

فهرست

- ۱..... همایش دوم نانو تکنولوژی به همراه کارگاههای آموزشی در دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- ۲..... خلاصه‌ای از برنامه نانو تکنولوژی MEXT در ژاپن
- ۴..... کاشی‌های DNA و چیدمان نانو ساختارها
- ۶..... پروتئین‌های بدام افتاده
- ۹..... جداسازی نانولوله‌های فلزی از نانولوله‌های نیمه‌هادی
- ۱۰..... تسریع تعیین توالی DNA
- ۱۲..... تجاری‌سازی دو فرآیند نانومتری
- ۱۲..... مکانیک کوانتوم در مقابل نور کلاسیک
- ۱۵..... پیل خورشیدی جدید
- ۱۹..... غربال‌های کوانتومی
- ۲۰..... غربال کردن مولکولی
- ۲۱..... غربال کردن کوانتومی

این کمیته آماده دریافت اخبار و مقالات شما می‌باشد.

صندوق پستی: ۴۶۷۱ ۱۴۱۵۵ تلفن: ۷ ۸۹۵۰۵۱۵

نقل مطالب این خبرنامه با ذکر منبع بلامانع است.

همایش دوم نانوتکنولوژی به همراه کارگاههای آموزشی در دانشگاه

صنعتی امیر کبیر

پیرو برگزاری همایش اول نانوتکنولوژی (پنجم خرداد ۸۲) در دانشگاه صنعتی امیر کبیر توسط کمیته نانوفناوری بسیج علمی و به همت پژوهشکده فناوریهای نو، همایش دوم نانوتکنولوژی به همراه کارگاههای آموزشی تخصصی در ۱۰ و ۱۱ آذرماه سال جاری برگزار خواهد گردید.

افتتاحیه شامل:

- ارایه دستاوردهای هسته‌های فعال در زمینه نانوتکنولوژی کشور
- بیان سیاست‌های کلی کشور در زمینه نانوتکنولوژی

کارگاه‌های آموزشی تخصصی:

ردیف	موضوع	سرپرست تیم	از
۱	کاربرد نانوتکنولوژی در صنعت نفت	دکتر اکبرنژاد	پژوهشگاه صنعت نفت - مرکز تحقیقات کاتالیست
۲	کاربرد کامپیوتر در نانوتکنولوژی	دکتر شمشیرساز	پژوهشکده فناوریهای نو
۳	کاربرد نانوتکنولوژی در محیط زیست	دکتر احمدپور	دانشکده فنی دانشگاه فردوسی مشهد
۴	کاربرد نانوتکنولوژی در صنایع رنگ و پوشش	دکتر رسولی	پژوهشگاه صنایع رنگ ایران
۵	کاربرد نانوتکنولوژی در صنعت ساختمان	مهندس حسین - پور	دانشگاه صنعتی امیر کبیر

نکات ضروری:

- ۱- شرکت در همایش عمومی بوده و افراد علاقمند به شرکت در کارگاه‌ها بایستی قبل از شرکت، در کارگاه‌های مربوطه ثبت‌نام به عمل آورند.
 - ۲- هر یک از کارگاه‌ها در مدت زمان ۴ ساعت (نیم روزه) ارائه خواهند شد.
 - ۳- علاقمندان جهت کسب اطلاعات لازم در مورد زمان دقیق برگزاری هر یک از کارگاه‌ها و خلاصه مباحث کارگاه‌ها می‌توانند به آدرس اینترنتی www.AUTbasij.org مراجعه نمایند.
 - ۴- جهت کسب اطلاعات بیشتر با شماره تلفن ۶۴۵۴۲۵۹۴ (دبیرخانه همایش) و شماره تلفکس ۶۴۹۹۰۶۷ تماس حاصل فرمایید.
- E_mail:** AUTb@irannano.org

خلاصه‌ای از برنامه نانوتکنولوژی MEXT در ژاپن

- اکتبر ۲۰۰۳ - وزارت آموزش، فرهنگ، ورزش، علوم و فناوری ژاپن (MEXT)، یکی دیگر از سرمایه‌گذاران عرصه علوم و فناوری نانو در این کشور به شمار می‌رود. انواع مختلف سرمایه‌گذاری این وزارتخانه عبارتند از:
- ✓ تحقیق و توسعه در زمینه صنعتی‌سازی؛ رهبری پروژه‌ها و هدایت آزمایشگاه‌های نانوتکنولوژی
 - ✓ تحقیقات بنیادی؛ انجام تحقیقات در آزمایشگاه‌های ملی
 - ✓ حمایت از مؤسسات تحقیقاتی؛ حمایت از پروژه‌های نانوتکنولوژی این مؤسسات
- برنامه نانوتکنولوژی MEXT در سال ۲۰۰۳ در جدول زیر خلاصه شده است:

اهداف	لیست پروژه‌ها	بودجه (میلیون دلار)	نوع فعالیت
رسیدن به اهداف اقتصادی ۵ ساله	<p>۱- روش جدید ساخت نانوبازار به کمک ابرمولکول‌های پروئینی</p> <p>۲- توسعه منبع EUV برای ساخت نیمه‌هادی‌های پیشرفته</p> <p>۳- ساخت اعضاء بدن انسان</p> <p>۴- پیل‌های سوختی نسل بعد</p> <p>۵- ساخت تجهیزات اندازه‌گیری پیشرفته (NMR پیشرفته)</p>	۲۶ میلیون به علاوه ۱۳۴ میلیون بودجه تکمیلی برای تهیه تسهیلات	رهبری پروژه
انجام پروژه‌های تحقیقاتی در دوره ۱۰ تا ۲۰ ساله	<p>۱- ساخت نانوسیستم‌های بسیار سریع، کم مصرف و پربهره</p> <p>۲- ساخت نانوبازار جدید مبتنی بر قوانین و اصول فیزیکی جدید</p> <p>۳- استفاده از ساخت نانومتری برای دسترسی به پردازش داده و مخابرات پیشرفته</p> <p>۴- استفاده از نانومواد برای دسترسی به پردازش داده و مخابرات پیشرفته</p> <p>۵- ساخت سیستم‌های زیستی که از مولکول‌های شیمیایی برای مصارف پزشکی استفاده می‌کنند.</p> <p>۶- استفاده از نانوماشین‌ها</p> <p>۷- ساخت مواد و سیستم‌های کارکردی با استفاده از کنترل مولکولی و خودسامانی</p> <p>۸- ساخت کاتالیست‌های نانو ساختار و مواد جدید برای حفاظت از محیط زیست</p> <p>۹- ساخت نانو مواد و نانوسیستم‌ها برای استفاده پیشرفته از انرژی</p> <p>۱۰- دسترسی به فناوری‌های جدید با ترکیب فناوری‌های اطلاعات، بیو، محیط زیست و نانو</p> <p>۱۱- دسترسی به فناوری‌های جدید برای عملی‌سازی پردازش کوانتومی اطلاعات</p> <p>۱۲- کوانتوم و اطلاعات</p>	۸۱ میلیون در ۱۲ عرضه تحقیقاتی	آزمایشگاه نانوتکنولوژی
	اطلاعات در www.nanonet.go.jp	۲۹ میلیون به علاوه ۲۳ میلیون بودجه تکمیلی جهت تهیه تسهیلات	حمایت از پروژه‌های نانوتکنولوژی

