

نانوذرات در چرخه آب

(ویژگی‌ها، تجزیه، تحلیل و اثر بر محیط زیست)

مترجمان:

دکتر محمدرضا خانی

(عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی تهران)

مهندس گلاله شهاب‌پور

مهندس مهدی خانی



انتشارات آوای قلم

سرشناسه: فریمل، اف. ها. Frimmel, F .H
عنوان و نام پدیدآور: نانوذرات در چرخه آب ویژگی‌ها، تجزیه تحلیل و اثر بر محیط زیست/ فریتز فریمر ، رینهارد نیسنر ؛ مترجمان محمدرضا خانی ، گلاله شهاب‌پور ، مهدی خانی .
مشخصات نشر: تهران:آوای قلم،۱۳۹۳. مشخصات ظاهری: ۳۲۴ ص.:مصور،جدول، نمودار .
شابک: ۱-۱۰-۷۵۴۲-۶۰۰-۹۷۸ **وضعیت فهرست نویسی:** فیپا
یادداشت: عنوان اصلی : Nanoparticles in the water cycle: properties, analysis and environmental relevance .
موضوع: آب -- آلودگی -- جنبه‌های زیست‌محیطی **موضوع:** آلاینده‌های نوپدید در آب
موضوع: نانوذرات -- جنبه‌های زیست‌محیطی **شناسه افزوده:** نیسنر، راینهارد
شناسه افزوده: Niessner, Reinhard **شناسه افزوده:** شهاب‌پور، گلاله، ۱۳۶۱ - ، مترجم
شناسه افزوده: خانی، مهدی، ۱۳۵۱مترجم **شناسه افزوده:** خانی، محمدرضا، ۱۳۳۹مترجم
رده بندی کنگره: ۱۳۹۳ ۲ ن ۴ ف / TD ۴۲۷
رده بندی دیویی: ۳۲۸/۱۶۸ **شماره کتابشناسی ملی:** ۳۷۳۷۶۴۷

نام کتاب: نانوذرات در چرخه آب (ویژگی‌ها، تجزیه، تحلیل و اثر بر محیط زیست)

نام کتاب اصلی: Nanoparticles in the Water Cycle

نویسندگان: F.H. Frimmel, R. Niessner

مترجمان	دکتر محمدرضا خانی	**تاریخ نشر:**	بهار ۹۴
	مهندس گلاله شهاب‌پور- مهندس مهدی خانی	**نوبت چاپ:**	اول
ناشر:	انتشارات آوای قلم	**شمارگان:**	۷۰۰ جلد
حروفچینی و صفحه‌آرایی:	انتشارات خانیران	**قیمت:**	۱۹۵۰۰۰ ریال
طراحی روی جلد:	مهندس مهدی خانی	**شابک:**	۹۷۸-۶۰۰-۷۵۴۲-۱۰-۱

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

شماره تماس واحد فروش: ۶۶۵۷۱۸۷۱- ۶۶۱۲۰۴۲۹ همراه: ۰۹۱۲۱۹۹۹۱۲۰ تلفکس: ۶۶۹۵۰۷۷۲

شماره تماس واحد تولید: ۶۶۵۹۱۵۰۴ تلفکس: ۶۶۵۹۱۵۰۵

فروشگاه اینترنتی: www.khaniranshop.com

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

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ناشر ۹
پیشگفتار ۱۱

فصل اول: آشنایی با دنیای نانو

۱-۱ چشم‌انداز ۱۴
۱-۲ مساحت و ویژگی‌های سطح ۱۵
۱-۳ بار سطحی ۱۷
۱-۴ چرخهٔ آب ۱۹
۱-۵ روش‌های تحلیلی و سیستم‌های توصیفی ۲۰
۱-۶ یافته‌ها ۲۴
منابع ۲۵

فصل دوم: نقش نانوذرات به عنوان هسته تراکم، تشکیل قطرهٔ آب و پیوند قطرات با یکدیگر

