

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا یا استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.

....., Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

مقالات خارجی

..... گروه، دانشکده، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

مقالات داخلی



پایان نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی
(گرایش شیمی تجزیه)

عنوان:

استفاده از نانو ذرات آلومینا جهت حذف کادمیوم و سولفید از نمونه های آبی

استاد راهنما:

پروفسور عباس افخمی

استاد مشاور:

پروفسور طیبه مدرکیان

نگارش:

رضا احمدی خوئی

پاس خدای را که اول و آخر وجود است

بی آنکه اولی بر او پیشی گیرد و یا آخری پس از او باشد

خدایی که دست هر چشمی از دامن دیدارش کوتاه است

و فهم هر کبوتر تو صیغ کرمی از پرواز در آسمان و صفش عاجز

پاس می گویم او را که همه هستی ام از او است

پاس می دارم تمام آنچه را که ارزانیم کرد

بر خود لازم می‌دانم از زحمات پدر و مادر کرامی ام
بزرگ استادان زندگیم، آنانکه به من درس خوب زیستن آموختند
به پاس تعبیر عظیم و انسانی‌اشان از کلمه‌ی اثار و از خودگذشتگی
به پاس عاطفه‌ی سرشار و کرامی امیدبخش وجودشان که در سرمای روزگار ان به‌ترین پشتیبان است
به پاس قلب‌های بزرگ و دعا‌های همیشگی‌شان، که فریاد من است
و به پاس محبت‌های بی‌دینشان که هرگز فروکش نمی‌کند،
کمال تشکر را بنمایم

از خداوند می‌خواهم که توانی به من عطا کنی که بتوانم قطره‌ای از دریای لطف و محبتی که به من داشتند

راجبران کنم.

از استاد بزرگوارم جناب آقای پروفیسور افعمی

که با بلند نظری و بینش عمیق برایم آموزگار اخلاق بودند و در تمام مراحل از راهنمایی‌های ارزنده و تبار علمی ایشان بهره‌مند شده‌ام کمال تشکر را دارم. بی‌شک افتخار شاگردی ایشان بزرگترین دستاورد دوران تحصیل من می‌باشد.

از استاد مشاورم سرکار خانم پروفیسور مدرکیان که نکات بسیار ارزنده‌ای در جهت غنای پژوهش مطرح نمودند نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم.

از اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر هاشمی و دکتر تماری که زحمت قرائت و داوری این پایان‌نامه را پذیرفتند نهایت سپاسگزاری را دارم. همچنین از کلیه اساتید گرانقدری که در این دوره تحصیلی از مضر درس ایشان بهره‌مند شدم کمال تشکر را دارم.

از تمامی دوستان و همکاران عزیزم در تیم تحقیقاتی دکتر افعمی و دکتر مدرکیان، خانمها و آقایان :

باقری، فوش سفر، فواجوی، محمد نژاد، قائدی، خانلری، موسوی، شیرزادمهر، سلطانی، رحیمی، رضائی، احمدی، سیاوشی، نهایت سپاس را دارم.

با سپاس فراوان خدمت دوستان گران مایه ام

آقایان:

دریانورد، شوشتری، حاجیان، کریمی، فاتم، جمشیدی، یوسفی، فاک زاده، ممتازی، اکبری، محمودی، شیرمردی.

خانم‌ها:

گمار، محمدی، زارع، فسرویان، بجازی.

و سایر دوستان در آزمایشگاه های تحقیقاتی آلی، سنتز و جداسازی، معدنی، شیمی فیزیک، تجزیه و کاربردی.

