

ضمیمه

# لنت فیزیک

ویژه نامه نانوفناوری

اردیبهشت ۱۳۹۴

[www.popularphysics.ir](http://www.popularphysics.ir)

طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR)

مراحل پیشرفت نانوفناوری

معرفی کتاب مقدمه ای بر نانوفناوری

کاهش ابعاد حفره‌ها در مواد توسط فناوری نانو

نانوفناوری و کاتالیست

اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در نمونه‌های غذایی

روش‌های اندازه‌گیری رسانندگی الکتریکی نانولوله‌های کربنی

- ۳ ..... طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR).....
- ۵ ..... مراحل پیشرفت نانوفناوری.....
- ۶ ..... معرفی کتاب مقدمه ای بر نانوفناوری .....
- ۷ ..... کاهش ابعاد حفره‌ها در مواد توسط فناوری نانو .....
- ۸ ..... نانوفناوری و کاتالیست .....
- ۹ ..... اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در نمونه‌های غذایی .....
- ۱۰ ..... روش‌های اندازه‌گیری رسانندگی الکتریکی نانولوله‌های کربنی .....



## ضمیمه ماهنامه لذت فیزیک

### ویژه نامه نانوفناوری

اردیبهشت ۱۳۹۴

صاحب امتیاز، مدیر مسئول و سردبیر: امیر ستمداد راد  
معاون سردبیر و مدیر اجرایی: مینا سعیدحسینی  
دبیر سرویس نانوفناوری: راضیه حسینی اکبرنژاد  
صفحه بندی و اجرا: راضیه حسینی



لطفا مقالات خود را به آدرس نشریه پست نموده و یا به آدرس الکترونیکی ارسال نمایید تا به نام خودتان چاپ شود. نشریه در ویرایش مقالات دریافتی مختار می باشد .

مقالات دریافتی مسترد نخواهند شد.



تلفکس: ۰۲۱- ۸۸۶۷ ۲۷۲۷

۰۲۱-۲۲۹۶۴۷۶۹

آدرس:

تهران، پاسداران، گلستان پنجم، میدان هروی، خیابان شهید

ضابطی، کوچه سنبل، پلاک ۴

کد پستی: ۱۶۶۷۷۱۵۸۸۱

آدرس الکترونیکی: joyofphysics@yahoo.com

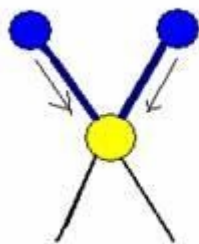
## طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز

طیف سنجی مادون قرمز بر اساس جذب تابش و بررسی جهش های ارتعاشی مولکول ها و یون های چند اتمی صورت می گیرد. این روش به عنوان روشی پر قدرت و توسعه یافته برای تعیین ساختار و اندازه گیری گونه های شیمیایی به کار می رود. همچنین این روش عمدتاً برای شناسایی ترکیبات آلی به کار می رود، زیرا طیف های این ترکیبات معمولاً پیچیده هستند و تعداد زیادی پیک های ماکسیمم و مینیمم دارند که می توانند برای اهداف مقایسه ای به کار گرفته شوند.

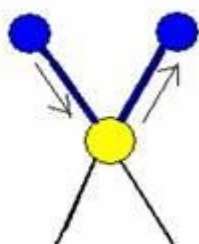
در مولکول ها دو نوع ارتعاش وجود دارد که اصطلاحاً ارتعاش های کششی و خمشی نامیده می شوند. ارتعاش کششی به دو صورت متقارن و نامتقارن تقسیم بندی می شود. هر گاه یک نیم تناوب کششی نامتقارن رخ دهد، گشتاور دو قطبی در یک جهت تغییر می یابد و در نیم تناوب دیگر، گشتاور دو قطبی در جهت مخالف جابه جا می گردد. بدین ترتیب گشتاور دو قطبی با فرکانس ارتعاشی مولکول، نوسان می نماید. (این نوسان باعث ارتقای مولکول به نوار جذبی مادون قرمز می گردد و به همین علت آن را فعال مادون قرمز می نامند). در حالت ارتعاش کششی متقارن، دو اتم در یک نیم تناوب ارتعاشی، در جهات مختلف حرکت می کنند که در این صورت تغییر نهایی در گشتاور دو قطبی مولکول به وجود نمی آید و به همین علت آن را غیرفعال مادون قرمز می نامند. در این حالت، تغییر در فواصل درون مولکولی، بر قابلیت قطبی شدن پیوندها اثر می گذارد. لذا در قطبش پذیری مولکول تغییر حاصل می شود و این حالتی است که در طیف سنجی رامان مورد توجه قرار می گیرد.

برهم کنش تابش مادون قرمز با یک نمونه باعث تغییر انرژی ارتعاشی پیوند در مولکول های آن می شود و روش مناسبی برای شناسایی گروه های عاملی و ساختار مولکولی است. شرط جذب انرژی مادون قرمز توسط مولکول این است که گشتاور دو قطبی در حین ارتعاش تغییر نماید. در طیف الکترومغناطیسی ناحیه بین  $400\mu\text{m} - 0.8\mu\text{m}$  مربوط به ناحیه مادون قرمز است ولی ناحیه ای که جهت تجزیه شیمیایی مورد استفاده قرار می گیرد، بین  $50\mu\text{m} - 0.8\mu\text{m}$  است.

ناحیه بالاتر از  $50\mu\text{m}$  را ناحیه مادون قرمز دور، ناحیه بین  $25\mu\text{m} - 0.8\mu\text{m}$  ناحیه مادون قرمز نزدیک و ناحیه بین  $25\mu\text{m} - 0.8\mu\text{m}$  را ناحیه اثر انگشت می نامند. هر جسم در این ناحیه یک طیف مخصوص به خود دارد که برای شناسایی گروه های عاملی آن به کار می رود.



