

مروزی بر نانوساختارها

روش‌های نوین، شناسایی و کاربردها

دکتر اکبر رستمی ورتزی

(عضو هیات علمی دانشگاه قم)

دکتر بابک میرتمیزدوست

(عضو هیات علمی دانشگاه قم)

سرشناسه	رستمی ورتونی، اکبر، ۱۳۵۶ -
عنوان و نام پدیدآور	مروری بر نانوساختارها: روش‌های تهیه، شناسایی و کاربردها/اکبر رستمی ورتونی، بابک میرتمیزدوست.
مشخصات نشر	قم: استاد مطهری، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	۱۴۲ ص.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۶۴۵۶-۳۸-۶
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	کتابنامه.
موضوع	نانوساختارها
موضوع	Nanostructures
موضوع	معماری ساختار
موضوع	Nanostructured materials
شناسه افزوده	میرتمیزدوست، بابک، ۱۳۵۹ -
رده بندی کنگره	QC۶۶۱/۵۲۵۰۹۵
رده بندی دیویی	۵/۶۲۰
شماره کتابشناسی ملی	۴۳۵۹۸۰۲

شناسنامه کتاب

نام کتاب: مروری بر نانوساختارها؛ روش‌های تهیه، شناسایی و کاربردها
گردآورندگان:

دکتر اکبر رستمی ورتونی (عضو هیات علمی دانشگاه قم)

دکتر بابک میرتمیزدوست (عضو هیات علمی دانشگاه قم)

ناشر: استاد مطهری

صفحه و قطع: ۱۴۲ ص، وزیری

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

چاپخانه: ولیعصر (عج)

قیمت: ۱۵۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۵۶-۳۸-۶

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

پیش گفتار

۱ مقدمه

فصل اول

نانوساختارها؛ تقسیم‌بندی روش‌های ساخت و کاربردها

۶.....	۱-۱- نانوذرات
۶.....	۱-۱-۱- نانوذرات فلزی و اکسید فلزی
۷.....	۱-۱-۱-۱- روش‌های سنتز
۱۴.....	۱-۱-۱-۲- کاربردها
۱۸.....	۲-۱-۱- نانوذرات نیمه‌رسانا
۱۹.....	۳-۱-۱- نانوذرات سرامیکی
۱۹.....	۱-۳-۱-۱- فرایند سل-ژل
۲۵.....	۲-۳-۱-۱- روش پچینی
۲۶.....	۴-۱-۱- نانوذرات متفرقه
۲۷.....	۲-۱- نانولوله‌های کربنی و غیر کربنی
۲۷.....	۱-۲-۱- نانولوله‌های کربنی
۳۰.....	۲-۲-۱- نانولوله‌های غیر کربنی یا معدنی

- ۳-۱- نانومرکب‌ها یا نانوکامپوزیت‌ها..... ۳۴
- ۴-۱- نانوپوشش‌ها..... ۳۸
- ۱-۴-۱- تک‌لایه‌های خودسامان یا خودآرا..... ۴۳
- ۵-۱- نانوالیاف‌ها و نانوسیم‌ها..... ۴۶
- ۶-۱- نانورآکتورها یا نانوحفرات..... ۴۸
- ۱-۶-۱- کالیکس‌آرن‌ها..... ۴۹
- ۱-۱-۶-۱- اشتقاق‌سازی در کالیکس‌آرن‌ها..... ۵۰
- ۱-۶-۱-۲- ربردهای کالیکس‌آرن‌ها..... ۵۲
- ۱-۶-۲- سیکلودکس‌رین‌ها..... ۵۹
- ۱-۶-۳- ژئولیت‌ها..... ۶۳
- ۱-۶-۴- پلی‌اکسومتال‌ها..... ۶۵
- ۱-۶-۵- ساختارهای بر پایه سبیکا..... ۶۹
- ۱-۶-۶- اسکلت‌های فلز-آلی..... ۷۳
- ۱-۶-۷- کیسول‌های کووالانسی و غیرالانسی (خودچیدمان یا سوپرامولکولی)..... ۸۰
- ۱-۶-۸- سیستم‌های بر پایه مایسل و ویریکول..... ۸۲
- ۱-۶-۹- نانورآکتورهای بر پایه پلیمر..... ۸۶
- ۱-۶-۱۰- نانورآکتورهای بر پایه درخت‌سان یا دندریمر..... ۸۸
- ۱-۶-۱۱- نانورآکتورهای حاصل از پروتئین‌ها و ویروس‌ها..... ۹۳
- ۱-۷- نانوسیالات..... ۹۵
- ۱-۸- نانوماشین‌ها یا ماشین‌های مولکولی..... ۹۶
- ۱-۸-۱- ماشین‌های مولکولی بیولوژیکی..... ۹۷
- ۱-۸-۲- ماشین‌های مولکولی سنتزی..... ۱۰۰
- ۱-۸-۳- آینده‌نگری..... ۱۱۰

فصل دوم:

روش‌های شناسایی نانوساختارها

۱-۲- مقدمه.....	۱۱۴
۲-۲- مشخصه‌یابی به وسیله پراش پرتو ایکس.....	۱۱۵
۳-۲- میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM).....	۱۱۶
۴-۲- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM).....	۱۱۷
۵-۲- طیف‌سنجی تفکیک انرژی (EDX یا EDAX).....	۱۲۳
۶-۲- میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM).....	۱۲۳
۷-۲- میکروسکوپ نوک‌به‌نوک (STM).....	۱۲۴
۸-۲- میکروسکوپ نیروی زوناژ مغناطیسی (MRFM).....	۱۲۵
۹-۲- BET.....	۱۲۵
۱۰-۲- طیف‌سنجی فرابنفش - مرئی (UV-vis).....	۱۲۶
۱۱-۲- آنالیز حرارتی.....	۱۲۷
منابع و مآخذ.....	۱۲۹

پیش‌گفتار

امروزه گستره وسیع از دانش‌ها مانند شیمی، فیزیک، پزشکی، زیست‌فناوری، الکترونیک و صنایع نظامی، مخابرات، خودرو، آب و فاضلاب و حتی لوازم بهداشتی و آرایشی تحت تأثیر نانوفناوری بوده و رشد خود را مدیون این علم نوپا هستند. مطالعات و شواهد نشان می‌دهد در سال‌های اخیر، فناوری نانو در پیشرفت‌های دانش بشری و بازارهای جهانی تأثیر قابل ملاحظه‌ای گذاشته است و انتظار می‌رود در آینده بالاترین سهم از تجارت بازار را به همراه خواهد داشت. لذا با توجه به اهمیت زیاد این فناوری، این کتاب به مروری بر انواع نانومواد و روش‌های تولید و مزایای آن پرداخته است. امید است این کتاب که گامی کوچک در حوزه بسیار گسترده فناوری نانو و آشنایی با تحولات صورت گرفته آن در دنیا محسوب می‌شود، مورد استقبال پژوهشگران و دانشجویان محترم قرار بگیرد.

در پایان از تمام کسانی که در تهیه و چاپ این اثر، یاری‌رسان بودند، تشکر می‌نمایم و از خوانندگان عزیز تقاضا داریم، نظرات سازنده خود را به آدرس abak.mirmozdous@gmail.com یا a.rostami127@yahoo.com ارسال کنند تا در چاپ بعدی کتاب لحاظ شود.

اکبر رستمی ورتونی

بابک میرتمیزدوست

تابستان ۱۳۹۵

مقدمه

رنگ ایجاد شده به وسیله ذرات ریز طلا در شیشه کلیساهای قرون وسطی حکایت از آن دارد که شیشه‌گران آن زمان را می‌توان به‌عنوان اولین نانوفناوریست‌ها در نظر گرفت. اگرچه علت تغییر رنگ شیشه هنگام افزودن فلزاتی از جمله طلا در آن زمان مشخص نبود، ولی امروزه اثبات شده که خواص مواد با ابعاد نانو و میکرو کاملاً متفاوت است. منظور از مقیاس نانو، ابعادی در حد 10^0 - 10^9 نانومتر (یک میلیاردیم متر) می‌باشد. برای درک بهتر این مقیاس باید گفت که یک تار موی انسان ضخامتی بین 50 - 100 هزار نانومتر دارد و یا یک گلبول خون انسان حدود 5000 نانومتر می‌باشد. ویرس‌ها طولی برابر 100 - 1 نانومتر دارند و یک DNA حدود 12 - 2 نانومتر است. همچنین برای درک اندازه نانو در شیمی می‌توان این مثال را به‌کار برد که یک نانومتر برابر با طول 10 اتم هیدروژن و یا 5 اتم سیلیسیم است که در یک خط به صف کشیده شده باشند. به محض آن‌که ذرات به اندازه کافی کوچک شوند شروع به رفتار کوانتومی می‌کنند. این نقاط گاهی اتم‌های مصنوعی نامیده می‌شوند، چون الکترون‌های آزاد آن‌ها مشابه الکترون‌های محبوس در اتم‌ها، حالات گسسته و مجازی از انرژی را اشغال می‌کنند. علاوه بر این، کوچک‌تر بودن ابعاد ذرات از طول موج بحرانی نور، آن‌ها را نامرئی و شفاف می‌نماید. نکته قابل توجه در مورد مواد نانومقیاس این است که ویژگی‌های ماده از قبیل رنگ، استحکام، مقاومت خوردگی و از همه مهم‌تر فعالیت کاتالیستی در این مقیاس نسبت به حالت توده‌ای آن تغییر قابل ملاحظه‌ای پیدا خواهد کرد. منظور از نانوشیمی استفاده شیمی سنتزی برای ساخت

واحدهای ساختاری با اندازه، شکل، ترکیب سطح، بار و گروه‌های عاملی متفاوت در مقیاس نانو می‌باشد. بنابراین شیمی یکی از علومی است که باعث ساختارهای جدید نانو و گسترش نانوفناوری می‌شود. بنابر آنچه گفته شد، تعاریف فناوری نانو را می‌توان در سه مورد زیر خلاصه کرد:

۱- مطالعه، تحقیق و توسعه در سطوح اتمی، مولکولی یا ماکرومولکولی در مقیاس ۱-۱۰۰ نانومتر

۲- توانایی گسترش یا دستکاری مواد در سطوح اتمی

۳- ایجاد و کاربرد ساختارها، ابزارها و سیستم‌هایی که به علت اندازه کوچک آن‌ها خواص و عملکرد نویی دارند.

