

## پودمان ۳

### پایش عملکرد صافی‌ها



فیلترها در زندگی روزمره و صنایع مختلف کاربردهای فراوانی دارند، به طوری که صنعت بدون صافی، صنعتی ناقص تلقی می‌شود.

## واحد یادگیری ۳

### پایش عملکرد فیلتر

#### مقدمه

صافی‌ها (فیلترها): بنا به وظیفه‌ای که به عهده دارند، عاملی برای افزایش عملکرد مناسب تجهیزات در صنایع مختلف می‌باشند. این وظیفه یا از طریق جلوگیری از ورود عوامل ناخواسته به سیستم و یا از طریق جداسازی یک عامل ناخواسته از یک سیال در جریان فرایند صورت می‌گیرد. در هر حالت فیلتر نیاز به نظارت مستمر دارد تا هر عاملی را که باعث کاهش عملکرد آن می‌شود، بتوان در زمان مناسب برطرف نمود و یا به روش‌های مناسب فیلتر را تعویض نمود.

در این فصل شما با چگونگی عملکرد صافی‌ها و انواع آن در صنایع شیمیایی و همچنین چگونگی بهبود عملکرد آنها آشنا خواهید شد.

#### استاندارد عملکرد

شناسایی فیلتر و اجزای آن، خارج کردن آن از سرویس و باز کردن و پاک کردن و جاگذاری مجدد آن طبق دستورالعمل

#### شایستگی‌های غیر فنی مورد انتظار این پودمان عبارت‌اند از

- ۱ اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی - انجام وظایف و کارهای محوله - پیروی از قوانین
- ۲ مدیریت منابع: شروع به کار به موقع - مدیریت مؤثر زمان - استفاده از مواد و تجهیزات
- ۳ کار تیمی: حضوری فعال در فعالیت‌های تیمی - انجام کارها و وظایف محوله
- ۴ مستندسازی: گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود:

- ۱ شناسایی فیلتر و اجزای آن
- ۲ قرائت اختلاف فشار دو سر فیلتر
- ۳ هماهنگی با اتاق فرمان به منظور راه‌اندازی صافی
- ۴ باز کردن، پاک کردن و جاگذاری فیلتر



به تصاویر زیر نگاه کنید، آیا این وسایل را می‌شناسید؟ می‌دانید چه کاربردی دارند؟



در بدن انسان فیلتر<sup>۱</sup> یا صافی‌های مختلفی وجود دارد، که هر کدام فعالیت‌های خاصی از جمله سم‌زدایی بدن را انجام می‌دهند. به عنوان مثال، پاک‌سازی خون به قدری اهمیت دارد که اگر صافی‌های خون به خوبی عمل نکنند، بدن به سرعت از سموم پر، و منجر به مرگ می‌شود. این وظیفه در بدن به عهده کلیه‌ها می‌باشد. در هر دقیقه حدود یک لیتر خون (یک پنجم خونی که توسط قلب پمپ می‌شود)، از طریق سرخرگ‌ها وارد کلیه‌ها گشته، سپس خون تصفیه شده از طریق سیاهرگ‌ها به بدن باز می‌گردد. داخل هر کلیه متجاوز از یک میلیون واحد بسیار کوچک وجود دارد، که هر یک نقش صافی را داشته، آب و مواد زائد را از خون جدا می‌کنند.

فیلترها در زندگی روزمره و صنایع مختلف کاربردهای فراوانی دارند، به طوری که صنعت بدون صافی، صنعتی ناقص تلقی می‌گردد. در شکل (۱) نمونه‌هایی از فیلترها و اجزایی از بدن که نقش صافی را دارند و نیز تصویر برش خورده یک کلیه نشان داده شده است.

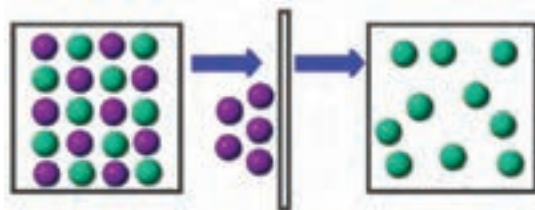


شکل ۱- نمونه‌هایی از اجزا بدن و تصویر برش خورده کلیه که نقش صافی دارند و یک فیلتر

## صافی و عملیات صاف کردن

صافی یا فیلتر، وسیله‌ای است که برای تمیز کردن و تصفیه سیالات (گازها و مایعات) از ذرات خارجی، (معلق، جامد و یا قطرات مایع غیرمحلول) استفاده می‌شود.