ارتعاش کششی متقارن



ارتعاش کششی نامتقارن

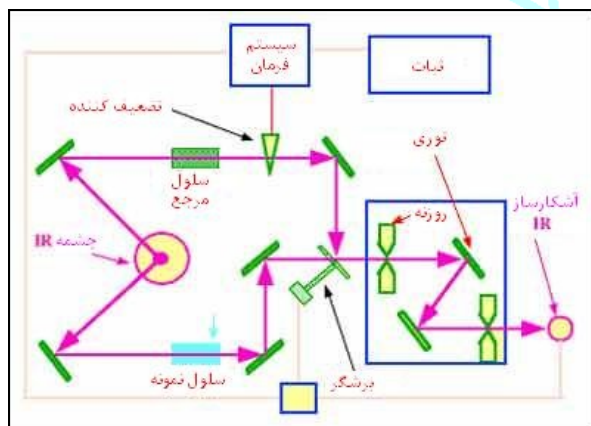
شکل ۱: ارتعاش های کششی متقارن و نامتقارن در یک مولکول

نمودار جعبه ای از اجزای اصلی موجود در یک طیف نورسنجی قرمز در شکل ۲ نمایش داده شده است.

### تجزیه کیفی

برای شناسایی کیفی یک نمونه مجهول، نوع گروه های عاملی و پیوندهای موجود در مولکول های آن، طیف مادون قرمز نمونه را رسم نموده و با مراجعه به جداول مربوطه که موقعیت ارتعاش پیوندهای مختلف و یا طیف اجسام را نشان می دهند، طول موج یا عدد موج گروه ها و پیوندها را شناسایی می کنند.

در طیف سنجی معمولی IR، طیف الکترومغناطیسی در ناحیه مرئی تا مادون قرمز گسترده می شود. سپس بخش کوچکی از آن بر حسب فرکانس یا طول موج به آشکارساز رسیده و ثبت می شود. در این حالت طیف به دست آمده، در محدوده فرکانس یا طول موج ثبت خواهد شد.

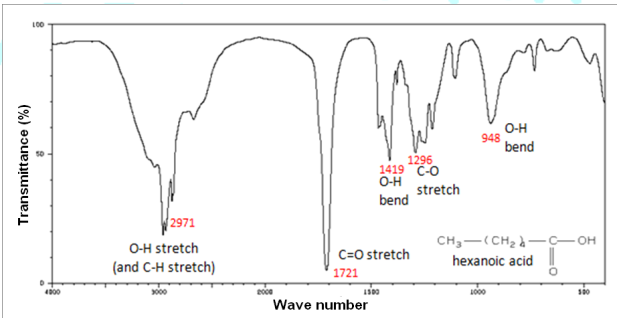


شکل ۲- نمودار ساده یک طیف سنج مادون قرمز

ویژگی FT-IR این است که تمام طول موج‌های ناحیه طیفی مورد نظر در یک زمان به نمونه تابیده می‌شود. در حالی که در روش‌های پاشنده تنها بخش کوچکی از طول موج‌ها در یک زمان به نمونه می‌رسند. بنابراین سرعت، قدرت تفکیک و نسبت سیگنال به نویز در روش تبدیل فوریه برتری قابل ملاحظه‌ای نسبت به روش معمولی IR دارد.

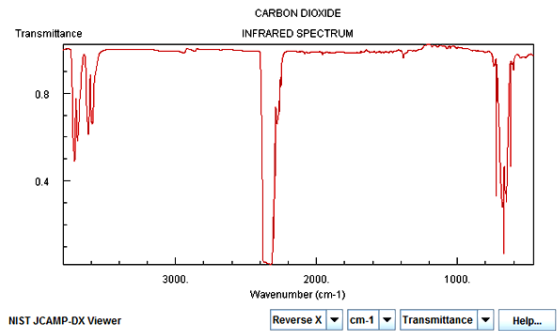
## کاربردها

برخی اطلاعاتی که می‌توان از طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FT-IR) بدست آورد شامل موارد ذیل است: شناسایی کیفی و کمی ترکیبات آلی حاوی نانوذرات، تعیین نوع گروه عاملی و پیوندهای موجود در مولکولهای آن. برای تعیین مقادیر بسیار کم یون هیدروژن فسفات در هیدروکسی آپاتیت که در اعضاء مصنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین برای آنالیز برخی داروهای حاوی نانو ذرات مورد استفاده قرار می‌گیرد.



طیف FTIR اسید هگزانویک

طیف FTIR دی اکسید کربن



منابع:

آشنایی با تجهیزات آزمایشگاهی فناوری نانو (اندازه گیری و تعیین مشخصات)، ستاد ویژه توسعه فناوری نانو، ویرایش چهارم

blogs.ch.cam.ac.uk  
chemwiki.ucdavis.edu

## History of nanotechnology

ادامه از صفحه ۵:

۱۹۸۵ کشف ساختار جدیدی از کربن (C<sub>60</sub>)

۱۹۹۰ نمایش توانایی کنترل نحوه قرارگیری اتم‌ها توسط شرکت IBM

۱۹۹۱ کشف نانو لوله‌های کربنی

۱۹۹۳ تولید اولین نقاط کوانتومی با کیفیت بالا

۱۹۹۷ ساخت اولین نانو ترانزیستور

۲۰۰۰ ساخت اولین موتور DNA

۲۰۰۱ ساخت یک مدل آزمایشگاهی سلول سوخت با استفاده از نانولوله

۲۰۰۲ سلول‌های ضدلک به بازار آمد

۲۰۰۳ تولید نمونه‌های آزمایشگاهی نانوسلول‌های خورشیدی

منبع

Nanotechnology For Dummies, 2nd Edition, Earl Boysen, Nancy, C. Muir

مترجم: ر. حسینی

## History of nanotechnology

ویژه نامه نانوفناوری

اردیبهشت ۹۴

برای باخبر شدن از جنبه‌های مختلف نانوفناوری، مرور جدول زمانی اکتشافاتی که ما را به درک کنونی این علم رسانده است، مفید خواهد بود. این تاریخچه پایه و اساسی برای درک حالت کنونی این علم و پتانسیل تجاری آن شکل می‌دهد.

