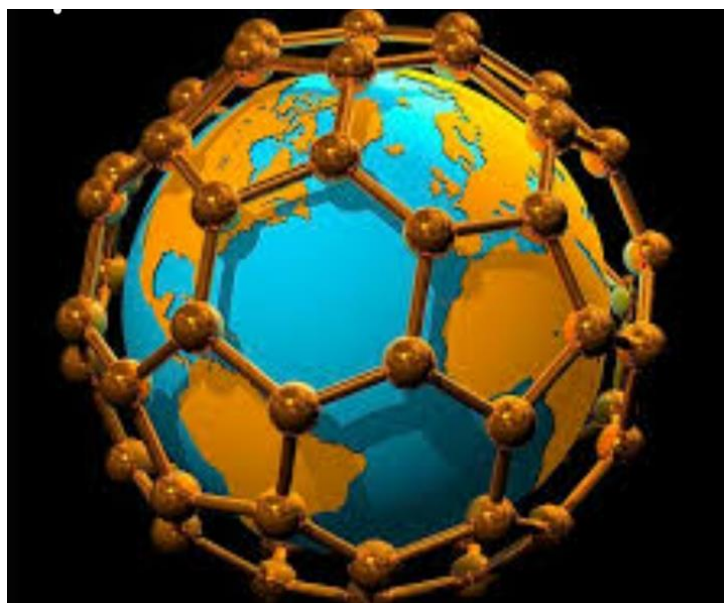


## موضوع تحقیق: تاثیر فناوری نانو بر محیط زیست

چکیده:

امروزه از مفهوم امنیت تنها مسائل دفاعی و نظامی برداشت نمی شود بلکه مسئله ی سلامت محیط زیست از مصادیق مهم امنیت برای بشر تلقی میشود. یکی از موارد مهمی که می تواند در جهت کاهش آلودگی هوا مؤثر باشد، فناوری نانو است. فناوری نانو مزایای بسیاری در بهبود فناوری های محیط زیستی موجود ارائه میکند و فناوری های جدیدی را به وجود میآورد که بهتر از تکنولوژی های فعلی است. در این راستا نانوتکنولوژی دارای سه قابلیت اصلی است از جمله: اصلاح (پاکسازی) و تصفیه آلودگی، تشخیص آلودگی و جلوگیری از آلودگی است که میتواند در زمینه محیط زیست مورد استفاده قرار گیرد.



نانو تکنولوژی علم مرتب کردن اتمها برای تشکیل ساختارهای مولکولی جدید و ایجاد مواد نو می باشد و از آنجایی که فرآورده های مادی از قرار گرفتن اتمها با نظم خاصی در کنار یکدیگر بوجود می آیند نانو تکنولوژی امکان تولید کلیه فرآورده های مورد نیاز بشر را فراهم می کند . تقسیم بندی نانو تکنولوژی در شاخه ها و رشته های مختلف بیشتر مربوط به کاربرد محصولات این فناوری در هر رشته می باشد . نانو تکنولوژی در محدوده شیمی و فرایندهای شیمیایی می تواند نقش مهمی را در صنعت برق و انرژی ایفا نماید .

نانولوله های کربنی امکان جذب انتخابی گاز را در یک جریان حاوی مخلوطی از گازها دارا می باشند . این قابلیت نانولوله ها برای حذف گازهای خطرناک و همچنین آلوده کننده محیط زیست و نیز دیگر اهداف صنعتی می تواند مورد استفاده قرار گیرد کانالهای در ابعاد نانو یا ریز حفرات موجود در سطح بدنه نانولوله ها منجر

به جذب انتخابی گازها می شوند. نانولوله های کربنی می توانند برای توسعه و بهبود عملکرد حسگرهای مولکولی گازها مورد استفاده قرار گیرند.

امکان استفاده از حسگرهای نانولوله ای برای گازهای متعددی مثل  $\text{NH}_3$ ،  $\text{CO}$ ،  $\text{NO}_2$  و غیره تا امروز ثابت شده است. نانولوله های کربنی می توانند بعنوان یک وسیله کارآمد جهت ذخیره سازی هیدروژن معرفی شوند. این لوله ها در واقع لوله های میکروسکوپی کربنی با قطر در حد نانو هستند که هیدروژن را در حفرات میکروسکوپی موجود در روی لوله ها و در داخل ساختار لوله ذخیره می کنند. علاوه بر خاصیت ذخیره سازی هیدروژن نانولوله ها امکان استفاده در ساختمان داخلی پیل های سوختی برای افزایش بهره عملکرد آنها را دارد.