تقدیم به

دو آفتاب پرفروز زندگی ام

پدر صبور و مادر فداکارم

که در فراز و نشیب زندگی استوارترین تکیه گاه و پناهم هستند

و در آخر به خاک پاک سرزمین مادری ام، ایران همیشه سرافراز تقدیم می کنم
باشد که تمام عزیزانی که، چه در گذشته و چه در حال باعث سرافرازی این خاک پاک

شده اند، این کار ناچیز را از من پذیرا باشند



دانشگاه بوعلی سینا
مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان:

استفاده از نانو ذرات آلومینا جهت حذف کادمیوم و سولفید از نمونه های آبی

نام نویسنده: رضا احمدی خوئی

نام استاد/اساتید راهنما: پروفسور عباس افخمی

نام استاد/اساتید مشاور: پروفسور طیبه مدرکیان

دانشکده: شیمی

گروه آموزشی: شیمی تجزیه

رشته تحصیلی: شیمی تجزیه

گرایش تحصیلی: شیمی تجزیه

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد

تاریخ تصویب: ۸۸/۶/۸

تاریخ دفاع: ۹۰/۶/۱۶

تعداد صفحات: ۸۰

چکیده:

در کار حاضر ۳- (۴- کلرو بنزلییدن آمینو) -۲- تیوکسونیازولودین-۴- آن تثبیت شده روی نانو ذرات آلومینای پوشیده شده با SDS به عنوان جاذب در ستون پیش تغلیظ برای اندازه گیری مقادیر کم کادمیوم استفاده شده است. اثر پارامترهای مختلف از قبیل pH ، مقدار جاذب ، سرعت جریان عبور نمونه و سرعت عبور حلال استخراج کننده ، غلظت و مقدار حلال بازیابی کننده و اثر کاتیون های مزاحم بر راندمان بررسی گردید. در این روش محلول نمونه (تا حجم ۱۵۰ میلی لیتر) حاوی مقادیر کم کادمیوم در pH ۵ از روی میکروستون حاوی ۰/۰۱ گرم جاذب با سرعت جریان ۶ میلی لیتر بر دقیقه عبور داده شد. کادمیوم جمع آوری شده بر روی ستون با ۲ میلی لیتر اسید نیتریک ۲ مولار با سرعت جریان ۲ میلی لیتر بر دقیقه شسته و سپس با استفاده از جذب اتمی شعله اندازه گیری شد. انحراف استاندارد نسبی (۱۱ اندازه گیری) $2 \mu\text{g L}^{-1}$ کادمیوم ۱/۹٪ و حد تشخیص روش (بر اساس ۳ برابر انحراف استاندارد) $0.14 \mu\text{g L}^{-1}$ به دست آمد. هیچ مزاحمتی قابل توجهی از طرف دیگر گونه های بررسی شده مشاهده نشده و روش با موفقیت برای بازیابی و اندازه گیری کادمیوم در نمونه های حقیقی به کار برده شده است.

هم چنین با استفاده از جاذب نانو آلومینای اصلاح شده طبق روش قبلی پس از نشان دادن یون های کادمیوم بر روی آن، سولفید از محلول های آبی حذف شد. اثر پارامترهای مختلف از قبیل pH ، مقدار جاذب ، سرعت جریان عبور نمونه و حجم نمونه بر راندمان جذب سولفید روی جاذب بررسی گردید. در این روش محلول نمونه (تا حجم ۱۰۰ میلی لیتر) حاوی مقادیر کم سولفید در pH ۶ از روی میکروستون حاوی ۰/۰۳ گرم جاذب با سرعت جریان ۲ میلی لیتر بر دقیقه عبور داده شد. سپس محلول عبور کرده از ستون جمع آوری شده و مقدار سولفید آن بوسیله روش اسپکتروفوتومتری اتیلن بلو اندازه گیری شد؛ و درصد حذف محاسبه گردید. واجذب سولفید جذب شده نیز بررسی گردید، و محلول ۰/۵ مولار HCl در مخلوط آب- اتانول به عنوان شوینده انتخاب شد. ظرفیت جاذب با مدل های ایزوترم جذبی لانگمویر و فرنللیچ ارزیابی شد. و ظرفیت جذبی جاذب (q_{max}) برابر با 24.39 mg g^{-1} بدست آمد.