۲-۱ تراکم بخار آب به ذرات آئروسل ۲۹
۲-۲ تحقیق تجربی یک: جذب آب ۳۱
۲-۳ تحقیق تجربی دو: پیشگیری از تراکم آب ۳۲
۲-۴ جمع‌آوری ذرات در زمان ترسیب ۳۶
۲-۵ یافته‌ها ۳۷
منابع ۳۸

فصل سوم: نانوذرات در آب‌های زیرزمینی، شیوع و کاربردها

۳-۱ نانوذرات در آب‌های زیرزمینی ۴۰
۳-۱-۱ میزان شیوع و پایداری نانوذرات ۴۰
۳-۱-۲ ویژگی‌های انتقال ۴۱

۳-۱-۳ نانوذرات با کاربردهای اصلاحی ۴۵
۳-۲ نانوذرات در فازمشترک ۵۰
۳-۳ نمونه‌برداری از نانوذرات ۵۱
منابع ۵۴

فصل چهارم: ترکیب و انتقال نانوکلوئیدهای خاک در بسترهای متخلخل طبیعی

۴-۱ مواد و روش‌ها ۶۰
۴-۲ بحث و نتیجه‌گیری ۶۲
۴-۲-۱ ویژگی‌ها نانوکلوئیدهای خاکی ۶۲
۴-۲-۱-۱ نانوکلوئیدهای معدنی ۶۲
۴-۲-۱-۲ بیونانوکلوئیدها ۶۵
۴-۲-۱-۳ سایر کلوئیدها ۶۷
۴-۲-۲ جابجایی نانوکلوئیدها ۶۸
۴-۲-۲-۱ نانوکلوئیدهای معدنی ۶۸
۴-۲-۲-۲ بیونانوکلوئیدها ۶۹
۴-۲-۳ تسیهل انتقال آلاینده‌ها ۷۱
۴-۲-۳-۱ فلزات ۷۱
۴-۲-۳-۲ علف‌کش‌ها ۷۸
۴-۲-۴ مکانیسم‌های بالقوه ۷۹
۴-۳ یافته‌ها ۸۱
منابع ۸۲

فصل پنجم: کاربرد نانوذرات در حذف آلاینده‌های آلی و معدنی و عوامل بیماری‌زا از فاضلاب و آب آشامیدنی

۵-۱ مقدمه ۸۶
۵-۲ حذف آلاینده‌ها با استفاده از نانوذرات ۸۸
۵-۲-۱ حذف آلاینده‌های معدنی ۹۰
۵-۲-۲ حذف آلاینده‌های آلی ۹۶
۵-۳ حذف عوامل بیماری‌زا ۱۰۲
۵-۴ استفاده از نانوسنسورها در پایش کیفی آب ۱۰۵
۵-۵ حذف نانوذرات از آب‌های تصفیه‌شده ۱۰۶

۵-۶ امکان‌سنجی و ملاحظات اقتصادی ۱۰۹
۵-۷ یافته‌ها ۱۱۰
منابع ۱۱۱

فصل ششم: رفتار جذبی / واجذبی نانوذرات پلیمری باردار بر روی سطوح معدنی در محیط‌های آبی

۶-۱ مقدمه ۱۲۲
۶-۲ میکروسکوپ اتمی: راهکاری جهت بررسی توپوگرافی و کنتراست مواد در مقیاس نانومتر ۱۲۶
۶-۳ مطالعات AFM خارج از محل نانوذرات آنیونی و کاتیونی جذب شده بر روی لایه‌های میکا ۱۳۰
۶-۳-۱ انگیزهٔ انجام مطالعات AFM خارج از محل ۱۳۰
۶-۳-۲ مطالعات AFM خارج ازمحل: جزئیات آزمایشگاهی ۱۳۰
۶-۳-۳ جذب در نانوذرات پلیمری آنیونی ۱۳۱
۶-۳-۴ جذب در نانوذرات پلیمری کاتیونی ۱۳۳
۶-۴ بررسی جذب و واجذب نانوذرات پلیمری کاتیونی بر روی لایه‌های میکا با استفاده... ..... ۱۳۷
۶-۴-۱ انگیزهٔ انجام مطالعات AFM درمحل ۱۳۷
۶-۴-۲ مطالعات AFM درمحل: جزئیات آزمایشگاهی ۱۳۹
۶-۴-۳ مطالعات AFM درمحل درخصوص جذب نانوذرات پلیمری کاتیونی ۱۴۰
۶-۴-۴ مطالعات AFM درمحل درخصوص جذب نانوذرات پلیمری کاتیونی ۱۴۳
۶-۵ یافته‌ها ۱۴۶
منابع ۱۴۶