در سال ۱۹۵۹ میلادی ریچارد فاینمن^۱، در مقاله‌ای قابلیت‌های فناوری نانو در آینده را منتشر کرد. او به این نکته اشاره داشت که در آینده‌ای نزدیک می‌توانیم اتم‌ها و مولکول‌ها را مستقیماً دستکاری کنیم. او در سال ۱۹۸۲ پیشنهاد کرد که باید محاسبات را از دنیای دیجیتال وارد دنیا، بنویسیم و بسیار متفاوت به نام کوانتم نمود. پس از آن ارتباط نویی بین نظریه اطرعات و مکانیک کوانتمی شروع به شکل‌گیری کرد که آن را محاسبات کوانتمی یا نانوسری^۲ می‌نامیم. هدف از این محاسبات یافتن روش‌هایی برای طراحی مجدد وسایل محاسباتی مثل گیت‌ها و ترانزیستورها است، به گونه‌ای که بتواند تحت اثرات کوانتمی حاصل از محدوده ابعاد نانومتری کار کنند.

^۱ Richard Feynman

^۲ Nano computing

بعد از فایمن، در سال ۱۹۸۶ میلادی اریک درکسلر^۱ بر اساس رساله دکتری خود کتابی را با عنوان نانوسیستم‌ها، ماشین‌های مولکولی چگونگی ساخت و محاسبات ارائه کرد.

به‌طور کلی ساخت مواد نانویی به دو روش بالا به پایین^۲ و پایین به بالا^۳ انجام می‌پذیرد. به عبارتی یا با خرد کردن ماده به ابعاد ریز نانومتری می‌رسیم یا با کنار هم قرارگرفتن اتم‌ها و مولکول‌ها با روش خودآرایی ساختار نانویی را ایجاد می‌کنیم.

معماری ساخته‌شده توسط اگزانیسم‌ها در طبیعت تماماً بر پایه نانوساماندهی^۴ استوار است. امروزه فرایندهای زیست‌شناختی را می‌توان برای تهیه نانو ساختارهای مصنوعی استفاده نمود. با توجه به ابتدایی بودن ساخت و سازهای بشری در مقایسه با آنچه در طبیعت می‌گذرد، لازم است تلاش‌های فراوانی صورت گیرد تا هر چه بیشتر به طبیعت نزدیک‌تر شویم. البته اجرای روش‌های طبیعت منوط به دانستن عملکردهای مولکولی است. سامان‌افتگی مولکول‌ها به گونه‌ای است که هر یک از آن‌ها می‌تواند با مولکول‌های دیگر ارتباط برقرار کند، آرایشی که اجرای فعالیت‌های مهم و حیاتی را امکان‌پذیر می‌سازد. شاید بتوان با گذشت زمان و با رشد بیشتر نانوفناوری یا به عبارتی با ساماندهی اتم به اتم برای

^۱ Erick Drexler

^۲ Top-Down Method

^۳ Bottom-Up Method

^۴ Nano assembly

تولید ساختارهای با قابلیت ویژه، فاصله میان انسان و طبیعت را در عصر آتی کوتاه کرد.

نانوفناوری را می‌توان به‌عنوان یک شاخه یا جزء جدانشدنی از علوم مختلفی ازجمله شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی، پزشکی، کشاورزی، هوافضا و غیره در نظر گرفت. امروزه نانوفناوری در تمام زندگی روزمره انسان‌ها نقش به‌سزایی دارد و با توجه به تأثیرات شگرفی که در همه صنایع دارد، مورد توجه واقع شده است. در این مبحث، با اصطلاحات مختلفی همچون نانوذره^۱، نانولوله (آلی - معدنی)^۲، نانومرکب^۳، نانوپوشش^۴، نانوالیاف^۵، نانوسیم^۶، نانوحفره^۷، نانوفوتوکاتالیست^۸ یا به‌طور کلی‌تر نانوکاتالیست^۸ سر و کار داریم که عمدتاً در زیر مجموعه نانوشیمی قرار دارند. در بخش‌های بعدی به بررسی آن‌ها خواهیم پرداخت. بدیهی است با توجه به گستردگی زیاد نانوفناوری، آردن تمام مطالب مرتبط با این علم، از ستنز انواع نانوساختارها به شیوه‌های مختلف گرفته تا کاربردهای متنوع آن‌ها، در این کتاب امری غیر ممکن به‌شمار می‌رود.

^۱ Nanoparticle

^۲ Nanotube (organic-inorganic)

^۳ Nanocomposite

^۴ Nanocoating

^۵ Nanofibr

^۶ Nanowire

^۷ Nanopore

^۸ Nanophotocatalyst