واژه های کلیدی: پیش تغلیظ ، اندازه گیری ، کادمیوم ، ۳- (۴- کلرو بنزلییدن آمینو) -۲- تیوکسونیازولودین-۴- آن ، سدیم دودسیل سولفات ، جاذب، حذف، سولفید، روش اتیلن بلو

فصل اول: کلیات و مباحث تئوری

۱ - ۱ - نانو فناوری.....	۱
۱-۱-۲- تاریخچه فناوری نانو.....	۱
۱-۱-۳- خواص نانو مواد.....	۳
۱-۲- استخراج فاز جامد (SPE).....	۵
۱-۲-۱- اساس استخراج فاز جامد.....	۵
۱-۲-۲- انواع جاذبها.....	۶
۱-۲-۳- مکانیسم برهم کنش آنالیت - جاذب.....	۷
۱-۲-۴- مراحل آماده سازی فاز جامد.....	۸
۱-۲-۵- مزایای استخراج با فاز جامد.....	۹
۱-۲-۶- مسائل و مشکلات استخراج فاز جامد و راه حل برای آنها.....	۱۰
۱-۲-۶-۱- کامل نبودن شستشو.....	۱۰
۱-۲-۶-۲- سرریز آنالیت.....	۱۰
۱-۲-۶-۳- کم بودن ظرفیت جذبی جاذب.....	۱۰
۱-۳- استخراج فاز جامد اصلاح شده.....	۱۱
۱-۴- فلزات سنگین.....	۱۲
۱-۴-۱- مقدمه.....	۱۲
۱-۴-۲- تعریف فلزات سنگین.....	۱۲
۱-۵- موارد کاربرد کادمیوم.....	۱۳
۱-۶- توزیع کادمیوم.....	۱۴
۱-۶-۱- کادمیوم مواد غذایی.....	۱۴
۱-۶-۲- کادمیوم در آب آشامیدنی.....	۱۴
۱-۶-۳- کادمیوم در سیگار.....	۱۴
۱-۷- تاثیر کادمیوم در تعادلات بیوشیمیایی بدن.....	۱۵
۱-۸- شیمی تجزیه کادمیوم.....	۱۶
۱-۸-۱- روشهای جداسازی و تغلیظ.....	۱۶
۱-۸-۱-۱- ترسیب الکتروشیمیایی.....	۱۷
۱-۸-۱-۲- استخراج مایع - مایع.....	۱۷
۱-۸-۱-۳- استخراج فاز جامد (SPE).....	۱۸

۲۰	۱-۸-۱-۴- استخراج نقطه ابری (CPE).....
۲۰	۱-۸-۱-۵- استفاده از مبادله کننده های یون.....
۲۱	۱-۸-۱-۶- روش همرسوبی.....
۲۲	۱-۹-۱-۹- راه های تماس سولفید.....
۲۲	۱-۹-۱-۱- اثرات بهداشتی.....
۲۴	۱-۱۰-۱- باز شیفها.....
۲۵	۱-۱۱-۱- مروری بر کارهای انجام شده بر روی اندازه گیری کادمیوم.....
۳۳	۱-۱۲-۱- مروری بر کارهای انجام شده بر روی سولفید.....

فصل دوم : کارهای تجربی

۳۷	۲-۱-۱- بخش تجربی.....
۳۷	۲-۱-۱-۱- تهیه مواد شیمیایی و محلولهای مورد نیاز.....
۳۸	۲-۱-۱-۲- دستگاه های مورد استفاده.....
۳۹	۲-۲- سنتز لیگاند.....
۳۹	۲-۳- تهیه نانو آلومینای پوشیده شده با SDS و L.....
۴۰	۲-۴- آماده سازی ستون جاذب.....
۴۰	۲-۵- روش کار در پیش تغلیظ و اندازه گیری کادمیوم.....
۴۱	۲-۶- روش کار در حذف سولفید.....
۴۱	۲-۷- روش های اندازه گیری سولفید.....
۴۱	۲-۷-۱- روش اتیلن بلو.....
۴۳	۲-۸-۱- آماده سازی نمونه های حقیقی.....
۴۳	۲-۸-۱-۱- آماده سازی نمونه های آبی.....
۴۳	۲-۸-۲- آماده سازی نمونه های ادرار و مو.....
۴۴	۲-۸-۳- تهیه نمونه های غذایی.....