فصل هفتم: بررسی نانوذرات با استفاده از اسپکترومیکروسکوپی اشعه ایکس در بسترهای آبی

۷-۱ اسپکترومیکروسکوپی اشعهٔ ایکس ۱۵۰
۷-۲ تصویرسازی نانوذرات ۱۵۶
۷-۳ ریخت‌شناسی و شیمی ۱۶۱
۷-۴ خلاصه ۱۶۳
منابع ۱۶۴

فصل هشتم: سنجش در محل نانوذرات معلق به وسیله‌ی نور لیزر مرئی، اشعه‌ی مادون قرمز و اشعه‌ی ایکس

۸-۱ مقدمه ۱۶۸
۸-۲ رویکردهای ویژگی‌ها ذرات ۱۶۹
۸-۲-۱ روش‌های پیشرونده ۱۶۹
۸-۲-۲ روش‌های غیرپیشرونده ۱۷۰
۸-۲-۳ پیشرونده در مقابل غیر پیشرونده ۱۷۲
۸-۳ تکنیک‌های درمحل ۱۷۴
۸-۳-۱ کلیات ۱۷۴
۸-۳-۲ نور لیزر مرئی ۱۷۴
۸-۳-۳ نور مادون قرمز ۱۸۷
۸-۳-۴ اشعه‌ی ایکس ۱۹۱
۸-۴ یافته‌ها ۱۹۳
منابع ۱۹۴

فصل نهم: روش‌های اتصالی جهت تعیین میزان کمی نانوذرات و شناسایی اثرات متقابل آن‌ها بر روی اجزای تشکیل دهنده‌ی آب

۹-۱ مقدمه ۲۰۰
۹-۲ اصول روش‌های اتصال تحلیلی ۲۰۳
۹-۳ مثال‌هایی از موارد کاربردی ۲۰۶
۹-۳-۱ کروماتوگرافی تفکیک اندازه‌ای همراه با تعیین کربن آلی محلول (SEC/DOC) ۲۰۶
۹-۳-۱-۱ مقدمه ۲۰۶
۹-۳-۱-۲ جذب ۲۰۸
۹-۳-۱-۳ تجزیه ۲۰۹
۹-۳-۲ جداسازی جریان میدانی در جریان‌های نامتقارن (AF^4) همراه با ۲۱۱
۹-۳-۲-۱ سوابق و جزئیات آزمایشگاهی ۲۱۱
۹-۳-۲-۲ تعاملات بین نانوذرات و فلزات سنگین ۲۱۳
۹-۳-۳ ستون‌های حامل همراه با آشکارسازهای UV و ICP-MS ۲۱۶
۹-۳-۳-۱ سوابق و جزئیات آزمایشگاهی ۲۱۶

۹-۳-۳-۲ اثر نانوذرات بر انتقال فلزات سنگین ۲۱۷
۹-۳-۴ همراه کردن واحد آبشویی ستونی با یک آنالایزر نانوذره‌ای ۲۱۹
۹-۳-۴-۱ مقدمهٔ تئوریکی NPA-LIBD ۲۱۹
۹-۳-۴-۲ جزئیات آزمایشگاهی ۲۲۱
۹-۳-۴-۳ الگوی انتشار ذرات ۲۲۲
۹-۴ اقدامات آتی ۲۲۶
منابع ۲۲۷

فصل دهم: نانوذرات: اثرات متقابل با میکروارگانیسم‌ها

۱۰-۱ مقدمه ۲۳۴
۱۰-۲ اثرات بیولوژیکی محصولات نانو ۲۳۴
۱۰-۳ مشخصات نانوذرات و ورود آن‌ها به محیط‌زیست ۲۳۷
۱۰-۴ اهمیت میکروارگانیسم‌ها ۲۳۸
۱۰-۵ سیستم‌های آزمایشی اندازه‌گیری سمیت ۲۴۵
۱۰-۵-۱ مدل فعالیت ضدباکتریایی ۲۴۸
۱۰-۶ یافته‌ها ۲۵۲
منابع ۲۵۳