اهداف	لیست پروژهها	بودجه (میلیون دلار)	نوع فعالیت
	۱- ساخت مواد و دستگاه‌های جدید برای پیشرفت در فناوری‌های اطلاعات و مخابرات ۲- ساخت موادی برای ذخیره انرژی و کاهش CO ₂ ۳- ساخت مواد ایمنی ۴- تقویت بنیاد علوم و تحقیقات	۱۶۸ میلیون	مؤسسه ملی علوم مواد
	۱- تحقیقات نسل بعدی علوم و فناوری نانو ۲- تحقیقات در زمینه مواد کارکردی ۳- تحقیقات جهت دسترسی به تک کوانتوم ۴- تحقیقات در زمینه مواد کوانتومی	۱۷ میلیون به علاوه ۱۶ میلیون بودجه تکمیلی جهت تهیه تسهیلات	RIKEN

منبع: <http://www.nanoworld.jp>

کاشی‌های DNA و چیدمان نانوساختارها

۱۷ اکتبر ۲۰۰۳ - دانشمندان دانشگاه "دوک" در آمریکا از نانوساختارهای DNA به عنوان

قالبی برای ساخت نانوسیم‌های نقره و آرایه‌های پروتئینی استفاده کرده‌اند. این نانوساختارها می‌توانند در تهیه ابزارهای منطقی مولکولی بکار روند.

تام لاین گفت: " ما معتقدیم چیزی که ساخته‌ایم یکی از کاراترین سیستم‌های

خودسامانی است که تا کنون برای ساخت طرح‌های بسیار کوچک (کمتر از ۱۰ نانومتر) با بیشترین شباهت حداقل یک میلیارد نسخه - و بهترین آرایش نشان داده شده‌اند. ما بطور موفقیت آمیز اسیدنوکلئیک‌ها، پروتئین‌ها، فلزات نانوذرهای و فلزات توده‌ای را الگودهی داده و در حال دست‌یابی به الگویی از نانولوله‌های کربنی هستیم."

لاین و همکارانش کاشی‌هایی شامل ۹ رشته DNA را که به شکل یک صلیب آرایش

یافته بودند بکار بردند. هر کدام از چهار بازوی این صلیب به ۴ رشته DNA منتهی می‌شد در

حالی که یک رشته DNA در تمام چهار بازوی صلیب مشترک بود. در مرکز این کاشی یک

حفره مربعی با حلقه‌های T₄ در رئوس آن وجود داشت. کاشی‌های DNA خود ساماندهی شده

به درون نانونوارها یا نانوتورها، به نحوه آرایش یافتن سرهای چسبان شان وابسته می باشند.

یک شکل از سرهای چسبان، در کاشی های DNA ساماندهی شده به صورت نانونوارهایی با عرض حدود ۶۰nm و طول متوسط ۵μm بوجود آمد.

در این ساماندهی هر وجه یک کاشی با تمام وجه های مشابه خود از کاشی های دیگر در یک جهت قرار دارد. اما محققین بوسیله برنامه ریزی مجدد آرایش DNA باعث خودسامانی کاشی های DNA شدند، بطوریکه هر وجه یک کاشی بطور یک درمیان در جهت بالا و پائین وجوه مشابه در کاشی های دیگر قرار گرفت. این کار سبب بدست آمدن یک نانوتور با عرض بیش از چند صد نانومتر و فاصله ای در حدود ۱۹ نانومتر بین مراکز کاشی ها می شود. لاین گفت: "این کاشی ۴×۴ جهت بکاربردن اتصالات سر چسبیده و توده مارپیچ در ۴ جهت صفحه مشبک و به منظور منظم نمودن رشد شبکه کاشی و تولید اشیاء با نسبت ظاهری مربع طراحی شده است. اگر مربع های مشبک را بتوان به عنوان پیکسلی در یک آرایه در نظر گرفت، یکی از اهداف ما تولید آرایه های پیکسل یکسان و با فواصل مساوی در جهات عمودی و افقی است."

لاین و همکارانش بوسیله اصلاح حلقه ها در مرکز هر کاشی گروه های کارکردی را به این نانوساختارها چسبانند. به عنوان مثال آنها یک گروه بیوتین (یک نوع ویتامین B) را به بعضی از حلقه های T₄ اضافه نمودند، که باعث شد این حلقه ها به پروتئین استرپتاویدین متصل شوند.

محققین نانونوارهای DNA را بوسیله نانوذرات نقره فلزکاری نمودند. نانوسیم های حاصله ۳۵ نانومتر ارتفاع، ۴۳ نانومتر عرض و بیش از ۵ میکرومتر طول داشتند. آنها بوسیله الگودهی فلزی که منجر به تولید نانوسیم ها می شود، متوجه شدند که این سیم ها باید هدایت بیشتری نسبت به نانوسیم های نقره با قالب DNA و مارپیچ دو گانه داشته باشند.

لاین گفت: "نانوساختارهای DNA خودسامان منجر به پیشرفت در الکترونیک مولکولی

و نانوالکترونیک کامپیوتری، کالاهای مصرفی، قطعات پزشکی، جمع کننده های نور خورشیدی، باتری ها و نمایش دهنده های مسطح می شوند.

نانوساختارهای DNA در قطعات مولکولی مستقل، عوامل ژن درمانی، طب مولکولی، تشخیص و چیدمان مواد نانوالگودهی شده برای کاربردهای فیزیکی و شیمیایی متعدد کاربرد دارند. هم اکنون دانشمندان در حال کار بر روی افزایش اندازه اشياء ساماندهی شده، کاهش نرخ خطا و همچنین افزایش پیچیدگی الگوهایی هستند که آنها می توانند شکل دهی کنند. همچنین آنها در تلاش برای تولید نانو آرایه های قابل آدرس دهی می باشند. لاین گفت: "ما در تلاش برای بهبود وابستگی شیمیایی، ساخت و رسوب دهی کنترل شده اجزاء الکترونیکی کارکردی، قطعات، سیستم ها و مدارها هستیم."

منبع: <http://www.nanotechweb.org>

پروتئین های بدام افتاده

پروتئین های بدام افتاده در محیط های متخلخل را می توان در کاتالیست های زیستی و حسگرها بکار برد. به نظر می رسد یک آنزیم کپسوله شده در "دود منجمد"^۱ حاصل از یک آئروژل فقط هنگامی که حول یک نانوذره طلا سازماندهی شده باشد فعالیتش را حفظ می کند. یک ماده کامپوزیتی غیرمعمول که در آن چندین هزار مولکول پروتئینی که ظاهراً درون یک نانوخوشه جا داده شده اند و به یک ماتریس سیلیکاتی با تخلخل بالا چسبیده اند، می تواند به عنوان شکل پایداری از مولکول های زیستی برای حس کردن زیستی و شیمیایی مورد استفاده قرار بگیرد.

دبرا رولیسون و همکارانش در آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی واشنگتن متوجه شدند

¹ - frozen smoke

که زیست کامپوزیت حاوی "هم سیتوکروم پروتئین خونی C" می تواند با اکسید نیتروژن در فاز گازی پیوند یابد.