فصل سوم : بحث و نتیجه‌گیری

۱-۳-۱- مقدمه‌ای بر حذف و پیش تغلیظ کادمیوم بر روی نانو ذرات آلومینای اصلاح شده	۴۶
۱-۳-۱-۱- مکانیسم جذب SDS و L بر روی نانو ذره آلومینا	۴۶
۲-۳-۱- بهینه‌سازی و بررسی شرایط کار	۴۸
۱-۳-۲-۱- اثر pH محلول نمونه بر بازداري کادمیوم	۴۸
۲-۳-۲-۱- اثر مقدار جاذب بر بازیابی کادمیوم	۴۹
۳-۳-۲-۱- انتخاب شوینده	۴۹
۴-۳-۲-۱- اثر سرعت جریان و حجم محلول نمونه بر بازیابی کادمیوم	۵۰
۵-۳-۲-۱- اثر سرعت جریان شوینده بر بازیابی کادمیوم	۵۲
۶-۳-۲-۱- تعیین ظرفیت جاذب	۵۲
۷-۳-۲-۱- بررسی امکان استفاده مکرر ستون جاذب	۵۳
۸-۳-۲-۱- بررسی مزاحمت‌ها	۵۳
۹-۳-۲-۱- منحنی کالیبراسیون	۵۴
۱۰-۳-۲-۱- محاسبه حد تشخیص روش	۵۵
۱۱-۳-۲-۱- کاربرد روش برای اندازه‌گیری کادمیوم در نمونه‌های حقیقی	۵۵
۱۲-۳-۲-۱- نتیجه‌گیری	۸۵
۳-۳-۱- مقدمه‌ای بر حذف سولفید از نمونه‌های آبی توسط نانوذره آلومینای اصلاح شده	۶۰
۱-۳-۳-۱- بهینه‌سازی و بررسی شرایط کار	۶۱
۱-۳-۳-۱-۱- اثر pH محلول نمونه بر حذف سولفید	۶۱
۲-۳-۳-۱-۱- اثر مقدار جاذب بر حذف سولفید	۶۱
۳-۳-۳-۱-۱- اثر سرعت جریان نمونه بر حذف سولفید	۶۲
۴-۳-۳-۱-۱- اثر حجم محلول نمونه بر حذف سولفید	۶۳
۵-۳-۳-۱-۱- واجذب سولفید جذب شده بر روی نانو ذرات اصلاح شده	۶۴
۶-۳-۳-۱-۱- اثر سرعت جریان و حجم شوینده بر بازیابی سولفید	۶۵
۷-۳-۳-۱-۱- ایزوترم‌های جذب سطحی	۶۷
۱-۳-۳-۱-۱-۱- تعیین ظرفیت جاذب بوسیله ایزوترم‌های جذب سطحی	۶۸
۲-۳-۳-۱-۱-۱- نتیجه‌گیری	۷۱