فصل یازدهم: سم‌شناسی اکولوژیکی نانوذرات مهندسی‌شده

۱۱-۱ مقدمه ۲۵۸
۱۱-۲ قابلیت‌دسترسی‌زیستی، جذب و توزیع در ارگانیسم‌ها ۲۵۹
۱۱-۳ تعیین غلظت مؤثر و میزان تماس ۲۶۴
۱۱-۴ سمّیت اکولوژی ۲۶۶
۱۱-۴-۱ مکانیسم‌های سمّیت و اندام‌های هدف ۲۶۷
۱۱-۴-۲ اثر بر موجودات آبزی: سمّیت حاد ۲۷۲
۱۱-۴-۳ اثر بر موجودات زنده‌ی آبزی: سمّیت مزمن ۲۸۱
۱۱-۴-۴ گیاهان خشکی و ارگانیسم‌های خاکزی ۲۸۲
۱۱-۵ یافته‌ها ۲۸۳
منابع ۲۸۴

فصل دوازدهم: استانداردسازی

۱۲-۱ مقدمه ۲۹۲
۱۲-۲ پروتکل‌های آزمایشی برای موادشیمیایی- فعالیت‌های OECD مربوط به نانوذرات ۲۹۴
۱۲-۳ استانداردکردن با استفاده از سازمان‌های استانداردسازی ۲۹۸
۱۲-۳-۱ فعالیت‌های استانداردسازی در زمینه‌ی کیفیت آب ۳۰۱
۱۲-۳-۱-۱ آنالیز آب ۳۰۱
۱۲-۳-۱-۲ مشخصات مواد مربوط به تصفیه‌ی آب ۳۰۳
۱۲-۳-۲ فعالیت‌های استانداردسازی در زمینه‌ی موادنانو ۳۰۴
۱۲-۳-۲-۱ ISO/TC 299 «نانوتکنولوژی‌ها» و CEN/TC 352 «نانوتکنولوژی‌ها» ... ۳۰۴
۱۲-۳-۲-۲ «نانوتکنولوژی» ASTM E56 ..... ۳۰۹
۱۲-۳-۲-۳ فعالیت‌های استانداردسازی تکمیلی در سایر کمیته‌های فنی ۳۱۰
۱۲-۳-۲-۴ استانداردسازی در زمینه‌ی نانومواد- هماهنگی، کمبودها و نیازها ۳۱۱
۱۲-۴ گسترش فعالیت‌های استانداردسازی شایع برمبنای نانوذرات ۳۱۳
منابع ۳۱۷

تقدیم به

انسان‌هایی که

به فردایی بهتر

می‌اندیشند.

مقدمه ناشر

سپاس بیکران پروردگار را که به انسان قدرت اندیشیدن بخشید، قدرتی که در مقایسه با سایر موجودات باعث شده است که انسان هرگز به امکانات محدود خود اکتفا نکند. مکاتب الهی، انسان را موجودی کمال‌طلب و پویا می‌دانند که جهت‌گیری او به سوی خالقش می‌باشد.

از جمله راههای تقرب به خداوند علم است، علمی که زیبایی عقل است. علمی که در دریای بیکران آن هر ذره نشانی از آفریدگار است و هر چه علم انسان افزون گردد، تقربش بیشتر می‌شود. از این روست که به علم‌اندوزی و دانش‌آموزی توجهی بی‌نظیر مبذول گردیده است. اما علم‌آموزی به ابزاری نیاز دارد که مهمترین آن کتاب است و انتشار نتیجه مطالعات پژوهشگران و اندیشمندان پاسخگوی این نیاز خواهد بود.