یکی از پیشگامان توسعه نانوفناوری/ریک درکسلر بود. درحالی‌که هنوز دانشجوی MIT بود اساس رهیافت پایین به بالا در نانو تکنولوژی را طرح-ریزی کرد که در آن چگونگی دستکاری اتم‌ها و ساختن مواد از این راه را توصیف می‌کرد.

درکسلر پیشنهاد کرد که می‌توان ماشین‌هایی کوچکتر از سلول‌های آلی ساخت. او پیش‌بینی کرده بود که این ماشین آلات تعمیر سلول می‌توانند برای درمان بیماری‌ها در جریان خون شخص ریخته شوند یا برای از بین بردن آلودگی در هوا منتشر شوند.

کتاب او "موتورهای خلقت: آینده نانوفناوری" که در سال ۱۹۸۶ منتشر شد یک متن ابتدایی در این زمینه است. او همچنین اولین شخصی بود که درجه PHD نانوفناوری مولکولی به او اعطا شد.

در سال ۱۹۸۱ گرد بینینگ و هنریش روهمر از IBM زوریخ ماشینی اختراع کردند که میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) نام داشت. STM برای عکسبرداری از اتم‌ها ساخته شد اما به نتیجه دیگری هم رسید که توانایی حرکت دادن اتم‌ها بود. یک نمود مشهور از این توانایی در سال ۱۹۸۹ زمانی که دون/یگلر از IBM با قرار دادن ۳۵ اتم روی سطحی از جنس نیکل حروف IBM را تشکیل داد، به نمایش گذاشته شد.

در سال ۱۹۸۵ مابین معرفی STM و نمایش مشهور چگونگی چیدن اتم‌ها، یک شیمیدان بریتانیایی به نام هری کروتو متوجه شد که میلیون‌ها کیلومتر دورتر در فضا زنجیره‌های اتم‌های کربن وجود دارند. کروتو حدس زده بود که این زنجیره‌ها ممکن است در جو ستاره‌های غول پیکر قرمز ایجاد شده باشند.

در حوالی همین زمان، کروتو به ریچارد اسمالی و روبرت کرل محققان آمریکایی دانشگاه رایس پیوست که بر روی خوشه‌های اتم‌های تشکیل شده در هنگام تبخیر نمونه‌های نیمه‌رسانا یا فلزی، مطالعه می‌کردند. این سه نفر زمانی که کروتو برای استفاده از تجهیزات دانشگاه رایس رفته بود به هم پیوستند. این گروه برای شبیه‌سازی گرمایی که در جو ستاره‌های غول پیکر قرمز وجود دارد، گرافیت را تبخیر کردند. با این روش مولکول-های کربنی تولید کردند که قبلاً هرگز دیده نشده بودند. آنها متوجه شدند که فراوان‌ترین مولکول شامل ۶۰ اتم کربن است. به دلیل اینکه این مولکول‌ها پایدار به نظر می‌رسند، کروتو، اسمالی و کرل حدس زدند که کروی باشند زیرا مولکول‌های کروی تمایل بیشتری به ثبات دارند. این سه دانشمند نهایتاً تشخیص دادند که ترکیب ۶۰ اتم کربن در شکل کروی نیازمند به هم پیوستن شش ضلعی‌ها و پنج ضلعی‌ها است. آنها نام این ساختار را باکی بال گذاشتند. باکی بال اغلب به دلیل داشتن ۶۰ اتم کربن، C<sub>60</sub> نامیده می‌شود.

در سال ۱۹۹۱ سوزن‌های کربنی نازکی کشف شدند که قطر بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر داشتند. این لوله‌ها مانند باکی بال از اتم‌های کربن پیوسته به هم در شش ضلعی و پنج ضلعی‌ها اما در شکل استوانه‌ای ساخته شده‌اند. این ساختارها توسط سامیو/یجیما کشف شدند و او نام آنها را نانولوله کربنی گذاشت. /یجیما برخی از دوده‌های کربنی را تحت میکروسکوپ الکترونی آزمایش کرد و دریافت که در نمونه استوانه‌های کوچک شامل شبکه اتم‌های کربن در امتداد باکی بال‌ها دیده می‌شوند. او دریافت که باکی بال‌هایی هستند که انتهای آنها مانند گره جمع نمی‌شود.

نانولوله‌ها دو نوع دارند: نانولوله‌های تک دیواره (SWNT) و نانولوله‌های چنددیواره (MWNT). نانولوله‌های تک دیواره به شکل استوانه‌های تک لایه هستند و نانولوله‌های چنددیواره چندین استوانه درهم فرو رفته می‌باشند.

درزیر به طور خلاصه رویدادهای مهم در زمینه فناوری نانو را ذکر می‌کنیم.

۱۸۵۷ کشف محلول کلوتیدی طلا توسط مایکل فارادی

۱۹۰۵ تشریح رفتار محلول‌های کلوتیدی توسط آلبرت انیشتین

۱۹۳۲ ایجاد لایه‌های اتمی به ضخامت یک مولکول توسط لنگمویر

۱۹۵۹ طرح ایده فضای زیاد در سطوح پایین برای کار با مواد در مقیاس نانو توسط فاینمن

۱۹۷۴ بیان واژه فناوری نانو برای اولین بار توسط نوریو تانیگوچی

۱۹۸۱ اختراع دستگاهی توسط IBM که به کمک آن می‌توان اتم‌ها را تک تک جابه‌جا کرد.

ادامه در صفحه ۴

## معرفی کتاب

مقدمه ای بر نانوفناوری

نویسنده : چالز پی. پول - فرانک جی. اونسز

مترجم : نیما تقوی نیا

انتشارات : دانشگاه

صنعتی شریف

تعداد صفحات : ۴۶۲

صفحه

فهرست مطالب کتاب

فصل ۱: مقدمه

فصل ۲: مقدمه ای بر فیزیک حالت جامد

فصل ۳: روش های اندازه گیری خواص

فصل ۴: خواص نانو ذرات منفرد

فصل ۵: نانوساختارهای کربنی

فصل ۶: مواد نانوساختار حجیم

فصل ۷: فرومغناطیس های نانوساختار

فصل ۸: طیف سنجی نوری و ارتعاشی

فصل ۹: چاه ها، سیم ها و نقاط کوانتومی

فصل ۱۰: خودسامانی و کاتالیز

فصل ۱۱: ترکیبات آلی و پلیمرها

فصل ۱۲: مواد زیستی

فصل ۱۳: نانوماشین ها و نانوزیست ها

ادامه از صفحه ۸:

- کوچک بودن ابعاد باعث می شود مساحت سطح خارجی کاتالیست افزایش پیدا کند. این مورد به ویژه در واکنش هایی که در فاز مایع انجام شده و عدم نفوذ، مرحله محدودکننده است، مؤثر می باشد.