### فناوری نانو برای حسگرها و آشکارسازهای آلودگی:

میدانیم ذرات معلق (در مناطق شهری اندازه شان در حدود 100-300 نانو متر است) و فلزات سنگین (در محدوده های مختلفی از غلظت هستند) برای سلامتی انسان مضر هستند. فلزات سنگین نمیتوانند توسط میکروارگانیسم ها شکسته شوند یعنی خاصیت زیست تخریب پذیری ندارند. به دلیل اینکه این فلزات در زمین زیاد بازیاب میشوند، این امر باعث فشار زیادی روی حسگرها میشود که بتوانند یونهای فلزات سنگین را قبل از اینکه غلظت آنها به سطوح خطرناک برسد، تشخیص دهند. حسگرهای سریع و دقیق که قادر به تشخیص آلاینده ها در سطح مولکولی هستند میتوانند ما را در این مثل یاری کنند اما زمانی به پایش اکوسیستم ما کمک میکند که در دسترس تر و ارزان تر باشد.

برای مثال، حسگر نانو کنتکت (Nanocontact) که پتانسیل تشخیص برخی از یونهای فلزی را بدون نیاز به پیش تغلیظ دارد. به طور خاص، این حسگر برای تشخیص محل یونهای فلزات سنگین مناسب است مثل عناصر رادیو اکتیو. مزیت این حسگر این است که میتواند در اندازه کوچک و به صورت اتوماتیک ساخته شود. علاوه بر این، استفاده از این حسگرها ارزان قیمت و مقرون به صرفه است؛ چراکه آنها با تجهیزات میکروالکترونیک متداول و با استفاده از روشهای الکتروشیمیایی ساده ساخته شده اند.

### حسگرهای زیستی مبتنی بر فناوری نانو:

این حسگرها متشکل از بیومتریال ها است، که میتوانند براساس روش الکتروشیمیایی ایمنی (immunoassay method) توانایی حسگر را برای تشخیص و تفسیر سیگنال های نشانگر افزایش دهد. این حسگر در شمال غربی اقیانوس آرام، در آزمایشگاه علمی (PNNL) تولید شده است.

### نانو سیم ها و حسگرهای مبتنی بر نانو لوله:

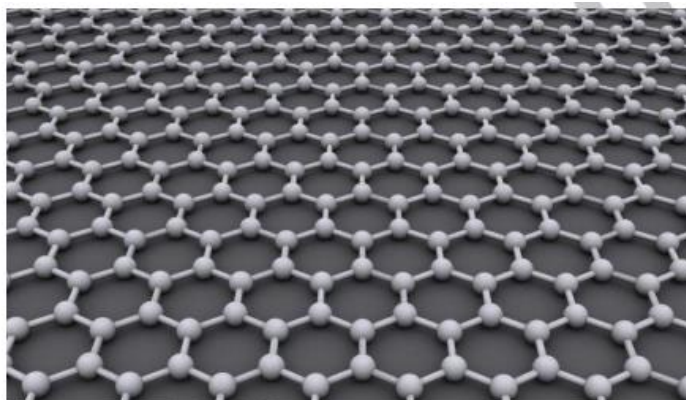
نانوسیم یا نانولوله ها قابلیت های فوق العاده ای را به عنوان حسگر زیستی مواد شیمیایی و بیولوژیکی از خود نشان میدهند. برای مثال نانو لوله ی کربن و گرافن، که گرافن نانو لوله ای دو بعدی از اتم های کربن است که پیکر بندی اش به صورت شش ضلعی است و پیوند های انتهایی ورقه سبب بسته شدن صفحه و تشکیل لوله میگردد. نانو لوله های کربنی به صورت تک جداره و چند جداره هستند. این مولکول های کربن با نیرو های قوی و اندروالسن گه داشته شده اند و در تصفیه ی آب و فاضلاب، وسایل ذخیره ی انرژی و محیط زیست و... کاربرد دارند. دلیل کاربرد های متعدد آن انعطاف پذیری بالا

ی آن است؛ در زمینه ی کشاورزی، نانو لوله های کربن چند جداره نقش مفیدی در افزایش سرعت رشد، مصرف آب ، جذب مواد غذایی از خاک، دارند. نانو لوله های کربن به گیاهان برای حفظ آب خود کمک کرده و عملکرد گیاه با مصرف نانو مواد به میزان 50 میلی گرم بر لیتر، به نسبت گیاه بدون مصرف نانو مواد، افزایش میابد.