جهت تحقق این امر و گام برداشتن در جهت ارتقای پایه‌های علم و دانش و رشد و شکوفایی استعدادها انتشار کتاب را یکی از اهداف خود قرار داده و انتظار داریم با حمایت‌های معنوی هموطنان گرامی بتوانیم گامهای مؤثر و ارزشمندی را برداریم. گرچه تلاش خواهد شد در حد دانش و تجربه اندکمان کارهایی بدون اشکال تقدیم حضورتان گردد، ولی اذعان داریم که راهنماییهای شما عزیزان می‌تواند ما را در ارتقای کیفی کتاب راهگشا باشد لذا همیشه منتظر پیشنهادات و راهنماییهای شما خواهیم بود.

در پایان از همه عزیزانی که در مراحل مختلف تهیه، تدوین و چاپ کتاب از همفـکری و همـــکاری آن‌ها برخوردار بوده‌ام به خصوص آقای دکتر محمدرضا خانی، خانم مهندس گلاله شهاب‌پور و مهنـدس علی‌محمد خانی (مدیر فروش) سپاسگزاری نموده و موفقیت روزافزونشان را آرزومندم.

مهدی خانی
مدیر مسئول انتشارات آوای قلم

پیشگفتار

موسسهٔ گاتلیب دیملر و کارل بنز[1] به ارائه روش‌های نوین از طریق انجام تحقیقات علمی مختلف با تکیه بر بحث‌های متوالی پیرامون نظریات تئوری و کاربردی می‌پردازد. در این موسسه درخصوص پروژه‌های مربوط به شفاف‌سازی «اثرات متقابل بین انسان، تکنولوژی و محیط زیست»، راه‌حل‌های موجود با روش‌های تحقیقاتی جدید در قالب یک شبکه ادغام می‌شوند.

در «انجمن لیدن‌برگ[2]» فهرستی از تحقیقات علمی مختلف وجود دارد که بسیاری از آنها مورد بررسی قرار گرفته‌اند، مانند «روابط گروهی در محیط‌های پرخطر» ، «مناطق برون‌شهری[3]» و یا ارتباط بین «ساعت زیستی و شیفت کاری».

در جلسه‌های گفتگوی لیدن‌برگ، پروژه‌های تحقیقاتی جدید بین دانشمندان و متخصصین به صورت عملی مورد بحث قرار می‌گرفته است. یکی از نگرانی‌های نویسندهٔ این کتاب در این گفتگوها موضوع «نانوذرات مهندسی شده – پیامدی برای نسل‌های آینده» بوده‌است. برگزاری سخنرانی‌ها و کنفرانس‌هایی مانند «کنفرانس برلین» برای عموم مردم باعث شده که توجه گسترده‌ای به موضوع‌های علمی رایج در جامعه بیشتر توجه شود.

تشویق دانشمندان جوان و کمک به کشورهای درحال توسعه از اقدامات دیگر این موسسه می‌باشد، مانند فراهم کردن کمک هزینهٔ تحصیلی برای دانشجویان علوم پزشکی پیرامون کلیه موضوع‌های تحقیقاتی و انجام آن در مراکز تحقیقاتی خارج از کشور آلمان، همچنین برگزاری سمینارهایی در ویتنام، کره‌شمالی و میانمار که به جمع شدن دانشمندان آلمانی در کنار سایر دانشمندان از دیگر نقاط جهان منجر شده است.

لیدن‌برگ، آلمان
موسسهٔ گاتلیب دیملر
و کارل بنز

1. Gottlieb Daimler & Karl Benz Foundation
2. Ladenburg Collegia
3. Swischenstadt

مقدمه

به‌طور کلی، به کلوئیدها کمتر توجه شده و به عنوان فاز غفلت[1] یـا فرامـوش شـده، شـناخته شـده‌انـد و تـا مدت‌های متمادی مرز بین مولکول‌ها و ذرات محلول، ناشناخته بود. عدم دسترسـی بـه روش‌هـای توصـیفی دقیـق و محصولات کلوئیدی در زندگی روزانه می‌توانند دلایلی بر این امر باشند که البتـه طـی دو دهـهٔ اخیـر بـه طـور قابـل ملاحظه‌ای دستخوش تغییر شده‌اند. ازاین‌رو، نانوذرات مهندسی‌شـده[2] (ENP) بـا ویژگـی‌هـای امیدوارکننـده‌ای در مقیاس فنی تهیه و تولید شده‌اند. این ذرات به عنوان مواد پیشرفته در سطح وسیعی مانند تصـفیه آب‌هـای سـطحی، فرایندهای تجزیه، تولید رنگ و کالاهای پزشکی و مراقبت‌های شخصی قابل کاربرد می‌باشند. کـاربرد کالاهـای دارای ENP و اثرات آن بر شیوهٔ زندگی منجر به ظهور «عصر نانو» گردیده است.