- هدایت حرارتی بالای آنها باعث می شود حرارت واکنش به طور یکنواخت و سریع به بستر کاتالیست انتقال یافته و از تشکیل نقاط داغ سطحی که ممکن است گزینش پذیری واکنش را تغییر دهد، جلوگیری می نماید.

- ساختار آنها که دارای مساحت سطحی ویژه بالا به همراه یک حفره حجمی بلند است، یک امتیاز مهم محسوب می شود. حضور برهمکنش های الکترونی (برهمکنش های  $\pi$ ) بین سطح نانولوله های کربنی و اجزای نشانده شده می تواند خواص محصول نهایی را تحت تأثیر قرار دهد.

نانوذرات فلزی می توانند به آسانی در داخل لوله یا بر روی سطح نانولوله ها و نانوفیبرهای کربنی توسط یک تلقیح مرطوب ساده و به دنبال آن عملیات حرارتی کلاسیک قرار گیرند.

شیمی سطح در فرآیندهای متعددی دارای اهمیت قابل توجه است از جمله: جذب سطحی، اکسیداسیون، احیا و کاتالیز. ذرات با ابعاد  $1-10\text{ nm}$  یک افق جدید در شیمی سطح ایجاد کرده اند زیرا برهمکنش های سطح-واکنش گر در این ابعاد تغییر می کند. این به دو دلیل است: اولاً سطح بسیار زیاد مواد نانوساختار سبب می شود تعداد زیادی اتم در سطح قرار گیرند و در واکنش های سطح-گاز، سطح-مایع و حتی سطح-جامد دسترسی فراوان به اتم ها وجود داشته باشد. برای این دسترسی کوچک بودن ذره لازم است زیرا برای مثال در ذره ای به قطر  $3\text{ nm}$ ،  $50\%$  اتم ها در سطح قرار دارند در حالی که تنها کمتر از  $10\%$  اتم های یک ذره  $20\text{ nm}$  نانومتری بر روی سطح آن قرار می گیرند. دوم اینکه با کوچک شدن ذرات، واکنش پذیری شیمیایی افزایش می یابد. این دلایل برای بهبود واکنش پذیری به طور قوی احتمال دارد ناشی از تغییرات در شکل بلوری باشد؛ برای مثال وقتی غلظت لبه ها و گوشه ها زیاد شود، تغییر از شکل مکعبی به چندوجهی ایجاد می شود.

راضیه حسینی

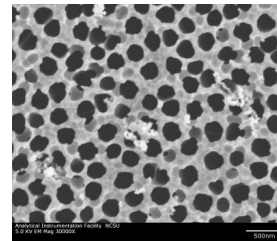
منابع:

دکتر مسعود صلواتی نیاسری، نانوکاتالیست، انتشارات علم و دانش، (۱۳۸۸)، فصل اول.

Keneth J. Klabunde, *Nanoscale Materials in Chemistry*, John Wiley & Sons, Inc.(2001), chapter 7.

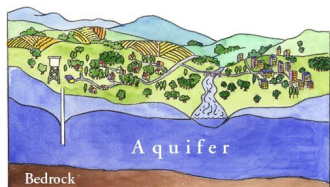


## کاهش ابعاد حفره‌ها در مواد توسط فناوری نانو



مواد متخلخل حفره‌هایی دارند که آب یا مایعات دیگر می‌توانند در آنها نفوذ کنند. مواد نانومتخلخل که شامل حفره‌های نانومقیاس هستند امکان استفاده‌های جذابی از حفره‌ها را ایجاد می‌کنند.

بسیاری از اجسام متخلخل هستند. برای مثال، سنگ‌های زیرزمینی متخلخل (aquifer) شامل حفره‌هایی هستند که آب را جذب می‌کند. البته کسر قابل توجهی از حجم این سنگ‌های متخلخل جامد است و مقدار آبی را که می‌توانند دربرگیرند محدود می‌نماید.

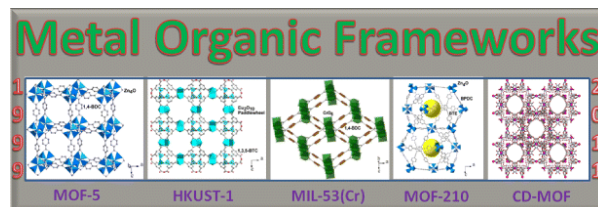


با ساختن مواد متخلخل از نانوذرات می‌توان درصد ماده جامد را کاهش داد که به ماده نانومتخلخل اجازه می‌دهد درصد حجمی بسیار بالاتری از مایع یا گاز را در خود ذخیره نماید.

اگر یک ماده جامد پر از سوراخ‌های نانویی شود، می‌توان حجم بزرگی از گاز را در آن ذخیره نمود. یک مثال خوب برای این موضوع آئروژل‌ها هستند. آئروژل‌ها از نانوذراتی ساخته شده‌اند که توسط نانو حفره‌های پر شده با هوا از هم جدا شده‌اند. به این دلیل که قسمت اعظم مواد آئروژلی از هوا تشکیل شده، این مواد عایق‌های بسیار خوبی هستند.

استفاده دیگر حفره‌هایی که ابعاد آنها توسط نانو کاهش یافته در طراحی

مواد نانومتخلخل برای پیشینه کردن سطح داخلی و تنظیم ابعاد سوراخ-هاست. محققان موادی ایجاد کرده‌اند که به چارچوب آلی-فلزی (MOFs) موسوم است. این مواد جهت مقاصدی از قبیل ذخیره گازها برای گیرانداختن دی اکسید کربن و ذخیره هیدروژن برای استفاده در سلول سوختی توسعه یافته‌اند.