(شکل 1)

(A) نانو لوله های کربنی تک جداره  
(B) نانو لوله های کربن چند جداره



(شکل 2)

ساختار لانه زنبوری گرافن تک لایه

نانولوله های کربنی همچنین می توانند بوسیله الکترولیز نمکهای هالید ذوب شده با الکترودهای کربن تحت اتمسفر آرگن تولید شود . همچنین با تجزیه هیدروکربن ها مانند استیلن تحت شرایط خنثی و دمای

700 درجه سانتیگراد در حضور کاتالیست تهیه گردد. حضور ذرات فلزات واسطه برای تشکیل نانولوله بوسیله فرایند پیرولیز ضروری است و قطر نانولوله بوسیله اندازه ذرات فلز تعیین می شود.

### سنتز نانولوله های کربنی تک دیواره:

روشهای سنتز نانولوله های کربنی تک دیواره متنوع بوده و از میان آنها می توان به :

الف ( تخلیه قوس الکتریکی ( arc discharge )

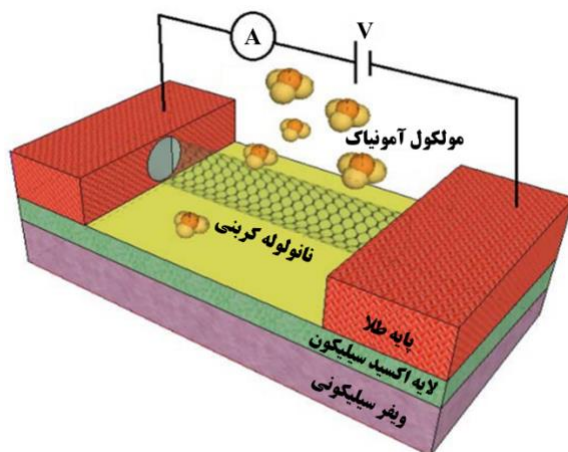
ب ( تبخیر لیزری ( laser vaporization )

ج ( رسوب گذاری شیمیایی - حرارتی بخار ( Thermal Chemical Vapor Deposition )  
TCVD

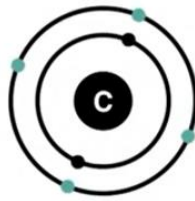
د ( رسوب گذاری شیمیایی - پلاسمائی بخار ( Plasma CVD )

ه ( رسوب گذاری شیمیایی مایکروویو بخار ( Microwave CVD )

و ( سنتز الکترو شیمیایی



برای پی بردن هر چه بیشتر به اهمیت نانو کربن ها شایان ذکر است که محققین دانشگاه سوانزی در انگلستان این مسئله را مورد پژوهش قرار دادند که نتیجه اش به شرح زیر است:  
زباله های پلاستیکی تهدیدی برای محیط زیست محسوب میشوند اما بین آنها موادی با ارزش وجود دارد که کربن یکی از آنهاست که به زندگی ما گره خورده است.



نانوذرات کربن شکلی از این عنصر هاست. یکی از مهم ترین خواص این نانو ذرات رسانایی بالای آنهاست؛ نانو ذرات کربن پودری سیاه رنگ به نظر میرسند اما در زیر میکروسکوپ شکلی شش ضلعی لوله ای دارد اما مشکل مان هزینه ی زیاد برای تهیه ی این نانو ذرات است.



نانو ذرات که شبیه به پودر سیاه رنگ هستند

برای حل این مشکل میتوان پلاستیک های سیاه را که در دستگاه های تفکیک زباله قابل تفکیک نیستند و وارد طبیعت میشوند را به نانو ذرات کربن تبدیل کردند؛ باید به سراغ منابع زیاد تولید پلاستیک رفت که برای محیط زیست خطری جدی محسوب میشوند، که بطور فراوان هم یافت میشوند. این پلاستیک ها میتوانند به عنوان منبعی ارزان برای تولید این نانو ذرات مورد استفاده قرار گیرند. در این طرح، پلاستیک های بازیافتی در جریان یک واکنش شیمیایی به هیدروژن و کربن تجزیه میشوند.



دستگاهی که در آن مواد پلاستیکی به نانو ذرات تبدیل میشوند.