صاف کردن یا فیلتراسیون<sup>۱</sup> فرایندی است که در آن یک مایع و یا گاز (سیال) به دلیل اختلاف فشار یا اختلاف پتانسیل الکتریکی و یا اختلاف غلظت، از فیلتر عبور می‌کند. با انجام عمل فیلتراسیون ذراتی که از اندازه حفره‌های فیلتر کوچک‌تر هستند از فیلتر عبور می‌کنند. ذرات با اندازه بزرگ‌تر، از سیال جدا شده، در پشت آن می‌مانند. بنابراین، فیلتر وسیله‌ای است که وظیفه جداسازی ذرات معلق آلاینده را از سیال عبوری بر عهده دارد. لذا با این تعریف، فیلتر خوب و با کیفیت، فیلتری است که با ایجاد کمترین مقاومت در مسیر عبور جریان سیال، ذرات ریز معلق در آن را جذب کند (شکل ۲).



شکل ۲- تصویری ساده از فرایند فیلتراسیون

بودمان سوم: پایش تمیزی ...

در فرایند فیلتراسیون، به سیال حاوی ذرات خارجی، معلق، جامد و نامحلول، «خوراک یا دوغاب<sup>۱</sup>»، و به ذرات جمع شده در پشت صافی «کیک فیلتر<sup>۲</sup>» و سیال صاف شده عبوری از صافی صافاب یا «فیلتریت<sup>۳</sup>» و به محیط صافی «مدیا<sup>۴</sup>» گفته می‌شود.

با توجه به وسایل معرفی شده در جدول زیر، فیلتر آن را مشخص کرده، خانه‌های خالی آن را کامل کنید.

ردیف	وسیله	مدیا	دوغاب	کیک	صافاب(فیلتریت)	ملاحظات
۱	هواکش آشپزخانه					
۲	آب میوه‌گیری					
۳	ماشین لباس شویی					
۴	یخچال					
۵	جاروبرقی					
۶	شیر آب					
۷	...					

فعالیت  
گروهی



به نظر شما در کدام یک از کیک یا صافاب (فیلتریت) اهمیت بیشتری دارند؟

فکر کنید



## کاربرد صافی‌ها

صافی‌ها در صنایع مختلفی به کار می‌روند که می‌توان از صنعت آب و فاضلاب، صنایع داروسازی، تصفیه هوا و خالص‌سازی گازها، صنایع شیمیایی، صنعت خودروسازی، صنایع زیست‌محیطی و... نام برد. ضرورت استفاده از صافی و عملیات فیلتراسیون در تعدادی از این صنایع ارائه شده است:

- ۱- Slurry
- ۲- Filter cake
- ۳- Filterate
- ۴- Media

### ✓ صنعت آب و فاضلاب

۹۹٪ از آب‌ها در طبیعت به راحتی قابل دسترسی نمی‌باشند و فقط ۱٪ آن شامل دریاچه‌ها و رودخانه‌ها و چاه‌ها می‌باشد که به راحتی به دست می‌آید. فرایند پاک‌سازی و تصفیه آب بسیار طولانی و زمان‌بر است. یکی از مراحل تصفیه آب، جدا کردن آلاینده‌ها از آن می‌باشد که در این مرحله از فیلتراسیون استفاده می‌شود.

### ✓ صنایع غذایی

صنعت لبنیات، آب‌میوه و صنایع دیگری که در حوزه صنایع غذایی قرار می‌گیرند، یکی دیگر از مصرف‌کنندگان اصلی صافی‌ها محسوب می‌شوند. به‌طور مثال، در تولید پنیر و پاستوریزاسیون و هموژنیزاسیون شیر از فیلتراسیون استفاده می‌شود. امروزه به‌وسیله فیلتراسیون توانسته‌اند اجزای شیر را تغلیظ و به‌طور جزء‌به‌جزء جداسازی کنند. این امر موجب شده است که بتوان محصولات جدیدی مطابق با نیازهای مصرف‌کننده به بازار عرضه کرد.

### ✓ صنایع داروسازی

تولید دارو با تجهیزات مختلفی انجام می‌شود. داروی تولید شده، نیاز به خالص‌کردن دارد و اهمیت خالص‌سازی دارو کمتر از تولید آن نیست. به‌طوری که تولید دارو فقط ۳۰٪ از هزینه‌های دارو را در بر می‌گیرد، در حالی که ۷۰٪ از بقیه هزینه‌ها، صرف خالص‌سازی دارو می‌شود. مهم‌ترین مرحله خالص‌سازی، فرایند فیلتراسیون است.