- شکل (۱-۱)، مراحل آماده سازی فاز جامد ۹
- شکل (۱-۲)، فرمول ساختاری لیگاند ۳-(۴-کلرو بنزیلیدن آمینو)-۲-تیوکسوتیازولودین-۴-آن . ۳۹
- شکل (۲-۲)، نمودار اصلاح نانو ذره آلومینا توسط L ۴۰
- شکل (۳-۲)، تشکیل رنگ اتیلن بلو ۴۲
- شکل (۱-۳)، طیف FT-IR مربوط به آلومینای اصلاح نشده و آلومینای اصلاح شده ۴۷
- شکل (۲-۳)، اثر pH محلولهای نمونه بر بازیابی کادمیوم ۴۸
- شکل (۳-۳)، اثر مقدار جاذب بر بازیابی کادمیوم ۴۹
- شکل (۴-۳)، اثر نوع و غلظت شوینده بر بازیابی کادمیوم (N=۳) ۵۰
- شکل (۵-۳)، اثر سرعت جریان محلول نمونه بر روی بازیابی کادمیوم ۵۱
- شکل (۶-۳)، اثر حجم محلول نمونه بر روی بازیابی کادمیوم ۵۱
- شکل (۷-۳)، اثر سرعت جریان محلول شوینده بر روی بازیابی کادمیوم ۵۲
- شکل (۸-۳)، اثر pH بر حذف سولفید ۶۱
- شکل (۹-۳)، اثر مقدار جاذب بر حذف سولفید ۶۲
- شکل (۱۰-۳)، اثر سرعت جریان عبور محلول بر حذف سولفید ۶۳
- شکل (۱۱-۳)، اثر حجم محلول نمونه بر حذف سولفید ۶۴
- شکل (۱۲-۳)، اثر نوع و غلظت شوینده بر بازیابی سولفید ۶۵
- شکل (۱۳-۳)، اثر سرعت جریان عبور شوینده بر بازیابی سولفید ۶۶
- شکل (۱۴-۳)، اثر حجم شوینده بر بازیابی سولفید ۶۶
- شکل (۱۵-۳)، ایزوترم جذب سطحی لانگمویر برای سولفید بر روی نانو ذرات آلومینای اصلاح شد ۶۹
- شکل (۱۶-۳)، نمودار ایزوترم خطی شده لانگمویر برای سولفید ۶۹

فهرست جداول

صفحه

عنوان

۲۴	جدول (۱-۱)، عوارض ناشی از سولفید هیدروژن در هوا.....
۵۴	جدول (۱-۳)، اثر یون‌های مختلف در اندازه‌گیری $20/0 \mu\text{g L}^{-1}$ از کادمیوم در شرایط بهینه.....
۵۵	جدول (۲-۳)، مشخصات تجزیه‌ای روش برای تعیین کادمیوم.....
۵۶	جدول (۳-۳)، نتایج برای اندازه‌گیری کادمیوم در نمونه‌های آبی.....
۵۷	جدول (۴-۳)، نتایج برای اندازه‌گیری کادمیوم در نمونه‌های مو و ادرار در شرایط بهینه (N=۵)....
۵۷	جدول (۵-۳)، نتایج برای اندازه‌گیری کادمیوم در نمونه‌های غذایی (N=۵).....
۵۹	جدول (۶-۳)، مقایسه مشخصات تجزیه‌ای روش با روش‌های دیگر برای اندازه‌گیری کادمیوم.....
۷۰	جدول (۷-۳)، پارامترهای مربوط به روابط لانگمویر و فرنرلیچ.....

فصل اول :

کلیات و مباحث تئوری

۱-۱- نانوفناوری

نانوفناوری به سیستم‌ها یا فرایندهایی اطلاق می‌شود که در آن مواد در ابعاد نانو تولید یا مورد استفاده قرار می‌گیرند. این علم جدید بر این مبنا استوار است که ذرات در مقیاس نانو، دارای خواص ویژه بوده و رفتار منحصر به فردی را از خود نشان می‌دهند. مواد نانو دارای سطح ویژه بزرگ بوده و همین نسبت بالای سطح به حجم^۱، عامل کلیدی در بروز ویژگی‌هایی با کارایی بالای آن‌ها می‌باشد. مواد نانو و نانوفناوری کاربردهای زیادی در زمینه الکترونیک، نور، مغناطیس، کاتالیزور، پزشکی و مسایل زیست محیطی پیدا کرده‌اند [۱، ۲].

درباره‌ی فناوری نانو می‌توان به تعریف‌های زیر اشاره کرد:

۱- قلمروی از علم و فناوری که به ابعاد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌پردازد در جایی که این ابعاد بتوانند نقش مهمی در خواص قطعه ایفاء کنند.

