بسم الله الرحمن الرحیم

عنوان مقاله: نانو فیلتراسیون و کاربرد آن در تصفیه آب

Article Title: Nanofiltration and its application in water treatment

نویسنده مسئول:مهردادبرون

محقق ۴۱ساله ازااهوازدارای لیسانس فنلوری اطلاعات ازدانشگاه جامع لوله سازی اهواز

ایمیل نویسنده مسئول: mehrdadboroon95@gmail.com

آدرس:خوزستان،اهواز،کوی رسالت،خیابان۹،پلاک۳

کدپستی:۶۱۷۷۸۷۶۱۴۱

چکیده

جمعیت جهان در حال افزایش و منابع آب آشامیدنی رو به کاهش است؛ بنابراین ممکن است جهان در آینده با مشکل کمبود آب مواجه شود. افزایش مصرف آب و کمبود حاصل از آن که بر اثر آلودگی نیز تشدید می‌شود سبب شده‌است تا تأمین آب بهداشتی به یکی از دغدغه‌های اساسی جامعه جهانی تبدیل شود. امراض ناشی از آلودگی‌های آب هرروزه هزاران و شاید دهها هزار نفر را می‌کشد.توانایی بازیافت آب، امکان دسترسی به یک منبع مناسب برای مصارف گوناگون را ایجاد می‌کند. با به کارگیری فناوری‌های الکتریکی و مکانیکی به سادگی می‌توان آب آلوده را برای استفاده در کشاورزی و یا حتی برای مصارف خانگی بازیافت نمود. بدین‌ترتیب فیلترنمودن آب با فیلترهای نانومتری، تحولی عظیم در بازیافت و استفاده مجدد از آب‌های صنعتی و کشاورزی ایجاد می‌کند. فیلترهای فیزیکی با منافذی در حد نانومتر می‌توانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و حتی واحدهای کوچک پروتئین را صددرصد غربال کنند. با جداسازهای الکتریکی که یون‌ها را به وسیله صفحات ابرخازن جذب می‌کند می‌توان نمک‌ها و مواد سنگین را جذب کرد. بررسی فعالیت‌های مختلف دنیا، شامل برنامه‌های در دست اجرا و برنامه‌های آتی مراکز صنعتی و پژوهشی، نشان می‌دهد که حوزه تصفیه یکی از حوزه‌های کاربرد فناوری‌نانو در صنعت آب است.مادراین مقاله به بررسی این موضع می پردازیم

کلمات کلیدی

تصفیه آب،فیلتر،فیلتراسیون،نانو،نانوفیلتراسیون

Abstract

The world's population is growing and drinking water resources are declining; So the world may face water shortages in the future. Increased water consumption and the resulting shortage, which is exacerbated by pollution, has made the provision of sanitary water one of the main concerns of the international community. Diseases caused by water pollution kill thousands and possibly tens of thousands of people every day. The ability to recycle water allows access to a suitable source for a variety of uses. Using electrical and mechanical technologies, contaminated water can be easily recycled for agricultural use or even for domestic use. Thus, not filtering water with nanometer filters creates a huge change in the recycling and reuse of industrial and agricultural waters. Physical filters with nanometer pores can sift through bacteria, viruses, and even small units of protein. Electrical separators that absorb ions through supercapacitor plates can absorb salts and heavy materials. The study of various activities in the world, including ongoing programs and future plans of industrial and research centers, shows that the field of treatment is one of the fields of application of nanotechnology in the water industry. In this article, we examine this position.

key words

Water purifier, filter, filtration, nano, nanofiltration

مقدمه

جمعیت جهان در حال افزایش و منابع آب آشامیدنی رو به کاهش است؛ بنابراین ممکن است جهان در آینده با مشکل کمبود آب مواجه شود. افزایش مصرف آب و کمبود حاصل از آن که بر اثر آلودگی نیز تشدید می‌شود سبب شده‌است تا تأمین آب بهداشتی به یکی از دغدغه‌های اساسی جامعه جهانی تبدیل شود. امراض ناشی از آلودگی‌های آب هرروزه هزاران و شاید دهها هزار نفر را می‌کشد.