متاسفانه دنیای نانو نتوانسته است جذابیت و گرایش لازم را در زندگی امروزی ایجاد نماید. به عبـارت دیگـر سرنوشت ENP بعد از استفاده و کاربرد در محیط زیست همچنان ناشناخته است. تنها در زمینهٔ آلودگی هـوا توجـه مختصری به استفاده از نانوذرات شده‌است، بـه طـوری‌کـه بـا اسـتفاده از روش‌هـای توصـیفی خـاص امکـان اجـرای محدودیت‌های قانونی فراهم گردیده است، اما درخصوص سیستم‌های آبی اطلاعات کمتری در اختیار است.

نانوذرات در چرخهٔ آب از حیث ارزیابی دقیق احتمـالات و نیازهـای موجـود، موضـوعی قابـل بحـث و دارای اهمیت می‌باشند. در این راستا گروهی از دانشمندان در رشته‌های مختلف علمی کنار یکدیگر گرد آمده و بـه بحـث و تبادل اطلاعات پرداخته‌اند و در نهایت نتیجهٔ این گفتگوهـا در ایـن کتـاب ارائـه شـده‌اسـت. بخـش اول بـه بررسـی ویژگی‌های اصلی نانوذرات و نقش آنها در تصفیه هوا، آب و خاک مـی‌پـردازد و در بخـش دوم مثـال‌هـایی از کـاربرد تجهیزات پیشرفته مجهز به نانوذرات به خصوص در نمونه‌های آبی، ارائه گشته‌است. اثرات زیستی نـانوذرات بـه طـور مفصل در بخش سوم شرح داده شده و در آخر، فعالیت‌های استانداردسازی مربوط به ارزیابی نانوذرات در محیط‌هـای آبی ارائه گردیده‌است. در اینجا از تمام نویسندگان و منتقدین به خاطر فعالیت‌های چشمگیر و اشتیاق بی‌اندازهٔشان در این تحقیق، و به رشته تحریر درآوردن آن، تشکر و قدردانی می‌گردد.

تهیه و چاپ این کتاب بدون حمایت‌های بی‌دریغ موسسهٔ گاتلیب دیملر و کارل بنز کـه متـولی برگـزاری دو کارگاه جهت انتخاب نام و تامین سرمایه ویرایش کتاب بودند، هرگز تحقق نمی‌یافـت. علاقـه بیکـران اعضـای هیـات رئیسه، پروفسور ذوپوتلیز[3] و پروفسور دیتریچ[4]، و تلاش‌های دکتر کلاین[5]، فرا هالن‌برگر[6] و هـر اشـمیت[7] در مـدیریت مؤسسه، تجربیات علمی بیادماندنی‌ای را در لیدن‌برگ برای شـرکت‌کننـدگان در ایـن کارگـاه‌هـا بـه ارمغـان داشـت. همچنین در اینجا برخود لازم می‌دانیم از زحمات بی‌وقفهٔ مارکوس دیلی[8] و لوئیس ترچرو[9] در تماس با نویسـندگان و ویرایش متون دست‌نویس تشکر و قدردانی نماییم.

فریتز اچ. فریمل[10] کارلس‌ریوهه[11]، آلمان
راین‌هارد نیسنر[12] مونیخ ، آلمان فوریه، ۲۰۱۰

---

1. neglected phase
2. Engineered NanoParticles (ENP)
3. Prof. Dr. zu Putlitz
4. Prof. Dr. Dietrich
5. Dr. Klein
6. Frau Hallenberger
7. Herr Schmitt
8. Markus Delay
9. Luis Tercero
10. Fritz H.Frimmel
11. Karlsruhe
12. Reinhard Niessner