آنچه از کربن در انتهای این فرایند به دست میاید نانو ذرات یا الیاف کربن جامد است؛ محصولی که مطابق با نمونه های آزمایشگاهی است. اما با استفاده از این روش از پلاستیک های بازیافتی بدست آمده است. نانو ذرات کربنی به علت عملکرد بالاتر در هدایت الکتریکی از سیم های مسی بهتر عمل میکنند. سبکی و انعطاف بیشتر هم مزیت دیگر آنهاست. به عنوان مثال تعویض سیم هاتی مسی هواپیما ی بویینگ 747 با سیم های نانو کربنی، وزن هواپیما را 1/5 تن سبک تر میکند.



زباله ی پلاستیکی سیاه و نانو ذره

### فناوری نانو برای پیشگیری از آلودگی:

برای پیشگیری از آلودگی، ابتدا کاهش منابع آلودگی و بعد جایگزینی شیوه هایی که بطور موثر مواد خام، انرژی آب و برق و منابع ارزشمند دیگر را به منظور کاهش یا از بین بردن زباله به کار میگیرد. در همین راستا فناوری نانو استراتژی های مناسبی پیش میگیرد که در فرایند های تولیدی، تولید زباله های شیمیایی خطرناک و گاز گلخانه ای و انواع پلاستیک ها کاهش یابد.

### تولید مواد سازگار با طبیعت:

فناوری نانو قادر به ایجاد ماده سازگار با محیط زیست یا موادی است که به طور گسترده ای جایگزین مواد سمی شوند. به عنوان مثال، بلور مایع صفحه نمایش LCD کامپیوتر که انرژی کارآمد تر بوده و کمتر سمی است تا حد زیادی جایگزین لوله های اشعه کاتد صفحه نمایش CTR ها شده است که (این لوله ها) دارای مواد بسیار سمی در صفحه نمایش ها است. همچنین LCD ها دارای سرب نبوده و مصرف انرژی کمتری در مقایسه با صفحه نمایش کامپیوتری CRT دارند، پس هم به لحاظ جلوگیری از تولید آلودگی و هم به لحاظ صرفه جویی در مصرف انرژی مفید فایده است. استفاده از CNT ها در صفحه نمایش کامپیوتر ممکن است با حذف فلزات سنگین سمی، کاهش نیاز شدید به مواد و انرژی و همچنین بهبود عملکرد با توجه به نیازهای مشتری باعث کاهش تأثیر منفی بر محیط زیست شود. به عنوان مثال از فناوری صفحه نمایش CNT بجای صفحه نمایش تشعشعی استفاده میکند. علاوه بر این، استفاده از فناوری نانو در مواد کامپوزیت، پتانسیل تولید مواد با

خواص مکانیکی بهتر و دیگر خواص خوب را دارد. چون فناوری نانو توانایی تولید ساختارهای را دارد که سبکتر و کوچکتر هستند؛ بدون تغییر در کیفیت خواص آن. استفاده از این فناوری باعث افزایش استحکام، کاهش هزینه سیستم و تمام جایگزین ها و همچنین کاهش اثرات منفی محیط زیستی است. نمونه هایی از مواد دوستدار محیط زیست که میتوانند با استفاده از فناوری نانو تولید شوند عبارت هستند از: پلاستیک زیست تخریب پذیر که از پلیمری با ساختار مولکولی ساخته شده است که تجزیه آن آسان است. مواد مرکب نانو کریستال که سمی نیستند به جای الکترودهای لیتیوم گرافیت در باتری های قابل شارژ و شیشه های با توانایی تمیز کردن خود. یک نمونه از محصول شیشه های با قابلیت تمیز کردن خود که به طور گسترده های در بازار موجود است، شیشه Active TM، یک محصول تجاری از شرکت Pilkington است.

### فناوری نانو برای جذب گاز های سمی:

گاز های سمی در محیط نیز میتواند توسط فناوری نانو برطرف شود. برای مثال کاربرد فناوری نانو در پاکسازی و زدودن گاز های سمی، روند جذب CNTs و ذرات طلا است. CNTs از آرایش شش ضلعی اتم های کربن در لایه گرافن تشکیل شده است که محور لوله را احاطه کرده اند. ارتباطی قوی بین دو حلقه بنزن دیوکسین و سطح نانو لوله وجود دارد علاوه بر این مولکول دیوکسین با تمام سطح نانو لوله به وسیله دیواری متخلخل به قطر 2/9 نانومتر در ارتباط است و امکان هم پوشانی روی میدهد که پتانسیل جذب را در داخل خلل و فرج افزایش میدهد. همچنین مقاومت زیاد CNTs در برابر اکسیداسیون برای بازسازی جاذب در درجه حرارت بالا مفید است.