۲- خلق و استفاده از ساختارها و ابزار و سیستم‌هایی که به خاطر اندازه کوچک، خواص و عملکرد نوینی دارند.

۳- دستکاری مواد در مقیاس اتمی یا مولکولی و به خصوص ساخت قطعات و لوازم میکروسکوپی.

۱-۱-۲- تاریخچه فناوری نانو

فناوری نانو واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود.

اولین جرقه فناوری نانو (البته در آن زمان هنوز به این نام شناخته نشده بود) در سال ۱۹۵۹ زده شد. در این سال ریچارد فاینمن^۲ طی یک سخنرانی با عنوان «فضای زیادی در سطوح پایین

1. Surface-to-volume ratio
2. Richard Feynman

وجود دارد»^۱ ایده فناوری نانو را مطرح ساخت. وی این نظریه را ارائه داد که در آینده‌ای نزدیک می‌توانیم مولکول‌ها و اتم‌ها را به صورت مستقیم دستکاری کنیم.

واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریوتانیگوچی^۲ استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبان‌ها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد (وسایل) دقیقی که گستره ابعادی آنها در حد نانومتر می‌باشد، به کار برد. در سال ۱۹۸۶ این واژه توسط کی اریک درکسلر^۳ در کتابی تحت عنوان: «موتور آفرینش: آغاز دوران فناوری نانو»^۴ بازآفرینی و تعریف مجدد شد. وی این واژه را به شکل عمیق‌تری در رساله دکترای خود مورد بررسی قرار داده و بعدها آن را در کتابی تحت عنوان «نانوسیستم‌ها، ماشین‌های مولکولی، چگونگی ساخت و محاسبات آنها»^۵ توسعه داد.

تفاوت اصلی فناوری نانو با فناوری‌های دیگر در مقیاس مواد و ساختارهایی است که در این فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته تنها کوچک بودن اندازه مد نظر نیست؛ بلکه زمانی که اندازه مواد در این مقیاس قرار می‌گیرد، خصوصیات ذاتی آنها از جمله رنگ، استحکام، مقاومت خوردگی و ... تغییر می‌یابد. در حقیقت اگر بخواهیم تفاوت این فناوری را با فناوری‌های دیگر به صورت قابل ارزیابی بیان نماییم، می‌توانیم وجود "عناصر پایه" را به عنوان یک معیار ذکر کنیم. عناصر پایه در حقیقت همان عناصر نانومقیاسی هستند که خواص آنها در حالت نانومقیاس با خواصشان در مقیاس بزرگتر فرق می‌کند.

1. "There is plenty of room at the bottom"

2. Norio Taniguchi

3. Drexler

4. Engines of Creation: the Coming Era of Nanotechnology

5. Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation

۱-۱-۳- خواص نانو مواد

با گذر از مقیاس میکرو به نانو، با تغییر برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی روبه رو می شویم که دو مورد مهم از آنها عبارتند از: افزایش نسبت مساحت سطح به حجم و ورود اندازه ذره به قلمرو اثرات کوانتومی.

افزایش نسبت سطح به حجم که به تدریج با کاهش اندازه ی ذره رخ می دهد، باعث غلبه یافتن رفتار اتمهای واقع در سطح ذره به رفتار اتمهای درونی می شود. این پدیده بر خصوصیات ذره در حالت انزوا و بر تعاملات آن با دیگر مواد اثر می گذارد. افزایش سطح، واکنش پذیری نانو مواد را به شدت افزایش می دهد زیرا تعداد مولکولها یا اتمهای موجود در سطح در مقایسه با تعداد اتمها یا مولکولهای موجود در توده ی نمونه بسیار زیاد است، به گونه ای که این ذرات به شدت تمایل به آگلومره^۱ یا کلوخه ای شدن دارند. به عنوان مثال در مورد نانوذرات فلزی، به محض قرارگیری در هوا، به سرعت اکسید می شوند. در بعضی مواقع برای حفظ خواص مطلوب نانومواد، جهت پیشگیری از واکنش بیشتر، یک پایدار کننده را بایستی به آنها اضافه کرد که آنها را قادر می سازد تا در برابر سایش، فرسودگی و خوردگی مقاوم باشند [۳].