پروتئین های کپسوله شده در یک آئروژل سیلیکا - که عمدتاً فضای خالی زیادی دارند - برای مولکول های نفوذ کننده به درون خلل و فرج قابل دسترسی هستند.

مطالعات زیادی روی پروتئین های کپسوله شده در محیط های متخلخل صورت گرفته است، زیرا این مطالعات امکان بی حرکت کردن و پایدار ساختن مولکول های زیستی را برای کاربردهای تکنولوژیکی فراهم می آورند. به عنوان مثال آنزیم هایی که بدین طریق به دام می افتند، می توانند به عنوان کاتالیست زیستی غیرهمگن عمل کنند.

اغلب تحقیقات قبلی بر روی محیط های متخلخل متراکمی که عمدتاً بوسیله فرآیند سل - ژل بدست آمده اند متمرکز شده بود. آئروژل های فوق سبک می توانند بیش از ۹۵٪ فضای خالی داشته باشند که این تخلخل بالا بدان معناست که مولکول ها می توانند از میان شبکه منافذ در سرعت هایی که با سرعت نفوذ آزاد مولکول ها چندان تفاوت ندارد عبور نمایند. در نتیجه یک کاتالیست زیستی یا حسگر زیستی ساخته شده از پروتئین های کپسوله شده در آئروژل باید پاسخ خیلی سریعی از خود نشان دهد.

رولیسون و همکارانش سیتوکروم C به دام افتاده را به یک آئروژل سیلیکا چسبانند. اما آنها متوجه شدند که آنزیم ها فعالیت پیوندی لیگاندشان را فقط هنگامی حفظ می کنند که فرآیند ساخت ژل در حضور ذرات کلوئیدی طلا با اندازه ۱۰ نانومتر انجام شود. بدون طلا به نظر می رسد که پروتئین ها از بین بروند.

با در نظر گرفتن اینکه یک تک لایه از پروتئین بر روی ذره طلا جذب شده و به طریقی پایدار می شود، چنین به نظر می رسد که نسبت مولکول های پروتئین به ذرات طلا خیلی بالا باشد. (۱۰ هزار مولکول پروتئین به ازاء هر ذره طلا) محققین یک مدل ساختاری در نظر گرفتند که در

آن جذب یک تک لایه اولیه (احتمالاً از طریق گروه‌های لیزین در پروتئین) موجب وجود آمدن یک قالب لایه مولکولی برای سازمان‌دهی شدن لایه‌های بعدی پروتئین‌ها می‌گردد. در نهایت طبق این مدل یک خوشه بزرگ سیتوکروم با قطر ۱۰۰ نانومتر حول دانه طلا توسعه داده شد. رولیسون و همکارانش فکر می‌کنند که این ابرساختارهای پروتئینی تا حدودی شکننده باشند. یک مخلوط تازه ذرات کلئیدی طلا با سیتوکروم C به شدت نور را پراکنده می‌کند که بیانگر وجود ذرات ۱۰۰ نانومتری است. اما آنها معتقدند که آشفته‌گی‌های مکانیکی مانند نیروهای برشی حاصل از سانتریفوژ جهت از هم گسیختگی این مجموعه‌های چیدمان‌شده کافی است. در میکروگراف الکترون انتقالی محققین مشاهده نمودند چیزی که به نظر می‌رسد خوشه‌های ۱۰۰ نانومتری پروتئین باشد در ذرات طلای مرکزی و در یک ماتریس متخلخل احاطه شده است.

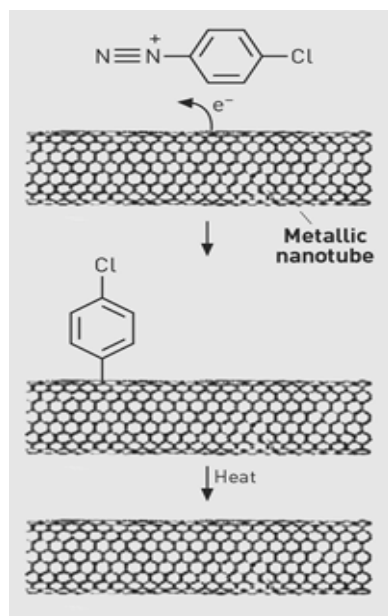
شرایطی که این خوشه پروتئینی در هنگام خشک شدن سل به صورت آئروژول با آن روبرو می‌شود نسبتاً خشن می‌باشد. قابل توجه است که اغلب این پروتئین‌ها از لحاظ زیستی بی‌زیان هستند. به منظور جلوگیری از متلاشی شدن شبکه منافذ ایجادشده بوسیله نیروی موئینگی، آئروژول‌های دارای تخلخل بالا باید بوسیله حلال فوق بحرانی خشک شوند. حلال آلی جایگزین محلول آبی می‌شود و این حلال آلی با دی‌اکسید کربن فوق بحرانی در دمای ۳۱۵K و فشار بیش از ۷۰atm حذف می‌شود. می‌توان انتظار داشت این فرآیند باعث تجزیه شدن خیلی از پروتئین‌ها شود. مطالعات طیف‌سنجی نشان می‌دهند که بیش از ۸۰٪ مولکول‌های پروتئینی بصورت تاشده در این ماتریس باقی می‌مانند. رولیسون و همکارانش فکر می‌کنند که مولکول‌های بیرونی این خوشه پروتئینی آسیب دیده‌اند. بنابراین آنها یک پوست حفاظتی برای نگه‌داری از پروتئین‌هایی که عمق درونی آنها بیشتر است، ساختند. این محققین متذکر شدند که یکی از تئوری‌ها نشان می‌دهد که سلول‌های آغازین یا گروه‌های سازمان‌یافته پیش‌سلولی بیومولکول‌هایی که در

چشمه‌های هیدروترمال زندگی می‌کنند، به دلیل کپسوله شدن در کانی‌های متخلخل، در مقابل دما و فشار (و شاید هم pH پایین) پایدارند. شاید این نانوساختارهای زیست کامپوزیت بتوانند مدل‌های آزمایشگاهی برای بررسی این فرضیه فراهم آورند.

منبع: <http://www.nature.com>

جداسازی نانولوله‌های فلزی از نانولوله‌های نیمه‌هادی

۱۵ سپتامبر ۲۰۰۳ - می‌توان از فرآیند شیمیایی انتخابی به منظور جداسازی نانولوله‌های فلزی در یک مخلوط استفاده نمود. روبرت هادون و همکارانش در دانشگاه کالیفرنیا نشان دادند که نانولوله‌های فلزی که به دی‌کلروکاربن متصل شده‌اند خواص نیمه‌هادی از خود نشان می‌دهند (Science, 301, 1501 (2003)). این اثر ناشی از تغییر هیبرید اتمهای کربن در دیواره نانولوله از sp^2 به sp^3 می‌باشد. این تغییر موجب افزایش باند گپ الکترونیکی نانولوله‌ها نسبت به



انواع نیمه‌هادی می‌گردد. دکتر استرانو، استادیار مهندسی شیمی دانشگاه ایلی‌نوی اظهار داشت: "هر گونه کنترل خواص نانولوله‌ها، مفید است، زیرا هدایت الکتریکی این ساختارها موجب پیدایش کاربردهای فراوانی برای آنها می‌گردد. بجز دکتر استرانو، اساتید دیگری همچون جیمز تور و ریچارد اسمالی از دانشگاه رایس به روش شیمیایی جهت جداسازی نانولوله‌های تک‌دیواره فلزی از نیمه‌هادی دست یافته‌اند (Science, 301, 1519, (2003)).