CNTs ها، هم نوعی نانو لوله ای تک جداره SWNTs و هم چند جداره MWNTs مولکول های منحصر به فردی هستند که دارای ساختاری یک بعدی، ثبات حرارتی و خواص شیمیایی استثنایی هستند. این نانو مواد نشان داده اند که پتانسیل خوبی به عنوان جاذب برتر برای حذف انواع مختلفی از مواد آلاینده آلی و معدنی هم در محیط آبی و هم در هوا هستند. ظرفیت جذب آلاینده ها توسط CNTs به طور عمده توسط ساختار منفذی و وجود طیف گسترده های از گروه های عملکردی سطح نانو لوله 2 مطلوب به دست آید. خواص الکترونیکی و ساختار های منحصر به فرد آنها پژوهشگران علاقه مند را مجذوب کرده است تا کاربردهای بالقوه SWNTs و MWNTs را افزایش دهند برای مثال گزارش شده است که SWNTs نوعی حسگر شیمیایی برای NO<sub>2</sub> و NH<sub>3</sub> است. بعد از اینکه این دو گاز منتشر شدند، مقاومت الکتریکی SWNTs تغییر چشمگیری پیدا کرد. MWNTs و SWNT میتوانند به عنوان ذخیره هیدروژن استفاده شوند. علاوه بر این CNTs میتوانند به عنوان نانوسیم کوانتومی، ساع کننده میدان الکترونی، کاتالیزور و غیره استفاده شود.

### فناوری نانو برای جذب گاز سمی کربن دی اکسید:

جذب و ذخیره سازی دی اکسید کربن تولید شده از نیروگاه ها سوخت فسیلی از زمان پروتکل کیوتو که در 16 فوریه به اجرا در آمد، به طور چشمگیری مورد توجه قرار گرفت.

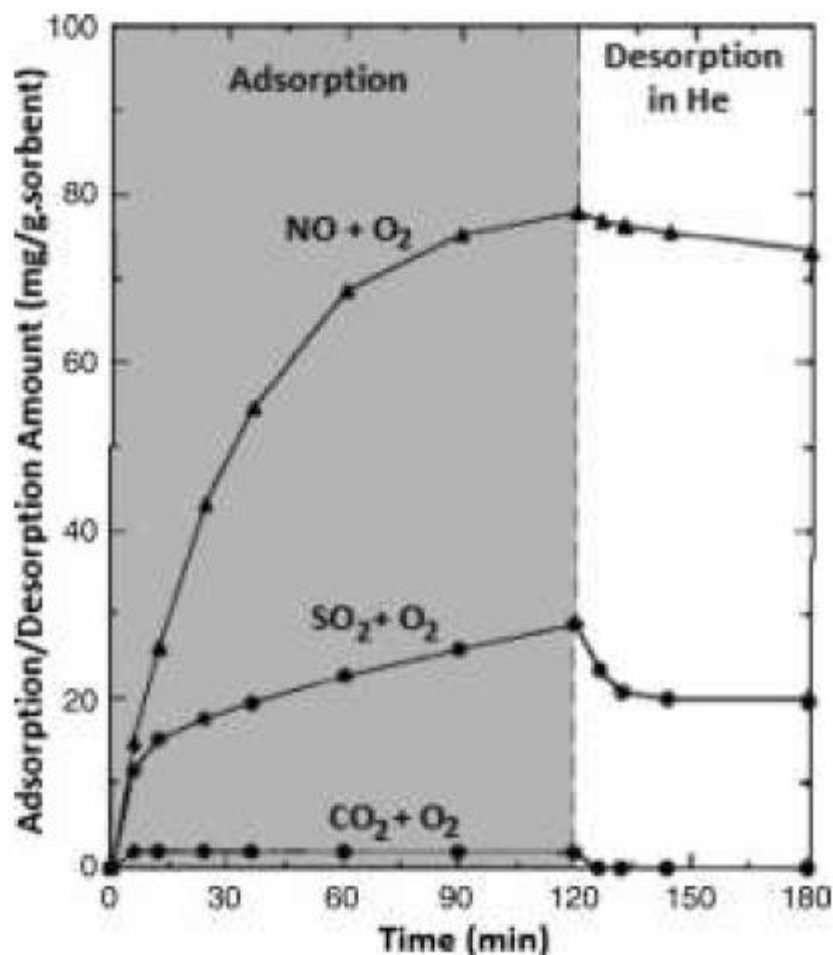
فناوری های مختلف جذب دی اکسید کربن از جمله جذب، جذب برودتی، غشا و سایر روش ها است. در میان این فناوری ها، فناوری های جذب بازسازی، به عنوان توسعه یافته ترین فرایند شناخته شده است. این فرایند مبتنی بر جذب آمین یا فرایند جذب آمونیاک است. با این حال فناوری های دیگر هم اکنون در سراسر جهان به علت زیاد بودن نیاز به انرژی برای فرایند جذب هنوز رایج است. کمیته دولتی تغییرات آب و هوا (IPCC) به این نتیجه رسیدند که طراحی یک فرایند جذب در مقیاس بزرگ ممکن است امکان پذیر باشد و توسعه نسل جدیدی از مواد که قادر به جذب مؤثر دی اکسید کربن باشد بدون شک رقابت جداسازی جذبی را در برنامه گاز دودکش افزایش میدهد. این جاذب ها شامل کربن فعال، زئولیت، جاذب سیلیس، SWNTs و نانوسیلیکای مبتنی بر سبدهای مولکولی است. اصلاح شیمیایی CNTs پتانسیل خوبی برای جذب گاز گلخانه ای کربن دی اکسید دارد.