البته این خاصیت مزایایی هم در بر دارد. مساحت سطحی زیاد، عاملی کلیدی در کارکرد کاتالیزورها و ساختارهایی همچون الکترودها می باشد. به عنوان مثال با استفاده از این خاصیت می توان کارایی کاتالیزورهای شیمیایی را به نحو مؤثری بهبود بخشید و یا در تولید نانوکامپوزیتها با استفاده از این مواد، پیوندهای شیمیایی مستحکمتری بین ماده زمینه و ذرات برقرار شده و استحکام آن به شدت افزایش می یابد. علاوه بر این، افزایش سطح ذرات، فشار سطحی را کاهش داده و منجر به تغییر فاصله بین ذرات یا فاصله بین اتمهای ذرات می شود. تغییر در فاصله بین اتمهای ذرات و نسبت سطح به حجم بالا در نانوذرات، تأثیر متقابلی در خواص ماده دارد. تغییر در انرژی آزاد سطح، پتانسیل

1. Agglomeration

شیمیایی را تغییر می دهد. این امر در خواص ترمودینامیکی ماده (مثل نقطه ذوب) تأثیر گذار است. به محض آنکه ذرات به اندازه کافی کوچک شوند، شروع به رفتار مکانیک کوانتومی می کنند. خواص نقاط کوانتومی مثالی از این دست است. نقاط کوانتومی^۱ کریستال هایی در اندازه نانو می باشد که از خود نور ساطع می کنند. انتشار نور توسط این نقاط در تشخیص پزشکی کاربرد های فراوانی دارد. این نقاط گاهی اتم های مصنوعی نامیده می شوند؛ چون الکترون های آزاد آنها مشابه الکترون های محبوس در اتم ها، حالات گسسته و مجازی از انرژی را اشغال می کنند [۳].

علاوه بر این، کوچک تر بودن ابعاد نانوذرات از طول موج بحرانی نور، آنها را نامرئی و شفاف می نماید. این خاصیت باعث شده است تا نانو مواد برای مصارفی چون بسته بندی، مواد آرایشی و روکش ها مناسب باشند.

مواد در مقیاس نانو، رفتار کاملاً متفاوت، نامنظم و کنترل نشده ای از خود بروز می دهند. با کوچکتر شدن ذرات خواص نیز تغییر خواهد کرد. مثلاً فلزات، سخت تر و سرامیک نرم تر می شود. مواد در مقیاس نانو به دسته های زیر قابل تقسیم می باشند:

۱- نانو خوشه ها

۲- نانو پوشش ها

۳- نانو لایه ها

۴- نانو سیم ها

۵- نانو لوله ها

۶- نانو حفره ها [۳, ۴].

۱-۲- استخراج فاز جامد^۱ (SPE)

اندازه‌گیری مستقیم مقادیر کم یونهای فلزی به وسیله روشهای اسپکتروسکوپی اتمی، شبیه اسپکترومتری جذب اتمی شعله (FAAS)^۲ و اسپکترومتری نشر اتمی پلاسمای کوپل شده القایی (ICP-AES)^۳ بخصوص در غلظتهای پایین بدلیل مزاحمتهای بافت، خیلی مشکل است، بنابراین روشهای پیش‌تغلیظ، شبیه استخراج فاز جامد (SPE)^۴ [۵]، استخراج مایع-مایع (LLE)^۵ [۶]، هم‌رسوبی^۶ [۷]، تعویض یون^۷ [۸]، استخراج نقطه ابری^۸ [۹] و ... بطور گسترده برای پیش‌تغلیظ و جداسازی مقادیر کم یونهای فلزی مورد استفاده قرار گرفته است. از بین روشهای ذکر شده، استخراج فاز جامد مزایای زیادی دارد از جمله مصرف حلال را کاهش می‌دهد، از نظر قیمت مناسب است و زمان استخراج و آماده‌سازی نمونه کوتاه است، به همین دلیل در سالهای اخیر بطور موفق برای جداسازی و اندازه‌گیری حساس یونهای فلزی بخصوص در نمونه‌های آب، بکار رفته است [۱۰].