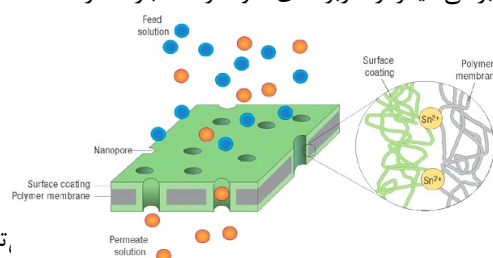


هم‌چنین سطح قابل دسترس نانوذره‌ای که پر از نانو حفره باشد برای تماس با گازها یا مایعات افزایش یافته و می‌تواند اثر کاتالیست‌ها را بهبود بخشد. کاتالیست مولکول‌های درگیر در واکنش را شکسته و به اتم‌هایش تجزیه می‌کند. سپس این اتم‌ها می‌توانند با انواع دیگر مولکول‌های موجود واکنش داده و نتیجه مطلوب را به صورت یک ماده شیمیایی کاملاً متفاوت ایجاد کند.

زمانی که کاتالیست نانومتخلخل باشد، اتم‌هایی که از مولکول‌ها جدا شده‌اند می‌توانند در سطح داخلی نانو حفره‌ها تجمع کرده و سطح بیشتری را برای کاتالیست جهت شکستن مولکول‌ها و پیشرفت واکنش تأمین کنند. این کاتالیست‌های بهبود یافته توانایی بیشتری برای تجزیه آلاینده‌های هوا و همچنین بهبود الکترودهای مورد استفاده در باتری‌ها دارند که موجب افزایش سرعت شارژ و ظرفیت ذخیره‌سازی آنها خواهد شد.

برخی دیگر از کاربردهای نانو حفره‌ها عبارتند از:

غشاهای شامل نانو حفره‌ها در فیلتراسیون آب جهت کاهش انرژی لازم برای جداسازی نمک‌ها از آب در شیرین کننده‌های آب دریا استفاده می‌شوند. وقتی حفره‌ها توسط نانولوله‌های کربنی شکل گیرند مولکول‌های آب به راحتی از میان آنها جریان می‌یابند اما مولکول‌های نمک که بزرگتر هستند نمیتوانند عبور کنند.



توان از نانو حفره‌ها برای انتقال پروتون‌ها (یون‌های هیدروژن) در سلول‌های سوختی استفاده نمود. محققان در حال توسعه غشاهایی هستند که نانو حفره‌هایی شامل یک محلول اسیدی دارند و موجب سهولت عبور یون‌های هیدروژن از میان این غشاها می‌شود.

نانو حفره‌ها همچنین می‌توانند جهت آنالیز سریع ساختار DNA استفاده شوند. هنگامی که یک مولکول DNA از میان یک نانو حفره که ولتاژی روی آن اعمال شده عبور کند، محققان می‌توانند با مطالعه تغییرات جریان الکتریکی ساختار آن را تعیین کنند.

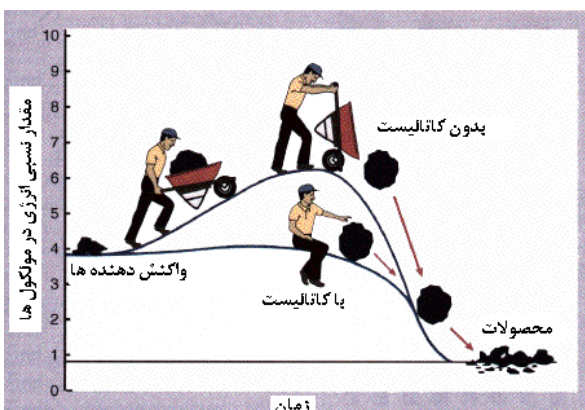
### منابع

Nanotechnology For Dummies, 2nd Edition, Earl Boysen, Nancy C. Muir  
www.nanowerk.com

مترجم: ر. حسینی

کاتالیست در ارتباط با نانوفناوری دو نقش اساسی را ایفا می کند: ۱- بعضی نانوساختارها می توانند به عنوان کاتالیست برای واکنش های افزایشی عمل نمایند. ۲- از کاتالیست ها می توان برای تولید نقاط کوانتومی، نانولوله ها و بسیاری نانوساختارهای متنوع دیگر بهره برد.

تلاش برای تجاری کردن کاتالیست با توسعه در روش های مختلف ساخت برای تهیه کاتالیست ها و تلاش برای بهینه کردن خواص آنها سابقه زیادی دارد. با این وجود تلاش برای طراحی مکان های فعال با گزینش پذیری بالا و فعالیت زیاد تاکنون ادامه داشته است. فناوری های جدید به دست آمده توسط نانوفناوری باعث پیشرفت هایی در جهت رسیدن به این هدف شده است. تحقیقات انجام شده در بهبود کاتالیست توسط نانوفناوری در سه ناحیه در حال انجام است: ساخت مکان های فعال فلزی و اکسیدفلزی، کنترل مؤثر محیط پیرامون مکان های فعال، ایجاد نانوواکنش گاه ها.



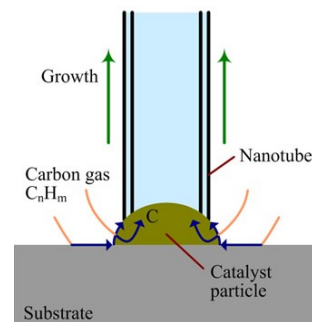
کاربردهای نانوفناوری

نانومواد کاتالیستی را می توان در گروه های زیر دسته بندی کرد:

- نانولوله های کربنی
- نانوذرات و نانوخوشه های تک فلزی و اکسیدی
- نانوذرات و نانوخوشه های دو فلزی
- نانوسیم ها
- نانو کامپوزیت ها
- نانومواد متخلخل مثل غشاهای نانومتخلخل، آئروژل ها، نانوساختارهای سیلیکون متخلخل، کربن فعال و زئولیت ها.