توانایی بازیافت آب، امکان دسترسی به یک منبع مناسب برای مصارف گوناگون را ایجاد می‌کند. با به کارگیری فناوری‌های الکتریکی و مکانیکی به سادگی می‌توان آب آلوده را برای استفاده در کشاورزی و یا حتی برای مصارف خانگی بازیافت نمود. بدین‌ترتیب فیلترنمودن آب با فیلترهای نانومتری، تحولی عظیم در بازیافت و استفاده مجدد از آب‌های صنعتی و کشاورزی ایجاد می‌کند. فیلترهای فیزیکی با منافذی در حد نانومتر می‌توانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و حتی واحدهای کوچک پروتئین را صددرصد غربال کنند. با جداسازهای الکتریکی که یون‌ها را به وسیله صفحات ابرخازن جذب می‌کند می‌توان نمک‌ها و مواد سنگین را جذب کرد. بررسی فعالیت‌های مختلف دنیا،

شامل برنامه‌های در دست اجرا و برنامه‌های آتی مراکز صنعتی و پژوهشی، نشان می‌دهد که حوزه تصفیه یکی از حوزه‌های کاربرد فناوری‌نانو در صنعت آب است؛ و با بهره‌گیری از آن، هزینه‌های تصفیه آب به میزان زیادی کاهش خواهد یافت.

دو زمینه اصلی در این عرصه عبارتند از:

فیلترهای نانومتری به منظور افزایش بازیابی آب در سیستم‌های موجود؛نانوحسگرهای زیستی به منظور تشخیص سریع و کامل آلودگی‌های آب.

در این مقاله به بررسی تعدادی از کاربردهای فناوری‌نانو در صنعت آب می‌پردازیم.

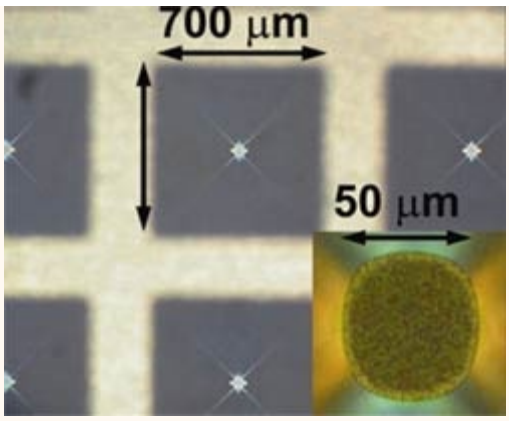
نانوفیلتراسیون

فناوری‌های جدید، امکان تولید آب نانوفیلتر شده را در مقیاس انبوه فراهم می‌کند. آب تصفیه‌شده به وسیله نانوفیلتراسیون به اندازه آب‌معدنی تصفیه‌شده ارزش دارد. با استفاده از نانوفیلتر، مواد معدنی لازم برای سلامت انسان در آب باقی مانده و مواد سمی و مضر، از آن حذف می‌شود. نانوفیلتراسیون یک روش مفید بین روش‌های اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون است. اولترافیلتراسیون به دلیل بالاتر بودن مقدار آلاینده‌های معدنی و قلیایی نسبت به حد مجاز و روش اسمز معکوس به دلیل تولید خلوص بیش از حد محصول و بالا بودن قیمت دارای نقایصی هستند.

دانشمندان دانشگاه باناراس (Banaras) روش ساده‌ای برای تولید فیلترها با استفاده از نانولوله‌های کربنی توسعه داده‌اند که قادر به حذف مؤثر آلاینده‌های میکرو و نانومقیاس از آب و نیز حذف هیدروکربن‌های سنگین از نفت خام است. استفاده از نانولوله‌های کربنی در ساخت فیلترها سبب سهولت در تمیز کردن، افزایش استحکام، قابلیت استفاده مجدد و مقاومت آنها در برابر گرما می‌شود. این فیلترها دارای دقت بسیار مناسبی در کاربردهای مختلف هستند، به عنوان مثال قادرند پولیوویروس‌هایی با اندازه ۲۵ نانومتر را به خوبی پاتوژن‌های بزرگ‌تری مانندE. Coil و باکتری‌های استافیلوکوک، از آب حذف نمایند. نانوفیلتراسیون دارای مزایایی مانند قیمت پایین، و کنترل مقدار کاهش آلاینده‌ها در آب تصفیه شده است.