## جذب $\text{NO}_x$ :

**$\text{NO}_x$**  مخلوطی از **NO** و  **$\text{NO}_2$**  است که از احتراق سوخت های فسیلی تولید میشود که برای سلامتی انسان بسیار مضر است. جاذب متداول مورد استفاده برای  **$\text{NO}_x$**  در دمای پایین شامل یون تبادل زئولیت، کربن فعال و  **$\text{FeOOH}$**  پراکنده در فیبر کربن فعال است. **NO** که بتواند بطور مؤثری توسط کربن فعال با توجه به واکنش سطح عملکردی گروه جذب شود:

در بین مقدار گونه های جذب شده هنوز قابل توجه نیست. لانگ و یانگ متوجه شدند که نانو لوله های کربنی **CNTs** میتوانند به عنوان جاذب برای حذف **NO** باشد. نرخ جذب  **$\text{NO}_x$**  و  **$\text{CO}_2$** ،  **$\text{SO}_2$**  در نانو لوله های کربنی در دمای اتاق در شکل زیر نشان داده شده است. مقدار جذب  **$\text{NO}_x$**  حدوداً 78 میلی گرم بر **CNTs** گرم است. جذب  **$\text{NO}_x$**  ممکن است وابسته به ساختار منحصر به فرد، خواص الکترونی و گروه های عملکردی سطحی **CNTs** باشد. زمانی که **NO** به  **$\text{NO}_2$**  اکسید میشود و سپس در سطح گونه های نیترات جذب میشود. اکسیداسیون **NO** به  **$\text{NO}_2$**  را در دمای اتاق بر روی رشته های کربن فعال گزارش کردند. در مقایسه با **NO** یا  **$\text{NO}_2$** ،  **$\text{SO}_2$**  هم میتواند در نانو لوله **CNTs** جذب شود؛ حتی اگر نرخ جذب امیدوار کننده نباشد در حالی که  **$\text{CO}_2$**  بسیار کم توسط **CNTs** جذب میشود.