۱-۲-۱- اساس استخراج فاز جامد

اساس SPE شبیه استخراج مایع-مایع می‌باشد، که شامل تقسیم شدن حل‌شونده‌ها بین دو فاز می‌باشد، با این تفاوت که به جای دو فاز مایع مخلوط نشدنی در LLE، SPE شامل تقسیم شدن آنالیت بین یک مایع (ماتریکس نمونه) و یک فاز جامد (جاذب) می‌باشد. این خصلت، موجب می‌شود که غلظت و خلوص آنالیت از محلول نمونه به وسیله جذب روی جاذب جامد افزایش یابد. اساس کار شامل عبور نمونه مایع از یک ستون، یک کارتریج^۹، لوله یا دیسک شامل جاذب که آنالیت روی آن

-
1. Solid phase extraction (SPE)
 2. Flame atomic absorption spectrometry
 3. Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
 4. Solid phase extraction
 5. Liquid-Liquid extraction
 6. Coprecipitation
 7. Ion exchange
 8. Cloud point extraction
 9. Cartridge

جذب سطحی می‌شود، می‌باشد بعد از اینکه همه نمونه از روی جاذب عبور کرد، آنالیت بازداری شده با شویش توسط یک حلال بازیابی می‌شود [۱۱].

۱-۲-۲- انواع جاذب‌ها

برای SPE از جاذب‌های مختلفی مانند کربن فعال^۱ [۱۲]، سیلیکاژل^۲ [۱۳]، میکروکریستالهای نفتالن^۳ [۱۴]، آلومینا^۴ [۱۵]، فوم پلی تیو اتر^۵ [۱۶]، کتان تیول^۶ [۱۷]، سلولز^۷ [۱۸]، کروموزورب-۱۰۸^۸ [۱۹]، آمبرلیت XAD-4^۹ [۲۰]، C₁₈ [۲۱] و ... می‌توان استفاده کرد.

از نفتالن نیز به عنوان یک جاذب برای بازداری مقادیر کم فلزات با اضافه کردن لیگاند به نمونه یا با عامل دار کردن جاذب استفاده می‌شود [۱۰]. بررسی مقالات نشان می‌دهد بعضی از جاذب‌های ذکر شده برای پیش تغلیظ مناسب می‌باشند، اما روش‌های آماده سازی آنها وقت‌گیر و شامل کنترل جدی شرایط می‌باشد یا واجذب فلز بوسیله فرآیند شستشو آهسته انجام می‌شود و بنابراین روش وقت‌گیر است اما جداسازی مقادیر کم فلز بعد از جذب کی لیت‌های فلزی روی میکروکریستالهای نفتالن خیلی سریع و مناسب است و می‌تواند برای تعدادی از کمپلکس‌های فلزی بکار رود [۲۲].

کربن فعال به وسیله اکسیداسیون چارکول در دمای پایین آماده‌سازی می‌شود. فضای سطح بزرگ این جاذب ($1000 - 3000 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$)، آن را برای جذب قوی ترکیبات آلی و عناصر تصدیق می‌کند. این مساله ثابت می‌کند که دو نوع سایت جذبی در کربن فعال وجود دارد:

-
1. Activated carbon
 2. Silica gel
 3. Microcrystalline naphthalene
 4. Alumina
 5. Polythioether foam
 6. Thiol cotton
 7. Cellulose
 8. Chromosorb-108
 9. Amberlite XAD-4 resine