شرکت آرگوناید (argonide) در حال استفاده از نانوفیبرهای اکسید آلومینیوم با اندازه دو نانومتر برای تصفیه آب است. فیلترهایی که از این فیبرها ساخته شده‌اند، می‌توانند ویروس‌ها، باکتری‌ها و کیست‌ها را از بین ببرند.

شیرین سازی آب به وسیله نانوغشاها



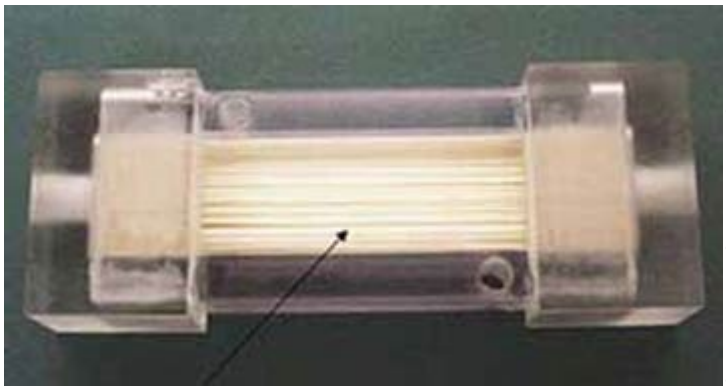
غشاء نانو لوله‌ای

محققان آزمایشگاه ملیLawrence Livermore با همکاری دانشگاه برکلی کالیفرنیا غشاهایی با حفره‌هایی از جنس نانولوله‌های کربنی ساخته‌اند که به کمک آن امکان جداسازی ارزان‌تر گاز و مایع فراهم می‌شود. در حال حاضر اغلب غشاهای موجود از جنس مواد پلیمری هستند که برای کاربردهای دما بالا مناسب نیست. استفاده از این نوع غشاها نمی‌تواند توازن قابل قبولی بین ورودی غشا و قابلیت انتخاب آن برقرار نماید، یعنی ورودی بالا منجر به کاهش انتخاب‌پذیری است و بالعکس؛ اما دانشمندان با استفاده از نانولوله‌های کربنی توانسته‌اند این دو امر به ظاهر متضاد را با هم جمع و امکان انتخاب‌پذیری خوب همراه با ورودی بالا را فراهم کنند.

این محققان توانسته‌اند روشی برای ساخت این غشاها بیابند که با سیستم‌های میکروالکترومکانیکی (MEMS) هم سازگار باشد. این غشاهای جدید با حفره‌های کوچک‌تر و با تراکم بسیار و امکان عبور شدت جریان زیاد از هر حفره، از لحاظ گذردهی آب و هوا نسبت به غشاهای پلی‌کربناتی فعلی بسیار برترند. این غشاهای بهبود یافته کاربردهای فراوانی در تصفیه آب دارند.

کامالش سیکار(Kamalesh Sirkar) در مؤسسه فناوری نیوجرسی از روش جداسازی غشایی در شیرین‌سازی آب استفاده کرده است. در روش جداسازی غشایی، آب شور داغ را روی ورقه نازکی از غشایی دارای سوراخ‌های ریز موسوم به نانوحفره می‌ریزند. این حفره‌ها آنقدر کوچکند که تنها بخار می‌تواند از آنها عبور کند و آب، مایع، نمک‌ها و مواد معدنی دیگر در پشت غشا می‌مانند. در طرف دیگر محفظه‌ای از آب سرد قرار دارد که بخار با عبور از آن، کندانس شده و دوباره به مایع تبدیل می‌شود. ابزاری که در این روش به کار رفته است، عبارت است از دستگاهی مستطیل شکل با مجموعه‌ای از غشاهای الیاف مانند توخالی که مایع به طور عرضی در آن جریان می‌یابد. این غشاها به صورت هزاران لوله به شکل تار مو در آمده، سپس آنها را به صورت بسته‌هایی داخل یک جعبه قرار می‌دهند. در این شکل نمونه آزمایشی از این دستگاه آب شیرین‌کن نشان داده شده است. در قسمت وسط، دسته‌ای از هزاران لوله توخالی شبیه تارمو قرار دارد. جداره این لوله‌ها را هم غشاهایی با نانوحفره‌های کوچک تشکیل می‌دهد.