نانوفناوری از سه راه می تواند بر کاتالیست اثر بگذارد: اصلاح ساختار الکترونی کاتالیست، به وجود آوردن شیوه های جدید در انجام واکنش و کنترل میزان فعالیت، قابلیت انتخاب و عمر کاتالیست.

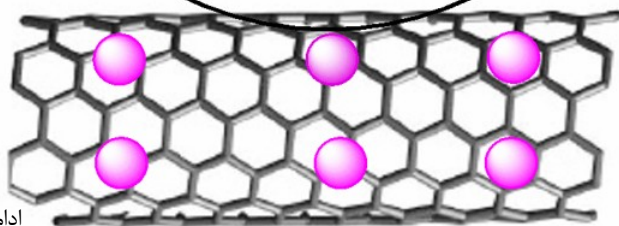
ناحیه ای که کاتالیست نقش بسیار مهمی در آن داشته، تهیه نانولوله های کربنی است. با توجه به این نکته که قطر نانولوله های کربنی متناسب با قطر ذره کاتالیست است، پیشرفت روش ساخت نانوذرات با اندازه یکنواخت، تولید نانولوله های با قطر یکسان را بهبود می بخشد. همچنین تغییر در ترکیب ذره کاتالیست، امکان تولید نانولوله های تک دیواره و چند دیواره را ایجاد می کند. نانولوله های کربنی، کانال هایی در مقیاس نانو دارند که می توان مکان های فعال کاتالیستی را درون آنها به دام انداخت. خواص نانومواد با نسبت سطح به حجم آن تعیین می شود. این نسبت را می توان به صورت طول محور اصلی ماده به پهنا یا قطر آن تعریف کرد.



نانولوله ها و نانوفیبرهای کربنی دارای نسبتی از چند ده تا چندین هزار هستند. نسبت بالای سطح به حجم این مواد، مساحت خارجی قابل ملاحظه ای در مقایسه با مواد معمولی به وجود آورده است. این نانوساختارهای یک بعدی به علت خواص بی نظیر مکانیکی و شیمیایی مورد مطالعه فراوانی قرار گرفته اند؛ یکی از کاربردهایی که برای آنها پیشنهاد شده است استفاده به عنوان بستر کاتالیست است. این کاربرد دارای امتیازات زیر است:



100–180 °C



CO conversion = 100%

Pt-Ni-Mg

ادامه در صفحه ۶

است:





## اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در نمونه‌های غذایی

پژوهشگران دانشگاه تهران موفق به ساخت نانوجاذبی شده‌اند که قادر است مقادیر کم فلزات سنگین را در نمونه‌های آب و مواد غذایی اندازه‌گیری کند. این نانوجاذب خاصیت مغناطیسی داشته و قابلیت استفاده‌ی مجدد را برای کاربر امکان پذیر می‌کند. از نتایج این تحقیقات می‌توان در صنایع غذایی و یا تصفیه‌ی آب بهره برد.

فلزات سنگین سمی، مانند سرب و کادمیوم، می‌توانند به تدریج در بدن انسان (عمدتاً در کبد و کلیه) تجمع یافته و به سلامت او آسیب برسانند. نوزادان، به دلیل سیستم‌های کلیوی نابالغ خود، نسبت به این عناصر آسیب پذیرتر بوده و تحمل کمتری در برابر این عناصر غیر ضروری از خود نشان می‌دهند. یکی از راه‌های ورود این فلزات به بدن انسان از طریق مصرف روزانه‌ی آب و غذاست. بنابراین، نظارت بر غلظت سرب و کادمیوم در نمونه‌های آب و غذا بسیار مهم است.

هدف این پژوهش تهیه نانوجاذب مغناطیسی با پوشش مناسب و بررسی کاربرد آن در پیش‌تغلیظ و اندازه‌گیری مقادیر بسیار اندک فلزات در نمونه‌های مختلف آب و نمونه‌های غذایی بوده است.

دکتر ملیحه داودآبادی فراهانی، مجری این طرح، در خصوص مزیت‌های نانوجاذب سنتز شده عنوان کرد: "فرایند استخراج با جاذب‌های مغناطیسی قابلیت جداسازی‌های نمونه‌ها را، حتی به صورت گزینشی، فراهم می‌آورند. از طرفی عدم نیاز به فرایند زمان بر سانتیفریژ و صاف کردن محلول و سرعت و ضریب تغلیظ بالا از دیگر فواید بکارگیری این نانوجاذب‌هاست. ضمن اینکه این ذرات پس از جمع‌آوری و اصلاح (در صورت لزوم) قابلیت استفاده‌ی مجدد را خواهند داشت."

وی در ادامه افزود: "جداسازی به کمک نانوجاذب‌ها دارای دقت و حساسیت بالایی بوده و می‌تواند برای اندازه‌گیری فلزات مختلف در نمونه‌ها با حجم بالا و حاوی مقادیر ناچیز از این گونه‌ها بکار رود. از این روش می‌توان در صنایع تصفیه‌ی آب و یا برای پیش‌تغلیظ و اندازه‌گیری فلزات مختلف در ماتریس‌های متفاوت استفاده نمود."

به گفته‌ی این محقق، در این کار نانوذرات مغناطیسی آهن توسط سیلیکا و سورفکتانت آنیونی سدیم دودسیل سولفات پوشش داده شده‌اند. این نانوجاذب‌ها برای پیش‌تغلیظ و اندازه‌گیری همزمان مقادیر بسیار کوچک کادمیوم و سرب در نمونه‌های مختلف آب و شیر خشک، با روش استخراج فاز جامد به کار رفته‌اند. میزان فلزات جذب شده با دستگاه جذب اتمی تعیین شده است. تأثیر pH محیط، نوع و حجم شوینده، مقدار جاذب، زمان استخراج، شرایط واجذب و ظرفیت جاذب از موارد بررسی و بهینه شده در این کار است.