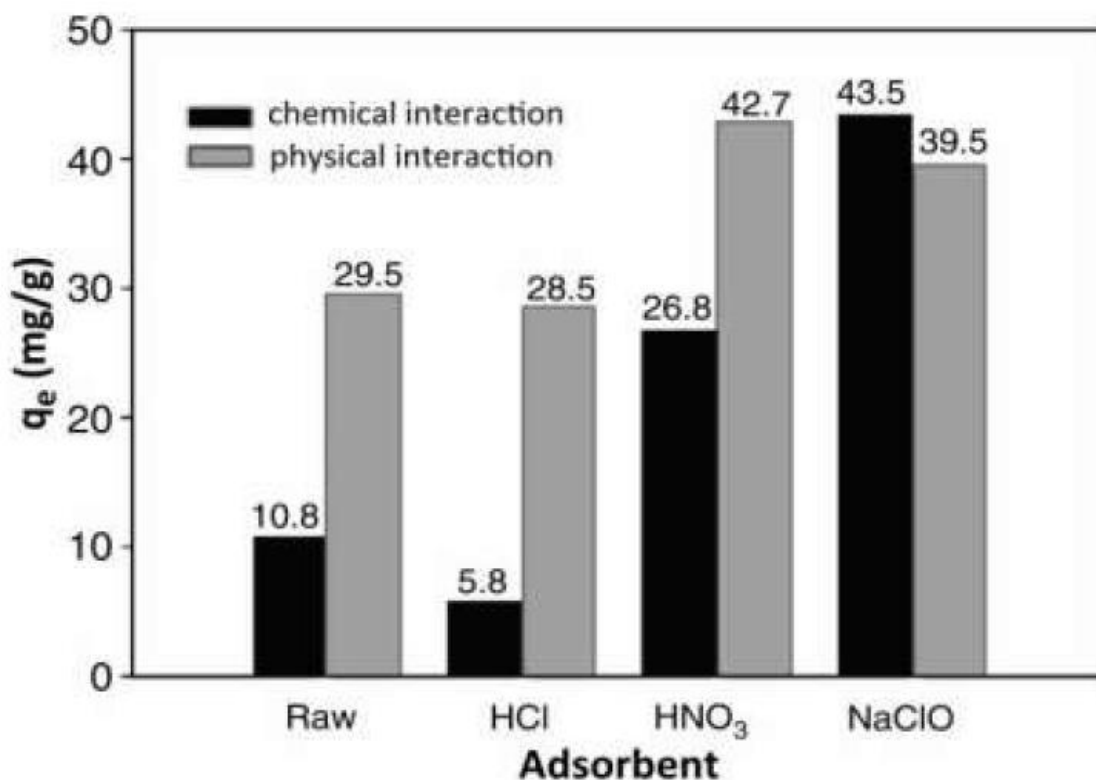


(شکل 3) نرخ جذب NO<sub>x</sub> ، SO<sub>2</sub> و CO<sub>2</sub> در نانو لوله های کربنی

### جذب ایزوپروپیل الکل

علاوه بر کاربرد به عنوان حلال، ایزوپروپیل الکل اغلب در تولید دستگاههای الکترونیک نوری و نیمه هادی نیز استفاده میشود. با توجه به عدم کنترل آلودگی هوا، بخار IPA بدون درمان و پاکسازی در اتمسفر منتشر شده است. انتشار بخار IPA میتواند به سلامت انسان به عنوان یک ماده تحریک کننده و سرطان زا آسیب برساند. مطالعات درباره SWNT هایی اکسید شده بوسیله محلول HNO<sub>3</sub> و هیپوکلریت سدیم انجام شده که به

عنوان جاذب برای جذب بخار IPA استفاده شد. خواص فیزیکوشیمیایی SWNTs بعد از اکسید شدن توسط هیدروکلراید،  $\text{HNO}_3$  و هیپوکلریت سدیم منجر به کاهش اندازه منافذ آن شد درحالی که مساحت سطح منافذ ریز، گروههای عملکردی سطحی و سطح فعال پایه بهبود (افزایش) یافته است. در نتیجه، SWCNTها قادر به جذب بیشتر بخار IPA از جریان هوا هستند / SWNT. هیپوکلریت سدیم بهترین عملکرد را به جذب IPA پس از  $\text{HNO}_3$  / SWNTs دارا هستند. شکل زیر ظرفیت جذب فیزیکی و شیمیایی IPA توسط جذب کنندههای مذکور را در بالا نشان میدهد.