تصفیه آب به کمک نانوذرات



نانوذرات لانتانیوم تولیدی شرکت آلتایرنانو (Altairnano) فسفات را از محیطهای آبی جذب می‌کند. به‌کارگیری این نانوذرات در حوضچه‌ها و استخرهای شنا می‌تواند به طور مؤثری فسفات موجود را از بین برده و در نتیجه از رشد جلبک‌ها جلوگیری نمایند. تحقیقات دانشگاه Lehigh آمریکا نشان می‌دهد که نانوپودرها می‌توانند به عنوان ابزاری مناسب برای پاک‌سازی خاک‌های آلوده و آب‌های زیرزمینی استفاده شوند. نانوذرات آهن موجب اکسیده و درهم شکستگی ترکیبات آلوده کننده مانند تری‌کلرواتیلن، تتراکلرید کربن، دیوکسین‌ها وPCB ها شده، آنها را به ترکیبات کربنی با درجه سمیت بسیار پایین تبدیل می‌کند .

برای از بین بردن اغلب فلزات سنگین موجود در آب، روش تصفیه کاتالیزوری گزینه مناسبی نیست، بنابراین محققان به جای آن از روش‌های جذب روی پلیمرها و یا ذرات افزودنی استفاده می‌کنند. آرسنیک از آلاینده‌های بسیار سمی رایجی است که هم به طور طبیعی و هم به شکل پساب‌های بشری باعث آلودگی آب می‌شود. مصرف این ماده سبب افزایش سرطان‌های مثانه و روده می‌شود. در سطح جهان آمار مسمومیت با آرسنیک بسیار بالا است و در بسیاری از کشورهای در حال توسعه مانند بنگلادش که بیش از ۱۰ تا ۲۰ درصد جمعیت آن دچار مسمومیت با آرسنیک شده‌اند، یک فاجعه بهداشتی تلقی می‌شود. اغلب آلایندگی‌های ناشی از آرسنیک به کشورهای جهان سوم اختصاص دارد. به این ترتیب نیاز شدیدی به فناوری‌های نوین احساس می‌شود تا بتوان آلاینده‌های فلزی سنگین مانند آرسنیک را از آب آشامیدنی حذف کرد. به همین منظور محققان دانشگاه رایس، از نانوبلورهای مغناطیسی به عنوان هسته اصلی سیستم‌های تصفیه جدید استفاده کرده‌اند. سطوح معدنی آهنی نه تنها تمایل شدیدی به جذب آرسنیک دارند، بلکه با انتخاب اندازه مناسب می‌توان به راحتی این ذرات مغناطیسی را به واسطه جداسازی مغناطیسی از آب جدا کرد. نانوذرات همان کارایی توده آهنی را در جذب آرسنیک دارند. در واقع نه تنها ظرفیت جذب آرسنیک آنها بالاتر است، بلکه به محض قرار گرفتن این ماده در کنار نانوذرات جدا کردن آنها سخت می‌شود. در نظر گرفتن تمام این نتایج، نشان می‌دهد که نانوذرات مغناطیسی جاذب‌های بسیار کارامدی برای آرسنیک خصوصاً در pH پایین هستند و خاصیت جذبی غیرقابل برگشت آنها مخزن مناسبی را برای جمع‌آوری آلاینده‌ها فراهم می‌کند.

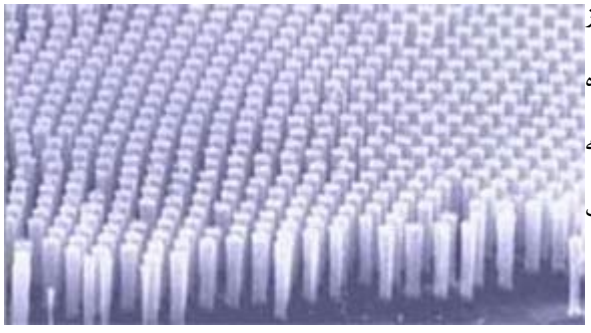
تصفیه پساب‌های صنعتی

پساب‌های صنعتی صنایع شوینده، غنی از اکسیژن بیوشیمیایی و مواد فعال شیمیایی است که باید در فرایندهای تصفیه از آب زدوده شود. یکی دیگر از موادی که در پساب‌های صنعتی فراوان یافت می‌شود مواد نامحلول روغنی شامل روغن‌ها و گریس‌هاست. حضور این مواد فرایند پالایش آب را دچار مشکل می‌کند. یکی از روش‌های اقتصادی برای تصفیه این مواد، استفاده از سیستم‌های ترکیبی میکروفیلتراسیون-نانوفیلتراسیون است. در این سیستم‌ها از میکروفیلتراسیون برای زدودن ذرات معلق مانند روغن‌ها و گریس‌ها و از نانوفیلتراسیون برای حذف پاک‌کننده‌ها استفاده می‌شود.