این روش، شامل احیای یک نمک دی‌آزونیوم توسط نانولوله کربنی و ایجاد پیوند کربن-کربن می‌باشد. استرانو اظهار داشت: "مرحله اول شامل دادن الکترون از نانولوله به

واکنشگر می‌باشد. الکترونها لایه ظرفیت در نانولوله‌های فلزی خیلی فعالتر از الکترونها لایه ظرفیت در نانولوله‌های نیمه‌هادی هستند، لذا سریعتر از آنها به اشتراک گذاشته می‌شوند. بنابراین در یک مخلوط از نانولوله‌های فلزی و نیمه‌هادی، انواع فلزی قبل از نانولوله‌های نیمه‌هادی به نمک متصل می‌شوند."

حرارت‌دهی مخلوط پس از واکنش، موجب شکستن پیوندهای کوالانس با نمک شده و نانولوله‌ها را به حالت اول برمی‌گرداند. بنابراین این روش شیمیایی را می‌توان برای جداسازی فیزیکی نانولوله‌های فلزی و سپس برگرداندن آنها به حالت اولیه مورد استفاده قرار داد. این محققین در حال ادامه تحقیقات در این زمینه هستند.

منبع: <http://pubs.acs.org>

تسریع تعیین توالی DNA

دانشمندان دانشگاه هاروارد آمریکا خواص مولکول‌های DNA منفرد را بوسیله یک غشاء نانوحفره‌ای حالت جامد آزمایش کرده‌اند. این روش نهایتاً منجر به تسریع تعیین توالی DNA می‌شود.

ژن گولو و همکارانش از یک حک‌کننده پرتو یونی جهت ایجاد حفرات ۳ یا ۱۰ نانومتری در یک غشاء نیتريد سيليكون به ضخامت ۱۰-۵ نانومتر استفاده نمودند. سپس آنها غشاء را بین دو محفظه محتوی محلول الکترولیت هادی قرار دادند و از یک جریان ۱۲۰ میلی‌ولت در عرض این حفره‌ها جهت برقراری "هدایت یونی حفره باز" استفاده نمودند.

اضافه نمودن یک dsDNA منفرد به درون حفره با بار منفی باعث کاهش موقتی جریان در حین عبور مولکول‌های DNA از حفره شد.

انسداد جریان برای یک مولکول منفرد بصورت خطی به سطح مقطع عرضی مولکول

بستگی دارد. برای حفره ۳ نانومتری همه این انسداد جریان‌ها واضح هستند. برعکس ۴۰٪ انسدادها در حفره‌های ۱۰ نانومتری الگوهای پیچیده تری را نشان می‌دهند. محققین این مشاهدات را به مولکول‌های تاشونده نسبت می‌دهند.

مولکول‌های DNA که عرض آنها ۲ نانومتر بود نمی‌توانستند از سوراخ ۳ نانومتری عبور کنند بنابراین این مولکول‌ها تا می‌شدند. با وجود آنکه در مطالعات قبلی از آشکارسازهای زیست‌حفره‌ای استفاده کرده‌اند، اما نانوحفره‌های حالت جامد دارای مزایایی هستند که دانشمندان با انتخاب قطر آنها قادر به مطالعه مولکول‌هایی مانند RNA، DNA هیبرید شده و پروتئین‌ها می‌باشند. همچنین نانوحفره‌های حالت جامد از نظر فیزیکی قوی‌ترند و می‌توانند در دماهای بالا یا پائین و تحت ولتاژ و PH‌ای که غشاهای زیست‌حفره‌ای خراب می‌شوند مورد استفاده قرار گیرند.

بر اساس مطالعات انجام شده که نتایج آن‌ها در مجله Nature Materials چاپ شده است حفره‌های حالت جامد مسیر جدیدی را برای مطالعه تاشوندگی و زوج شدن مولکول‌های بلندزنجیره منفرد، تفاوت بین مولکول‌های مشابه شیمیایی در یک مجموعه آماری و تغییرات بوجود آمده در ساختار مولکول‌ها، بوجود آورده‌اند.

اکنون محققین درصددند که اتصال‌های الکتریکی را به نانوحفره‌ها اضافه نمایند. این ویژگی امکان انجام تکنیک‌هایی مانند تونل‌زنی الکترونیکی و مطالعات اپتیکی میدان نزدیک بر روی مولکول‌هایی که در حال گذر از نانوحفره‌ها هستند را فراهم می‌آورند. این طیف‌سنجی موضعی مولکول‌های منفرد می‌تواند سبب افزایش دقت شود. حتی ممکن است این روش بتواند با فراهم آوردن امکان تشخیص تک‌بازهای روی DNA موجب تسریع تعیین توالی DNA گردد.

تجاری سازی دو فرآیند نانومتری

۱۰ اکتبر ۲۰۰۳ - شرکت Five Star Technology، ۴/۵ میلیون دلار به توسعه کاربردهای فرآیند کاویتاسیون هیدرودینامیک جهت ساخت نانومواد اختصاص داده است. این تکنولوژی از تشکیل و تخریب حباب‌های گاز در یک مایع برای تولید نانوذرات استفاده می‌کند. طبق ادعای این شرکت، بازار اولیه این فناوری شامل ساخت موادی در زمینه داروسازی، کاتالیزورهای کنترل انتشار آلاینده‌ها، مواد شیمیایی و پلیمرهای پیشرفته است در حالی که کاربردهای دیگر آن در تصفیه فاضلاب، بازیافت مواد معدنی، مصارف بهداشتی و محصولات آرایشی خواهد بود.

شرکت آمریکائی Nanosphere مجوز تکنولوژی نانوذرات را برای مشخص کردن نشانگرهای زیستی پروتئین از دانشگاه نورث‌وسترن دریافت کرده است. طبق ادعای این شرکت، این تکنولوژی میلیون‌ها بار حساس‌تر از روش‌های استاندارد برای مشخص کردن آنتی‌ژن خاص پروستات (پروتئین مربوط به سرطان پروستات) است. این تکنولوژی می‌تواند برای آشکار کردن نشانگرهای بیماری‌هایی نظیر ایدز، آلزایمر و دیگر انواع سرطان مورد استفاده قرار گیرد. چاد میرکین از اعضای سابق شرکت Nanosphere که استاد دانشگاه نورث‌وسترن است این تکنیک را اختراع کرده است.

منبع: <http://nanotechweb.org>

مکانیک کوانتوم در مقابل نور کلاسیک

فیزیکدان‌های دانشگاه رایس نشان دادند که روشهای کوانتومی قادرند رفتار نانوفوتونیک را پیش‌بینی کنند.