(شکل 4)

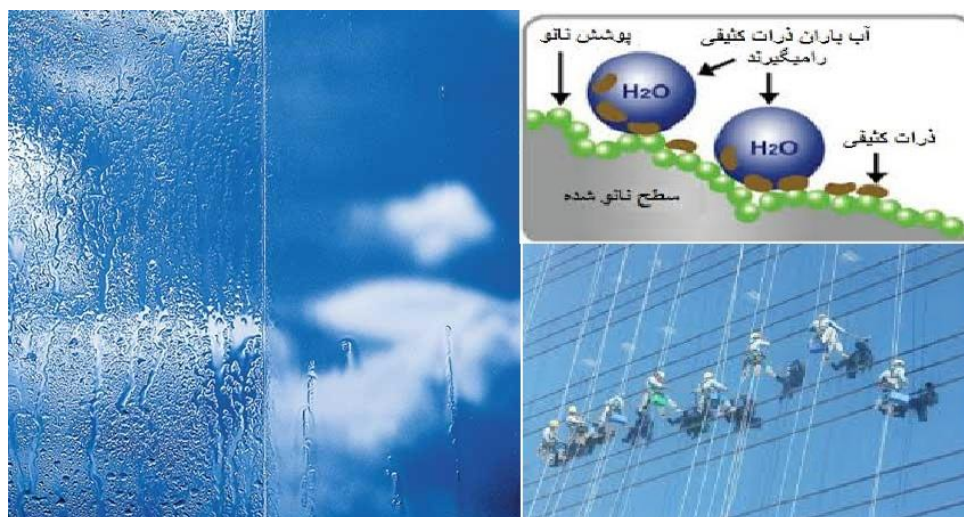
ظرفیت جذب فیزیکی و شیمیایی IPA توسط جذب کننده

در طول فرایند جذب، IPA توسط واکنشهای فیزیکی و شیمیایی جذب شده است. جذب فیزیکی در اثر نیروهای واندروالسی بین جاذب و مجذوب اتفاق میافتد در حالی که جذب شیمیایی در اثر واکنشهای شیمیایی بین مولکولهای جاذب و گروههای عملکردی سطح مجذوب صورت میگیرد و تمایز بین این دو فرایند برای درک عواملی که میزان جذب را تحت تاثیر قرار میدهند بسیار مفید است. شکل 4 ظرفیت

جذب جاذب های فیزیکی (qep) و شیمیایی (QEC IPA) رابا غلظت ورودی 500 ppmv نشان میدهد .  
 بعد از اینکه SWNTs با استفاده از محلول  $\text{HNO}_3$  و هیپوکلریت سدیم،  
 اکسید شدند، میزان qep از 29/5 میلی گرم/گرم به 42/7 و 39/5 میلی گرم/گرم به ترتیب افزایش  
 یافته است و qec از 10/8 میلی گرم/گرم به 26/8 و 43/5 میلی گرم/گرم به ترتیب افزایش یافته  
 است.

### برای اینکه پیش از پیش به کاربردی بودن نانو پی ببریم به مصولاتی میپردازیم که در حال حاضر بوسیله نانو فناوری موجودند:

لاستیکهای مقاوم در برابر سایش که از ترکیب ذرات خاک رس با پلیمرها به دست آمدهاند، شیشه هایی که خود به خود تمیز میشوند، مواد دارویی که در مقیاس نانو ذرات درست شدهاند، ذرات مغناطیسی باهوش برای پمپ های مکنده و رو ان سازها، هد دیسکهای لیزری و مغناطیسی که با کنترل جوهر و رنگدانه، را میتوان نام برد.



شیشه همراه با پوشش نانو

از انجایی که تهران یکی از شهرهایی است که بیشترین روز های سال دچار آلودگیست، میتوان این استراتژی ها را برای پایتخت مان عملی کرد؛ یعنی، با رویکرد طرحهای مطالعاتی، تحقیقاتی و اجرایی (عملی) در زمینه کنترل کیفیت هوای شهر تهران با استناد به آسیب شناسی طرح جامع کاهش آلودگی هوای شهر تهران مد نظر شهرداری تهران و شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران قرار گیرد. یکی از الزامات عملی این اقدام ارزیابی عملکرد و سنجش میزان رضایتمندی از ناوگان حمل و نقل عمومی با رویکرد کاهش آلودگی هوای شهر تهران می باشد. در زمینه مباحث امنیتی نیز تغییر اساسی در سیستم ناوگان حمل و نقل عمومی کلانشهر تهران با رویکرد امنیتی بایستی اعمال گردد. با

استناد به نتایج تحقیق در زمینه بهکارگیری فناوری نانو، الزام و پایش دائمی نصب فیلتر دوده روی تمامی خودروهای سنگین و اتوبوسهای حمل و نقل شهری، استفاده از خودروهای جدید و فن آوریهای به روز (گسترش خودروهای الکتریکی)، جایگزین کردن سوخت فسیلی و استفاده از آن در شهر تهران از ضروریات است.



محقق: سمانه حسنی