تصفیه فاضلاب‌ها

محققان دانشگاهUniSA در استرالیا به دنبال توسعه روش منحصر به فردی برای تصفیه فاضلاب‌ها هستند که بدون استفاده از مواد شیمیایی گران قیمت، کیفیت آب را بیشتر از روش‌های موجود بهبود می‌بخشد. آخرین مرحله تصفیه آب، حذف موجودات زنده بسیار ریز است. در حال حاضر از کلر به عنوان ماده ضدعفونی‌کننده استفاده می‌شود، ولی در این حالت حتی بعد از تصفیه هم ترکیبات ارگانیک زیادی در آب حضور دارند. کلر موجودات زنده ریز را از آب حذف می‌کند، ولی با آلاینده‌های ارگانیک واکنش داده، محصولات جانبی تجزیه‌ناپذیر و سمی تولید می‌کند که نمی‌توان آنها را از آب حذف کرد. انتقال این مواد به محیط‌زیست و استفاده از آنها در کشاورزی و دیگر صنایع می‌تواند مشکلات بهداشتی جدی ایجاد کند.

تصفیه فاضلاب به کمک نانوکاتالیزور نوری می‌تواند جایگزین سومین مرحله تصفیه یعنی ضد عفونی با کلر شود تا موجودات زنده ریز و ترکیبات آلی را به طور همزمان حذف و فاضلاب را به یک منبع آب مناسب تبدیل کند. به طور طبیعی موجودات زنده ریز، ترکیبات ارگانیک بزرگ را کوچک‌تر می‌کنند؛ اما از آنجا که این ترکیبات به طور زیستی تجزیه ناپذیرند، ما مجبور به استفاده از نوعی انرژی برای تجزیه آنها هستیم. این انرژی از اشعه فرابنفش نور خورشید گرفته می‌شود و به همراه کاتالیزورهای نوری مورد استفاده قرار می‌گیرد.



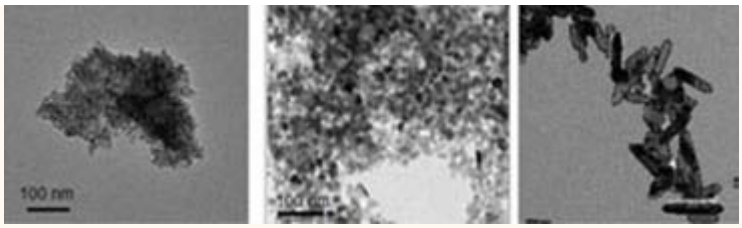
انرژی تولید شده از واکنش سلول کاتالیزوری نوری می‌تواند موجودات زنده ریز را کشته و ترکیبات تجزیه‌ناپذیر را تجزیه کند. این فرایند به دلیل امکان استفاده مجدد از کاتالیزورهای نوری، بسیار مقرون به صرفه است . ذرات کاتالیزوری چه به صورت همگن در محلول پراکنده شده یا روی ساختارهای غشایی رسوب داده شده باشند، می‌توانند ما را از تجزیه شیمیایی آلاینده‌ها مطمئن سازند.