۱۶ اکتبر ۲۰۰۳ - بر اساس تحقیقات جدید محققین دانشگاه رایس، که در زمینه

برهم کنش نور با نوساختارهای فلزی صورت گرفته است، مباحث قدیمی مربوط به علوم نوری را باید کنار گذاشته و به جای آن بر مکانیک کوانتومی تکیه کرد.

یافته‌های جدید که در شماره ۱۷ اکتبر مجله Science شرح داده شده است، مفهوم جدیدی از پلاسمونیک^۱ - زمینه جدید بوجود آمده در مباحث نوری - را با هدف مطالعه نور در مقیاس نانو، ارائه می‌دهد. یافته‌های محققین دانشگاه رایس راه مهندسین و دانشمندان را برای طراحی مواد و ابزارهای نوری جدید بروش پایین به بالا، با استفاده از ذرات فلزی اشکال کاملاً طراحی شده هموار می‌کند.

مبحث پلاسمونیک که تنها چندین سال است به وجود آمده، اکنون میلیونها دلار از سرمایه‌های صنعتی و دولتی را به بخش تحقیقاتی خود اختصاص داده است. یکی از اهداف اولیه این زمینه، توسعه اجزاء و سیستم‌های نوری جدیدی است که هم‌اندازه کوچکترین مدارهای مجتمع امروزی هستند. نهایتاً با کمک علم الکترونیک می‌توان این اجزاء را بر روی یک تراشه قرار داده و مجتمع نمود.

پلاسمونیک در زمینه حسگرهای شیمیایی، فناوری جدیدی ارائه خواهد نمود که به کارشناسان محیط زیست، و پزشکان این امکان را می‌دهد که مقادیر خیلی کم مواد شیمیایی (کوچکتر از یک مولکول منفرد) را آشکار نمایند. این موضوع باعث شده است تا مؤسسه ملی نانوتکنولوژی آن را به عنوان یکی از اهداف سرمایه‌گذاری اولیه خود انتخاب کند. نانومی هالاس استاد مهندسی برق و کامپیوتر و استنلی مور استاد مهندسی شیمی گفتند: "آنچه این کار به ما می‌دهد یک مدل ساده و قابل درک است که بیان می‌دارد چگونه ساختارهای بسیار کوچک فلزی اشکال مختلف، نور را تحت تسخیر خود درآورده و دستکاری می‌کنند. این کار یک ابزار عملی برای طراحی اجزاء نانومتری نوری فراهم می‌سازد."

¹ - Plasmonics

این حقیقت که نور با نانو ساختارها برهم کنش دارد برخلاف علوم نوری قدیمی است. بر طبق این علوم امواج نور قادر به برهم کنش با هر چیزی با طول موج کوچکتر از خودشان نیستند.

تحقیقات پنج سال گذشته نشان داده‌اند که نانومواد قادر به تقویت و تمرکز نور به گونه‌ای هستند که دانشمندان حتی تصور آن را نداشتند. چگونگی این کار به پلاسمونها مربوط می‌شود. نوع پلاسمونی که روی یک سطح وجود دارد با ساختار هندسی آن، به عنوان مثال، انحنای دقیق یک نانو کره طلا یا یک نانوحفره در ورقه فلزی رابطه مستقیم دارد.

وقتی نور با فرکانس مشخص به پلاسمونی برخورد می‌کند که در یک فرکانس موافق نوسان دارد، انرژی نور توسط پلاسمون گرفته شده و به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. این انرژی به درون نانو ساختارها انتشار می‌یابد و نهایتاً دوباره به نور تبدیل می‌شود. در سالهای اخیر، محققان دانشگاه‌های رایس، کالتک استنفورد و دانشگاه کالیفرنیا شعبه لوس آنجلس (UCLA)، به همراه گروه‌های اروپایی مانند دانشگاه‌های امپریال کالج انگلیس و استراسبورگ فرانسه در زمینه توسعه علوم مربوط به پلاسمونیک‌ها کار کرده‌اند.

بعضی از نانو ساختارها به عنوان ابرلنز عمل کرده و طول موجهای خاصی از نور را محصور نموده، نور را در نقاط بسیار کوچک و در شدتهای بالا متمرکز نموده و مقداری از انرژی الکتریکی را که به طریقی منعکس می‌شود دوباره به نور تبدیل می‌کنند. یک نوع از این نانوذره، نانوپوسته است که پنج سال پیش در آزمایشگاه هالاس در رایس ساخته شد.

گروه تحقیقاتی دانشگاه رایس، در مطالعات منتشر شده در مجله Science نشان دادند معادلاتی که فرکانس‌های پلاسمونها را در نانوذرات پیچیده تعیین می‌کند، تقریباً با معادلات مکانیک کوانتومی که تعیین‌کننده انرژی الکترونها در اتمها و مولکولهاست، یکسان می‌باشد. روش آنها «هیبریداسیون پلاسمونی» نامیده می‌شود. دقیقاً همانند مکانیک کوانتومی که به

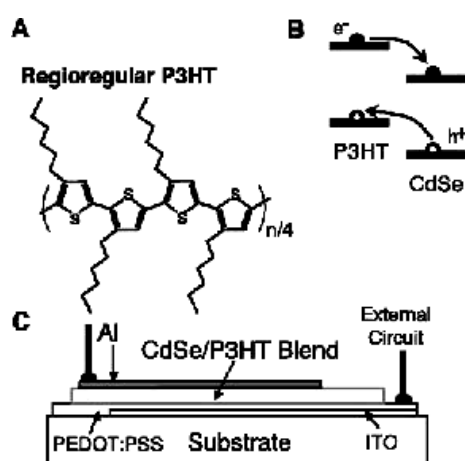
دانشمندان اجازه می‌دهد تا خواص مولکولهای پیچیده را پیش‌بینی کنند، کار انجام شده توسط گروه رایس نشان می‌دهد که چگونه با روشی ساده خواص پلاسمونها در نانو ساختارهای فلزی پیچیده قابل پیش‌بینی است. پیتز نوردلاندر، فیزیکدانی که تحقیقات را رهبری می‌کند، گفت: "ما دریافته‌ایم که پلاسمونها در نانو ساختارها به همان روشی با یکدیگر هیبرید می‌شوند که ترازهای انرژی اتم‌ها هنگام تشکیل مولکولها با یکدیگر هیبرید می‌شوند. این یافته‌ها نه تنها در نانوپوسته‌ها، بلکه در جهت‌دهی نانوامواج و هر ساختار نانوفوتونیک دیگر کاربرد دارند. وی همچنین ابراز داشت: "الکترومغناطیس در مقیاس نانو یک مبحث ازهم‌گسیخته است. معادلات خیلی پیچیده هستند و ذهن ما را از اینکه نقشی در طراحی معقول نانو ساختارها با خواص نوری ویژه داشته باشد، محدود می‌سازند. محاسبات وسیع با کامپیوترهای قدرتمند جواب درست را به شما می‌دهند، اما آنها اطلاعاتی که ذهن شما را در مورد این مطلب روشن کند، بدست نمی‌دهند. روش ما پایه‌ای مفهومی برای طراحی نانو اجزاء نوری با اشکال دلخواه و فهم روش تولید نور توسط آنها فراهم می‌آورد. این موضوع مبتنی بر دانسته‌های عمیق ناشی از مکانیک کوانتومی است که درک مسائل را برای ما آسان‌تر می‌کند."