این تحقیقات از همکاری دکتر ملیحه داودآبادی فراهانی - دانش‌آموخته‌ی دانشگاه تهران - و دکتر فرزانه شمیرانی - عضو هیأت علمی دانشگاه تهران - به دست آمده و نتایج آن در مجله‌ی Journal of AOAC International (جلد ۹۷، شماره ۶، سال ۲۰۱۴، صفحات ۱۶۸۲ تا ۱۶۸۸) چاپ شده است.

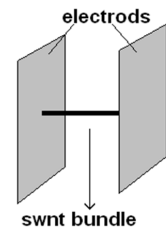
منبع

www.nano.ir



## روش‌های اندازه‌گیری رسانندگی الکتریکی نانولوله‌های کربنی

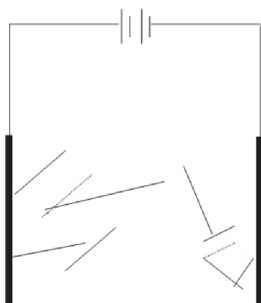
برای اندازه‌گیری رسانندگی الکتریکی نانولوله‌های کربنی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. یکی از این روش‌ها اندازه‌گیری رسانندگی یا مقاومت نانولوله تکی و یا دسته‌های نانولوله تک‌دیواره است [۱]. در این روش باید با دقت بالایی یک و یا یک دسته نانولوله را برداشته و بین الکترودها جوش داد. روش‌های دیگری نیز وجود دارند که برپایه خواص الکتریکی نمونه‌های حجمی نانولوله‌ها استوارند. در این روش‌ها رسانندگی الکتریکی مخلوطی از نانولوله‌های کربنی با مواد عایق دیگر اندازه‌گیری می‌شود و اثری را که نانولوله‌ها بر رسانندگی کل نمونه می‌گذارند مورد تحلیل قرار می‌دهند. مخلوط کردن نانولوله‌های کربنی با مواد مایع و جامد عایق برای بالا بردن رسانندگی الکتریکی آنها کاربردهای فراوانی دارد.



آزمایش نانو

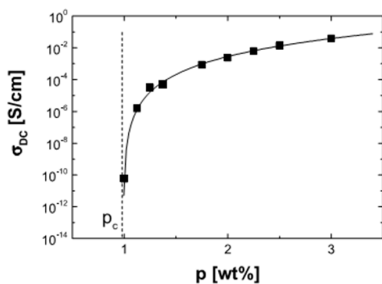
### اندازه‌گیری رسانندگی الکتریکی محلول نانولوله کربنی در مایع عایق

در این روش از حلال عایق استفاده می‌شود و حلالی که مقاومت بالاتری داشته باشد، مناسبتر است. در صورتی که حلال، عایق خوبی باشد می‌توان انتقال الکترون‌ها را به‌طور کامل به انتقال درون نانولوله‌های کربنی و بین آنها نسبت داد و معیاری از رسانندگی نانولوله را به‌دست آورد. در چنین نمونه‌هایی ارتباط بین رسانندگی و درصد وزنی نانولوله موجود در محلول از قانون آرچی پیروی می‌کند [۲].



### قانون آرچی

قانون آرچی از گذشته در پتروفیزیک استفاده می‌شده است و رسانندگی الکتریکی رسوب‌های معدنی را به تخلخل و حد اشباع آنها مربوط می‌کند [۳]. از این قانون می‌توان برای بیان ارتباط بین رسانندگی مخلوطی از یک جامد رسانا و یک مایع نارسانا نیز استفاده کرد. رابطه‌ای که از این قانون برای رسانندگی استنباط می‌شود به شکل  $\sigma/\sigma_0 = a\Phi^m$  است [۲]. در این رابطه،  $\sigma$  رسانندگی مخلوط و  $\sigma_0$  رسانندگی مایع اولیه است.  $\Phi$  غلظت را نشان می‌دهد و  $a$  و  $m$  ثوابتی هستند که به خصوصیات مایع عایق و جامد رسانا مربوط می‌شوند. در مرجع [۲] این ثوابت برای مخلوط نانولوله کربنی و چند مایع عایق از جمله تولوئن و کلروفرم به‌دست آمده‌اند.



رسانندگی کامپوزیت نانولوله/پلی کربنات بر حسب درصد وزنی نانولوله [۵]

### اندازه‌گیری رسانندگی الکتریکی مخلوط نانولوله کربنی در جامد عایق

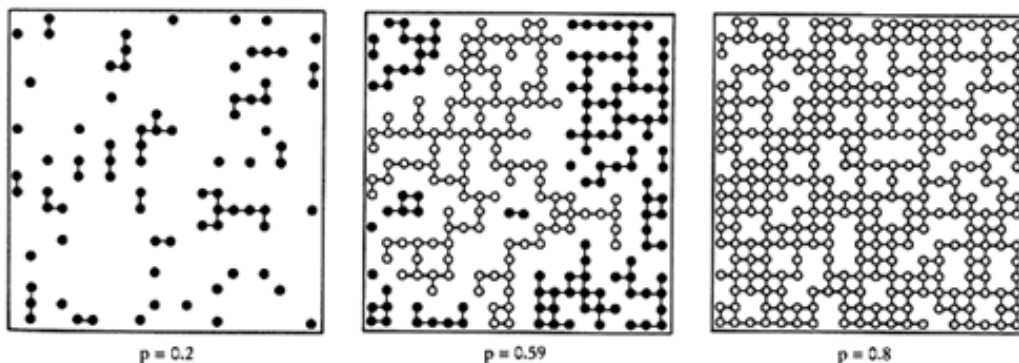
افزودن حدود ۰/۲ درصد وزنی نانولوله کربنی به پلیمرها سبب افزایش قابل توجه رسانندگی الکتریکی آنها می‌شود [۴]. به همین دلیل برای ایجاد رسانش الکتریکی در محیط‌های جامدی که از نظر الکتریکی عایق هستند، نانولوله‌های کربنی گزینه بسیار مناسبی به نظر می‌رسند. نانولوله‌های کربنی به مواد مختلفی از قبیل پلی کربنات [۵]، پلی اتیلن ترفتالات [۶]، پلی پروپیلن [۷] و ... اضافه شده و تغییرات رسانندگی الکتریکی ترکیب با تغییر میزان نانولوله کربنی بررسی شده است.

