از نانو ذرات CaS
۱۴۴	۲-۷ عملکرد نانو لوله‌های $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ در حذف فلزات سنگین
۱۴۴	۱-۲-۷ مقدمه
۱۴۵	۲-۲-۷ جزئیات تجربی
۱۴۵	۱-۲-۲-۷ مواد
۱۴۵	۲-۲-۲-۷ آزمایشات جذب سطحی
۱۴۶	۳-۲-۲-۷ تأثیر زمان تعادل
۱۴۶	۴-۲-۲-۷ تأثیر غلظت یونهای فلزی اولیه
۱۴۶	۵-۲-۲-۷ تأثیر pH
۱۴۶	۶-۲-۲-۷ آزمایشات دفع از سطح
۱۴۷	۳-۲-۷ نتایج و بحث

۱۴۷	۱-۳-۲-۷ سینتیک جذب سطحی
۱۴۹	۲-۳-۲-۷ تأثیر غلظت یونهای فلزی اولیه با مدل‌های همدا
۱۵۲	۳-۳-۲-۷ تأثیر pH
۱۵۴	۴-۳-۲-۷ دفع از سطح و قابلیت استفاده مجدد
۱۵۷	فصل هشتم
۱۵۷	تصفیه پیوسته فلزات سنگین توسط نانو مواد
۱۵۷	۱-۸ مقدمه
۱۵۸	۲-۸ جزئیات تجربی
۱۵۸	۱-۲-۸ مواد
۱۵۸	۲-۲-۸ سامانه در مقیاس حج برای سیستم تصفیه چند مرحله‌ای
۱۶۰	۳-۲-۸ عملیات واحد تصفیه چند مرحله‌ای
۱۶۲	۴-۲-۸ روش آنالیز
۱۶۲	۵-۲-۸ محاسبات
۱۶۳	۳-۸ نتایج و بحث
۱۶۳	۱-۳-۸ عملکرد رآکتور پلاگ (C)
۱۶۵	۲-۳-۸ عملکرد رآکتور مخزنی هم‌زن‌دار (f)
۱۶۷	۳-۳-۸ عملکرد رآکتور مخزنی هم‌زن‌دار (i) و واحد فیلتراسیون مغناطیسی (j)
۱۶۹	۴-۳-۸ عملکرد رآکتور پیوسته چند مرحله‌ای در مقیاس بنج
۱۷۰	۵-۳-۸ مطالعه امکان‌سنجی اقتصادی رآکتور چند مرحله‌ای در مقیاس بنج
۱۷۳	پیوست
۱۷۶	پیوست B
۱۷۶	تصفیه پیوسته چند مرحله‌ای در مقیاس آزمایشگاهی فلزات سنگین از فاضلاب