منبع: <http://www.eurekalert.org>

پیل خورشیدی جدید

۳ نوامبر ۲۰۰۳ - نوع جدیدی از پیل‌های خورشیدی که نانوتکنولوژی را با الکترونیک پلاستیکی ترکیب می‌کند از توسعه قطعات پلیمری فتوولتاییک نیمه‌هادی بوجود آمده است. این کار توسط محققان آزمایشگاه ملی برکلی و دانشگاه کالیفرنیا در برکلی (UCB) انجام شده است. ساخت این پیل‌های خورشیدی ترکیبی آسانتر و ارزانتر از قطعات نیمه‌هادی مشابه است. این پیل‌های خورشیدی را می‌توان مانند پلیمرهای خالص در اشکال مختلف ساخت.

آلی ویساتوس مدیر تولید نانوکریستال‌های نیمه‌هادی و مدیر مرکز علوم نانوی Molecular foundry در آزمایشگاه برکلی گفت: "ما نشان داده‌ایم که نانومیله‌های نیمه‌هادی را می‌توان برای ساخت پیل‌های خورشیدی ترکیب‌شده با پلیمرها که دارای انرژی کافی و عملکرد آسان هستند بکار برد." کاربرد پیل‌های خورشیدی یا فتوولتائیک - قطعاتی که



A - ساختار ناحیه‌نظمی P3HT
 B - دیگرام سطوح انرژی برای نانومیله‌های سلنید کادمیوم و P3HT انتقال الکترون‌ها به CdSe و حفره‌ها به P3HT را نشان می‌دهد.
 C - ساختار قطعه شامل یک لایه با ضخامت تقریباً ۲۰۰ نانومتری بین الکتروود آلومینیوم و الکتروودهای PEDOT:PSS است که این الکتروود بر روی زیرلایه شیشه‌ای اکسید قلع ایندیوم لایه‌نشانی شده است. مساحت فعال قطعه $2 \times 1/5$ میلی‌متر مربع است. این فیلم از یک محلول ۹۰٪ وزنی نانومیله‌های سلنید کادمیوم در P3HT بصورت مخلوط با حلال پیریدین کلروفرم تشکیل شده است.

می‌توانند نور را جذب و به انرژی الکتریکی تبدیل کنند - به دلیل آنکه هزینه تولید آنها خیلی زیاد است محدود به زمان می‌باشد. حتی ساخت ساده‌ترین پیل نیمه‌هادی یک فرآیند پیچیده می‌باشد که باید در شرایط کنترل‌شده کاملاً دقیق مانند خلاء بالا و دمای بین ۴۰۰ تا ۱۴۰۰ درجه سلسیوس انجام شود. از زمان کشف پلاستیک‌های هادی در سال ۱۹۷۷ (پلیمرهایی که پیوندهای شیمیایی دوگانه را جفت نموده و الکترون‌ها را قادر می‌سازند تا از میان آنها عبور نمایند) تمایل زیادی به استفاده از این مواد در ساخت پیل‌های خورشیدی وجود

داشته است. پیل‌های خورشیدی پلاستیکی را می‌توان به مقدار زیاد و با هزینه‌ای کمتر از یک‌صدم دلار ساخت هر چند که کارآئی آنها در تبدیل نور به الکتریسیته در مقایسه با پیل‌های نیمه‌هادی کمتر است.

یکی از محققین گروه فوق بنام دیتمر گفت: " فواید مواد هیبریدی مشکل از

نیمه‌های غیرآلی و پلیمرهای آلی آنست که شما از بهترین خواص آنها بهره می‌گیرید." نیمه‌های غیرآلی خواص الکترونیکی بسیار خوبی از خود نشان می‌دهند و برای پیل‌های خورشیدی بسیار مناسب می‌باشند. پلیمرها دارای فواید محلول‌سازی در دمای اتاق می‌باشند که ارزانتر بوده و اجازه استفاده از زیرلایه‌های کاملاً منعطف مانند پلاستیک‌ها را می‌دهند. در وسط تمام قطعات فتوولتاییک، دو لایه جداکننده وجود دارد؛ یکی از این لایه‌ها که دارای الکترون‌های زیادی می‌باشد به عنوان قطب منفی و لایه دیگر با حفره‌های الکترونی فراوان (فضاهای خالی انرژی با بار مثبت) به عنوان قطب مثبت عمل می‌کند. هنگامی که فوتون‌ها از خورشید و دیگر منابع تولید نور جذب می‌شوند انرژی آنها به الکترون‌های اضافی در قطب منفی منتقل می‌شود این عمل سبب می‌شود که آنها به سمت قطب مثبت جریان پیدا کنند و حفره‌های جدیدی بوجود آورند که شروع به جریان یافتن به سمت قطب منفی می‌کنند. جریان الکتریکی حاصل را می‌توان جهت تأمین انرژی در قطعات دیگری مانند ماشین حساب‌های جیبی بکار برد. در یک نوع پیل خورشیدی نیمه‌هادی، این دو قطب از نیمه‌های نوع p و نیمه‌های نوع n ساخته شده‌اند. در یک پیل خورشیدی پلاستیکی این دو قطب از پلیمرهای پذیرنده الکترون و پذیرنده حفره ساخته شده‌اند. در پیل خورشیدی ترکیبی آلی و سیاتوس و همکارانش از یک پلیمر نیمه کریستال بنام Poly (3-hexylthiophene) یا P3HT برای این پذیرنده حفره یا قطب منفی استفاده شده است. نانومیله‌های سلنید کادمیوم (CdSe) نیز برای قطب مثبت استفاده شده‌اند. "های" از اعضای گروه فوق گفت: "ما P3HT را به این دلیل انتخاب نمودیم که می‌توان آن را بصورت محلول استفاده نمود. همچنین این ماده بوسیله گروه‌های تحقیقاتی مختلفی که بر روی ترانزیستورهای پلاستیکی در سراسر دنیا کار می‌کنند بکار رفته است. بعلاوه، این ماده یک پلیمر پیوندی با بالاترین انتقال حفره است که تا کنون کشف شده است. انتقال حفره (و الکترون) بالاتر بدان معناست که بارها سریعتر انتقال پیدا کرده و اتلاف جریان کاهش پیدا می‌کند."

آلی ویساتوس در مطالعه اخیر به دنبال تکنیکی برای رشد نانو کریستال‌های نیمه‌هادی به درون میله‌های دوبعدی است. قبلاً نانو کریستال‌ها به عنوان کره‌های یک‌بعدی رشد یافته بودند. استفاده از نانو کریستال‌های میله‌ای شکل - نسبت به نانو کریستال‌های کره‌ای شکل - مسیر مستقیمی برای انتقال الکترون فراهم می‌آورد که سبب بهبود کارآئی پیل خورشیدی می‌شود.