نتیجه‌ای که از این اندازه‌گیری‌ها به‌دست آمده این است که رسانندگی در اینگونه کامپوزیت‌ها از تئوری پرکولاسیون پیروی کرده و در یک غلظت خاص که برای مواد مختلف متفاوت و همیشه کمتر از یک درصد وزنی است، ماده از عایق به رسانا تبدیل می‌شود.

### تئوری پرکولاسیون

پرکولاسیون یک مدل استاندارد برای سیستم‌های بی‌نظم است. محدوده کاربردهای آن از رسانش در محیط‌های متخلخل و آمورف و کامپوزیت‌ها تا خواص پلیمرهای شاخه‌دار، ژل‌ها و رساناهای یونی پیچیده است. به دلیل عمومیت آن، نتایج وابسته به مدل خاصی نیست و قوانین پایه‌ای را می‌توان از آن استخراج کرد.

برای توضیح این تئوری، یک شبکه مربعی را در نظر می‌گیریم که هر سایت آن به طور اتفاقی با احتمال  $p$  پر است و با احتمال  $1-p$  خالی است. سایت‌های پر و خالی می‌توانند بیانگر خواص فیزیکی مختلفی باشند. می‌توانیم فرض کنیم سایت‌های اشغال شده، رسانای الکتریکی و سایت‌های خالی عایق باشند و جریان الکتریکی تنها می‌تواند بین نزدیکترین همسایه‌های سایت‌های رسانا شارش یابد.



پرکولاسیون در شبکه مربعی: دایره‌های کوچک سایت‌های اشغال شده را برای سه غلظت متفاوت نشان می‌دهد. سایت‌های همسایه با خط به یکدیگر وصل شده‌اند. دایره‌های پر نشان‌دهنده خوشه‌های متناهی هستند و دایره‌های توخالی، خوشه نامتناهی را مشخص می‌کنند [۸].

در غلظت پایین  $p$ ، سایت‌های رسانا از یکدیگر ایزوله هستند یا خوشه‌های کوچک تشکیل داده‌اند. دو سایت رسانا در یک خوشه هستند اگر با مسیری از سایت‌های همسایه رسانا به یکدیگر متصل شده باشند و جریان بین آنها شارش یابد. در مقادیر کم  $p$ ، ترکیب یک عایق است زیرا مسیر رسانش بین دو لبه مقابل هم وجود ندارد. در مقادیر بزرگ  $p$ ، تعداد زیادی مسیر رسانشی بین لبه‌های مقابل هم موجود است که جریان الکتریکی از یک لبه به دیگری نفوذ می‌کند. زیر  $p_c$  عایق و بالای آن رسانا داریم. غلظت آستانه، آستانه پرکولاسیون نام دارد و از آنجا که این غلظت دو فاز متفاوت را از یکدیگر جدا می‌کند غلظت بحرانی هم گفته می‌شود.

اگر سایت‌های اشغال شده، ابررسانا و سایت‌های خالی رسانای نرمال باشند،  $p_c$  یک فاز رسانای نرمال در زیر آن و فاز ابررسانا در بالای آن را از هم جدا می‌کند. مثال دیگر ترکیب فرومغناطیس و پارامغناطیس است که سیستم در  $p_c$  از پارامغناطیس به فرومغناطیس تغییر فاز می‌دهد. در مقابل گذارهای فاز گرمایی که گذار بین دو فاز در دمای بحرانی اتفاق می‌افتد، گذار پرکولاسیون یک گذار فاز هندسی است که با شکل هندسی خوشه‌های بزرگ در نزدیکی  $p_c$  مشخصه‌یابی می‌شود. در مقادیر کوچک  $p$ ، تنها خوشه‌های کوچکی از سایت‌های اشغال شده وجود دارد. وقتی غلظت  $p$  افزایش می‌یابد، اندازه متوسط خوشه‌ها بزرگ می‌شود. در غلظت بحرانی یک خوشه بزرگ دیده می‌شود که دو لبه مقابل را به هم متصل می‌کند و به آن خوشه بی‌نهایت می‌گویند. وقتی  $p$  افزایش می‌یابد، چگالی خوشه بی‌نهایت نیز زیاد می‌شود، زیرا سایت‌های بیشتری جزء خوشه بی‌نهایت می‌شوند و اندازه متوسط خوشه‌های متناهی که به خوشه بی‌نهایت ملحق نشده‌اند، کاهش می‌یابد و در  $p=1$  همه سایت‌ها جزئی از این خوشه می‌شوند و کل اجزای سیستم از یک نوع هستند. این رفتار در شکل بالا نشان داده شده است [۸].

راضیه حسینی  
منابع:

- [۱] M. Ferrier et al., Superconductivity in ropes of carbon nanotubes, *Solid State Comm.* **131**(2004)615-623.
- [۲] L. Liu et al., A study on the electrical conductivity of multi-walled carbon nanotubes aqueous solution, *Physics E* **24**(2004)343-348.
- [۳] [http://en.wikipedia.org/wiki/Archie's\\_low.html](http://en.wikipedia.org/wiki/Archie's_low.html)
- [۴] A. Nogales et al., *Macromolecules* **37**(2004)7669-7672.
- [۵] P. Potschke et al., Rheological and dielectrical characterization of melt mixed polycarbonate-multiwalled carbon nanotube composites, *Polymer* **45**(2004)8863-8870.
- [۶] G. Hu et al., Low percolation thresholds of electrical conductivity and rheology in poly(ethylene terephthalate) through the networks of multi-wall carbon nanotubes, *Polymer* **47**(2006)480-488.
- [۷] N. Grossiord et al., Isotactic polypropylene/carbon nanotubes composites prepared by latex technology: electrical conductivity study, *European Polymer Journal* **46**(2010)1833-1843.
- [۸] A. Bunde and J. W. Kantelhardt, *Introduction to percolation theory (part A)*.