اثر افزودن فلزات مختلف در بهبود فعالیت کاتالیزوری شناخته شده است و دانشمندان از آن در حذف تری‌کلرواتیلن (TCE) از آب‌های زیرزمینی استفاده کرده‌اند. تحقیقات مرکز فناوری‌نانوی زیست‌محیطی (CBEN) دانشگاه رایس نشان می‌دهد نانوذرات طلا و پالادیم، کاتالیست‌هایی بسیار مؤثر برای حذف آلودگیTCE از آب هستند. مزیت‌های حذف TCE با پالادیم به خوبی مشخص است ولی این روش تا حدودی پرهزینه است. با به کارگیری فناوری‌نانو می‌توان تعداد اتم‌های در تماس با مولکول‌های TCEو در نتیجه کارایی این کاتالیست را چندین برابر کاتالیست‌های رایج افزایش داد. TCE حلال رایج در روغن زدایی از فلزات و قطعات الکترونیکی، یکی از مواد آلی سمی رایج در منابع آب است و در ۶۰ درصد پسماندهای صنعتی به عنوان آلودگی وجود دارد. تماس آن با بدن باعث صدمه زدن به کبد و بروز سرطان می‌شود. کاتالیست‌های شیمیایی نسبت به کاتالیست‌های زیستی بسیار سریع‌تر عمل می‌کنند ولی بسیار گران هستند. یکی از مزیت‌های کاتالیست‌های پالادیم برای تجزیه TCE این است که پالادیم، این ماده را مستقیماً به ماده غیرسمی اتان تبدیل می‌کند. در حالی که کاتالیست‌های رایج مانند آهن، آن را به برخی مواد واسطه سمی مانند وینیل‌کلراید تبدیل می‌کنند.

محققان دانشگاه رایس روش جدیدی را توسعه داده‌اند که طی آن نانوبلورهای تیتانیوم با سطح ویژه بالا (بیش از $250\ m^2/g$ برای حذف آروماتیک‌های آلی تولید می‌شوند. این مواد تحت تابش اشعه فرابنفش، قابلیت اکسیداسیون نوری بسیاری از مولکول‌ها را پیدا می‌کنند.

همچنین C.ء کاتالیزور نوری بسیار خوبی است که کارایی آن صدها برابر بیش از تیتانیای موجود در بازار است. تولید رادیکال آزاد به وسیله C.ء متراکم در آب، امکان تجزیه آلاینده‌ها را فراهم می‌کند

جیوه‌زدایی از آب



تصاویر TEM کاتالیزورهای نوری نانوبلورهای تیتانیای تهیه شده تحت شرایط هیدروترمال به ترتیب بدون عوامل سطحی، با غلظت پایین عوامل سطحی،

و با غلظت بالای عوامل سطحی

محققان آزمایشگاه ملی پاسیفیک نورث‌وست آمریکا، از سرامیک‌های نانوحفره‌ای که با تک‌لایه‌های تیول (SH)، عامل‌دار شده بودند، برای جیوه‌زدایی از آب استفاده کردند. تک‌لایه‌های خودسامان تیول بر روی سیلیکای میان‌حفره‌ای (Thiol-SAMMS) می‌توانند کاربردهایی در تصفیه فاضلاب نیروگاه‌های زغال‌سنگی داشته باشند. این نیروگاه‌ها از منابع اصلی آلودگی جیوه به شمار می‌روند. محققان زیرلایه‌ای از جنس سیلیکای میان‌حفره‌ای را با میانگین اندازه حفرات 5.6 نانومتر و سطح ویژه 900 m^2/g به‌کار بردند. آنها با افزودن تک‌لایه‌ای از تیول‌های قلیایی به حفرات این سرامیک، آن را فعال ساختند. دسترسی به یک فناوری برای حذف جیوه که علاوه بر انتخاب‌گری، ظرفیت جذب بالا و سینتیک جذب مناسب، منجر به تولید پسماندی پایدار گردد، یکی از نیازهای فوری در زمینه تصفیه جیوه است. نه‌تنها کارایی روش‌های متعارف حذف جیوه، پایین‌تر از این روش است؛ بلکه این روش‌ها منجر به تولید مقادیر زیادی پسماند می‌شوند. ماده جدید علاوه بر پاکسازی فاضلاب نیروگاه‌های زغال‌سنگی می‌تواند در تصفیه پسماندهای رادیواکتیو، تولید باتری ومصارف دندانپزشکی نیز به‌کار رود.

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب گفته شده، اهمیت فیلترها و فرآیند فیلتراسیون مشخص می‌شود. در این زمینه استفاده از فناوری نانو و ساخت نانوفیلترها برای جداسازی ذرات بسیار ریز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

منابع

۱. برگرفته از مجله روش های نوین آبیاری ـ شماره ۲۲
۲. شیمی, علوم پایه، فیلتراسیون در شیمی — از صفر تا صد