آلی ویساتوس گفت: " بوسیله نانومیله‌های سلنید کادمیوم که دارای ۷ نانومتر قطر و ۶۰ نانومتر طول می‌باشند، کارآئی پیل خورشیدی ترکیبی ما برای تبدیل نور تک‌رنگ به ۶/۹ درصد رسید که یکی از بالاترین کارآئی‌هایی است که تا کنون برای قطعات فتوولتائیک گزارش شده است. این وسیله توانایی تبدیل نور اتاق (که معمولاً قابل رؤیت است) به الکتریسته را دارد." محققین برکلی پیل‌های خورشیدی خود را بوسیله انحلال نانومیله‌ها با P3HT و قالب‌گیری محلول هیبریدی به درون یک زیرلایه شیشه‌ای آماده نمودند. آنها متوجه شدند که بوسیله ثابت‌نگه داشتن طول میله‌ها و تغییر قطر آنها قادر خواهند بود طیف جذبی این پیل‌ها را تنظیم نمایند بطوریکه با طیف نثری خورشید همپوشانی کند. این موضوع نه تنها پیل‌های هیبریدی آنها را قادر می‌سازد که نور بیشتری جذب کنند بلکه مسیری جدید به روی قطعات با کارآئی بالا مانند پیل‌های خورشیدی پشت سرهم (tandem) می‌گشاید.

اگرچه کارآئی پیل‌های ترکیبی برکلی در تبدیل نور خورشید به الکتریسته وقتی که خورشید با افق زاویه $41/8^\circ$ می‌سازد ۱/۷ درصد بود (این مقدار برای یک پیل خورشیدی نیمه‌هادی بسیار پائین است) اما دیتمر گفت: "فرصت‌های زیادی برای بهبود این کارآئی وجود دارد. مهمترین مرحله افزایش مقدار نور خورشیدی جذب شده در طیف قرمز می‌باشد که این کار را می‌توان با دیگر مواد نیمه‌هادی مانند تلئورید کادمیوم انجام داد. پیل خورشیدی ما ساختار بسیار ساده‌ای دارد بنابراین بررسی علمی آن ساده می‌باشد. محققین در آینده می‌توانند کارآئی این پیل‌ها را افزایش دهند."

محققین برکلی می‌خواهند به کمک شرکت‌های که قبلاً با آنها در ارتباط بودند این

فناوری را تجاری نمایند.

منبع: <http://www.cchem.berkeley.edu>

غربال‌های کوانتومی

همانگونه که می‌دانیم هیچ ماده‌ای در طبیعت به طور خالص و صددرصد یافت نمی‌شود و این موضوع برای هر سه حالت ماده یعنی جامد، مایع و گاز برقرار است. برای مثال آهن، مس یا طلا همیشه در سنگهای مربوطه‌شان مخلوط بوده و به عملیات مختلف حرارتی، شیمیایی و مکانیکی نیاز هست تا آنها را استخراج کرده و خالص‌سازی نمود. در مورد مایعات نیز وضعیت به شکل مشابهی اما با اندکی تفاوت می‌باشد. برای مثال شیرین کردن آب دریاها و اقیانوس‌ها، تصفیه و زدودن آلودگی از آب، پاک کردن لکه‌های نفتی و غیره ... جزء نیازها و خواسته‌های بشری بوده است. در این مورد، مخلوط‌ها فقط شامل مخلوط‌های مایع در مایع نمی‌شود، بلکه مخلوط‌های جامد در مایع را نیز شامل می‌شود. در این حالت از روش‌های شیمیایی و ثقلی به گونه‌های مختلف استفاده میشود. در مورد گازها نیز به جداسازی نیاز است. مثلاً برای تولید اکسیژن، دی‌اکسید کربن و نیتروژن خالص به وسایل و تجهیزاتی نیاز است که بتوان این گازها را از هوا جداسازی نمود.

همانگونه که می‌دانیم بشر از قدیم‌الایام نیازمند ابداع روشهایی برای جداسازی مواد گوناگون از همدیگر بوده تا بتواند به خواسته‌ها و نیازمندی‌هایی که داشته است جامه عمل بپوشاند. یکی از این خواسته‌ها جداسازی مولکولی مولکول‌های مختلف گازی از یکدیگر است. برای این کار لازم است که بدانیم مولکول‌های متفاوت چه فرقهایی با یکدیگر دارند. خصوصیات متفاوت مولکول‌های مختلف شامل جرم، حجم و خواص شیمیایی آنهاست.

برحسب هر خصوصیتی نیز روش جداسازی متفاوت است. بطور کلی چون در همه این فرآیندها هدف جداسازی و فیلتر کردن است، لذا در اصطلاح به آن **غربال کردن** می‌گویند. کلاً دو نوع جداسازی یا غربال کردن وجود دارد:

۱- غربال کردن مولکولی^۱

۲- غربال کردن کوانتومی^۲

که در زیر به شرح هر یک خواهیم پرداخت.

غربال کردن مولکولی

غربال کردن مولکولی فرآیندی است که طی آن به خاطر تفاوت اندازه و خواص شیمیایی مولکول‌ها، می‌توان آن‌ها را از همدیگر جدا کرد. برای این کار از مواد متخلخلی^۳ استفاده می‌شود که دارای روزه‌های بسیار ریز و میکروسکوپی و به اصطلاح میکروروزنه^۴ می‌باشند. از لحاظ کلاسیک نمی‌توان با استفاده از غربال‌های مولکولی، ایزوتوپ‌های متفاوت یک مولکول را از همدیگر جدا کرد زیرا دارای اندازه و خواص شیمیایی یکسان هستند. تکنیک‌های خاص و پرهزینه‌ای برای جداسازی ایزوتوپ‌ها وجود دارد که در زیر چند مورد از آنها ذکر شده است:

۱. تبادل شیمیایی^۵

۲. جداسازی نفوذی^۶

۳. جداسازی بیولوژیکی^۷

1 - Molecular sieving
 2 - Quantum Siving
 3 - Porose Material
 4 - Microporos
 5 - Chemical exchange
 6 - Diffusion separation
 7 - Biological separation

۴. جداسازی ایزوتوپی لیزری^۱

مشکل بودن و پرهزینه بودن روش‌های جداسازی ایزوتوپی (تنها تفاوت موجود میان ایزوتوپ‌های مختلف، اختلاف در جرم یعنی تعداد نوترون‌ها است) باعث شده است که محققان و دانشمندان به دنبال روش‌های پربازده، کم‌هزینه و ساده‌تری بروند.

غربال کردن کوانتومی

در چند ساله اخیر با رشد تکنولوژی و داغ شدن موضوع نانوتکنولوژی روشها و مفاهیم جدیدی شکل گرفته‌اند که قبلاً وجود نداشته‌اند. یکی از این مفاهیم، تحقیق در مورد خواص کوانتومی مواد در ابعاد کوچک بوده است. همانگونه که می‌دانیم در ابعاد کوچک، اصل عدم قطعیت هایزنبرگ جلوه گر می‌شود:

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar$$

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar$$

که ΔP محدودهٔ تکانه‌های^۲ مجاز ذره، ΔE مقادیر مجاز انرژی و Δt مقادیر مجاز زمان می‌باشد. بر طبق این اصل اگر جسمی در مسافت Δx محدود شود، تکانه‌اش (اندازه حرکت) دارای عدم قطعیتی به اندازه حداقل $\hbar/\Delta x$ خواهد شد یعنی اینکه تکانه آن، دیگر مقداری معلوم و معین نخواهد بود. تمامی این عدم قطعیت‌ها در ثابت پلانک \hbar نهفته است و چون مقدار آن ($\hbar = 1.054 \times 10^{-34} \text{ Js}$) بسیار کوچک است، لذا در ابعاد بزرگ و معمولی، اثری از این اصل دیده نمی‌شود (علی‌الظاهر!). حال با فرض آنکه که مولکولی به جرم m در مسافت کمی مثلاً L که در حد و اندازه‌های خود مولکول است محدود شود. در این صورت عدم قطعیت در تکانه آن به اندازه $\Delta p \geq \hbar/L$ خواهد بود. یعنی اینکه این مولکول که در ابتدا در محدودیتی قرار نداشته و دارای تکانهٔ صفر بوده است (فرض کنید که دمای محیط بسیار پایین است) پس از اینکه

¹ - Laser isotope separation

² - momentum

در محدوده L گیر می افتد، غیرممکن است که ساکن بماند بنابراین به افت و خیز مشغول می شود. این مقدار تکانه ای که به مولکول داده می شود حاصل از طبیعت ماده و فضا است و به هیچ عنوان به برهم کنش های مولکول با دیواره ها ربطی ندارد. پس هر چقدر جرم آن مولکول بیشتر باشد، به خاطر آنکه Δp فقط با L تغییر می کند (و تکانه حاصلضرت جرم در سرعت است) افت و خیز آن کمتر می شود. حال در نظر بگیرید که این مولکول در روزنه ای با ابعاد کوچک به دام انداخته شود و دیواره های روزنه انعطاف پذیر باشند و تحت تاثیر برخوردهای مولکول با آن حرکت کنند. در این حالت مولکول سبکتر به خاطر اینکه جنبش بیشتری دارد می تواند خود را به راحتی در طول روزنه جا به جا کند، اما مولکولی که سنگین تر است جنبش کمتری داشته و نمی تواند حرکت زیادی در روزنه داشته باشد (توجه کنید که فرض کرده ایم قطر روزنه از مرتبه قطر مولکول است) و در نتیجه در درون روزنه گیر می افتد.

برای اولین بار بیناگر و همکارانش در سال ۱۹۹۵ به این موضوع پی بردند و شبیه سازی هایی بر پایه مدل ساده ای از جذب کره های سفت و سخت در منافذ استوانه ای صلب انجام دادند. ایراداتی که بر این مدل وارد می شد این بود که دیواره ها صلب بودند و لذا مقدار جذب پائین بود [1]. در چند ساله اخیر شبیه سازی های زیادی در مورد نانولوله های تک دیواره^۱ انجام شده و خواص متعدد و بسیار حیرت انگیزی از آنها دیده شده است. هنوز هم خواص و ویژگی های جدیدی از آنها در حال کشف شدن است. کارل یوهانسن و همکارانش از دانشگاه پنسیلوانیا در سال ۱۹۹۹ طبق شبیه سازی هایی که برای نانولوله های تک دیواره انجام داده بودند متوجه شدند که دسته هایی از نانولوله های تک دیواره می توانند به عنوان جداساز ایزوتوپی عمل کنند. آنها شبیه سازی های مونت کارلوی انتگرال مسیر را با مدل های پتانسیلی دقیق و صحیحی به کار بردند و نتیجه گرفتند که با استفاده از نانولوله ها به عنوان غربال کوانتومی می توان عمل

¹ - Singlewalled Nanotube

جداسازی مخلوط ایزوتوپ‌های هیدروژن مولکولی را با دقت زیادی انجام داد. انتخاب‌پذیری نانولوله از بین مولکول‌های T_2 (اتم تریتیوم، اتم هیدروژن دارای دو نوترون در هسته) و H_2 از مرتبه ۱۰۰۰۰ بوده است. یعنی اینکه این نانولوله با قطری حدود ۶ آنگستروم در دمای ۲۰ درجه کلین، تریتیوم را ۱۰۰۰۰ بار بیشتر از هیدروژن جذب می‌کند. هدف اصلی، امتحان کردن انتخاب‌پذیری غربال کوانتومی به شکل تابعی از ابعاد روزنه و دمای محیط برای جذب در داخل نانولوله‌های تک‌دیواره و کانال‌های درون شبکه‌ای دسته‌های نانولوله‌های تک‌دیواره بوده است [2]. انتهای نانولوله‌ها در ابتدا بسته است و لذا قبل از اینکه بتوان از آنها به عنوان غربال‌های کوانتومی استفاده کرد، باید توسط روش اکسیداسیون خاصی، سرهای آنها باز شود. این نانولوله‌ها دارای ابعاد مختلفی از قطر (چند آنگستروم تا چند نانومتر) و طول چندین میکرومتر هستند. گروه تحقیقاتی دانشگاه پنسیلوانیا در مقاله‌های بعدی‌شان که در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ منتشر شد، به جذب ایزوتوپ‌های هیدروژن بسنده نکرده و با شبیه‌سازی‌های کامپیوتری به سراغ مخلوط‌های دیگر رفتند. مخلوط‌های دیگری که آنها شبیه‌سازی کردند شامل مولکول‌های HD- H_2 ، T_2 - H_2 ، 3He - 4He و CH_4 - CD_4 بود. آنها این مواد را تحت شرایط دما و فشار پائین قرار داده و متوجه شدند که نانولوله‌ها به خوبی می‌توانند کار جداسازی آنها را انجام دهند. آنها متوجه شدند که با افزایش دما قدرت جذب نانولوله‌ها کاهش می‌یابد ولی قابلیت جذب آنها با افزایش فشار افزایش می‌یابد. از لحاظ تجربی این کار با نانولوله‌ها انجام نشده است ولی از ژئولیت‌ها می‌توان به عنوان غربال کوانتومی استفاده کرد. ژئولیت‌هایی که تاکنون مورد مطالعه قرار گرفته‌اند شامل ژئولیت آلومینوفسفات $AlPO_4$ -22، ژئولیت NaA، ژئولیت X 13 و غیره... بوده است. اخیراً نیز خاصیت جذبی ژئولیت NaA برای H_2 ، HD، D_2 در دمای ۷ تا ۱۱۰ درجه کلین به روش ثقل‌سنجی^۱ بررسی شده است. مشکلی که ژئولیت‌ها با آن روبرو هستند،

¹ -Gravimetry

منظم نبودن روزه‌ها و بزرگ بودن قطر بعضی از آنهاست.[3].

این پدیده از لحاظ نظری و عملی (در زئولیت‌ها) نتایج بسیار موفقیت آمیزی داشته است چنانچه بتوان آخرین حلقه از این فرآیند را با ساخت غربال‌های نانولوله‌ای تکمیل کرد در این صورت مشکل چند دهه اخیر که شامل جداسازی ایزوتوپی بوده نیز حل خواهد شد.

مراجع :

- [1] J. J. M. Beenakker, V. D.Borman, and S. Yu.Krylov, Chem .Phys .Lett .232 , 379 (1995)
- [2] Q. Wang, S.R .Challa, D.S .Sholl, and J .K .Johnson, Phys.Rev . Lett . 82 ,956 (1999)
- [3] S.R .Challa, D.S .Sholl, and J .K .Johnson Phys. Rev. B, Vol. 3 ,245419 (2001)