شکل ۳- استفاده از فیلتر در ماسک‌های تنفسی

### ✓ تصفیه هوا و خالص‌سازی گازها

یکی از کاربردهای اصلی فرایند فیلتراسیون، تصفیه هوا و یا تولید گازهای خالص، مانند اکسیژن و نیتروژن می‌باشد. یک مثال آشنا از کاربرد صافی‌ها برای تصفیه هوا، ماسک‌های دهان و بینی می‌باشند. ماسک‌های معمولی که بیشتر در روزهای آلوده از آنها استفاده می‌کنید، نوعی فیلتر دارند که به ذرات معلق هوا اجازه عبور نمی‌دهند و به این ترتیب مانع رسیدن برخی از آلودگی‌ها به مجاری تنفسی می‌شوند.

### ساخت یک نمونه فیلتر کارگاهی

برای ساخت فیلتر مراحل زیر را انجام دهید:

✓ مقداری اسفنج یا کاغذ مخصوص صاف کردن و یک قاب فلزی یا پلاستیکی تهیه کنید.

✓ با استفاده از طرح صافی که می‌خواهید بسازید، کاغذ و قاب را شکل‌دهی کنید.

✓ اجزای ساخته شده را در یکدیگر ثابت کنید.

به همین ترتیب فیلتر دیگری بسازید.

صافی‌های خود را با گروه‌های دیگر مقایسه کنید.

فعالیت  
عملی ۱





### کاربرد صافی‌های ساخته شده

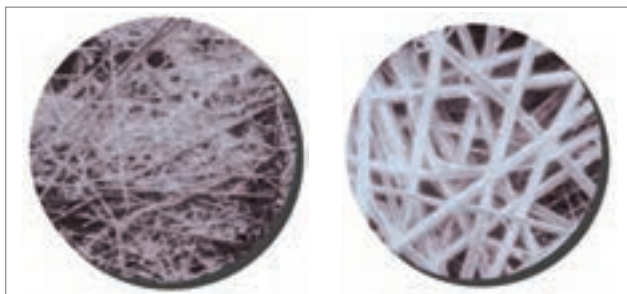
با توجه به فعالیت عملی ۱ و صافی‌های ساخته شده، آنها را در محل مناسب خود نصب کنید. دوغابی متناسب با صافی‌های ساخته شده، تهیه کرده، و آن را به دو قسمت مساوی تقسیم کنید. صاف کردن دوغاب‌ها را در شرایط مشابه ولی با فیلترهای متفاوت انجام دهید. میزان ذرات جامد و مایع صاف شده در هر مورد را با یکدیگر مقایسه کنید. دلایل تفاوت‌های موجود چیست؟



فیلتراسیون با فرایندهای فیزیکی مانند غربال‌گری و جذب، متفاوت است.

### مشخصات صافی‌ها:

صافی‌ها دارای اجزای مختلفی هستند و مهم‌ترین قسمت یک صافی، مدیای آن است. مدیای صافی شامل بخشی از آن است که وظیفه از بین بردن آلودگی‌ها را دارد. این بخش از صافی معمولاً به صورت ورقه‌ای تولید شده، سپس آنها را به شکل چین دار درمی‌آورند تا مساحت بیشتری از آن در مقابل جریان سیال قرار گیرد. شکل ظاهری مدیا منجر به کاهش اختلاف فشار به وجود آمده شده، ضمناً ظرفیت جذب آلودگی فیلتر را بالا می‌برد. برخی از مدیاهای مورد استفاده، از سلولز، کامپوزیت‌های فایبرگلاس و یا دیگر مواد مصنوعی تشکیل شده‌اند. در شکل ۴ دو نمونه از فایبرگلاس مورد استفاده در صافی‌ها به عنوان مدیا نشان داده شده است. در شکل ۵، نمونه‌هایی از صافی و تصویر برش خورده آن آورده شده است.



شکل ۴- تصویر میکروسکوپی دو نمونه از فایبرگلاس مورد استفاده در صافی‌ها



شکل ۵- چند نمونه صافی و تصویر برش از یک صافی

از عوامل مهمی که در انتخاب نوع صافی و کارکرد آن مؤثر می‌باشند عبارت‌اند از:

### ۱ اندازه حفره (منافذ) های فیلتر

موادی با اندازه بزرگ‌تر از حفره‌های صافی، در پشت آن باقی می‌مانند و عبور نمی‌کنند، در نتیجه، برای جداسازی ذرات با اندازه مشخص باید از صافی‌های مناسب استفاده کرد.

### ۲ غلظت دوغاب

ذراتی که در پشت صافی باقی می‌مانند، به مرور زمان و با استفاده مداوم از صافی، بیشتر می‌شوند. این مسئله می‌تواند باعث مسدود شدن روزنه‌های صافی شود. به این دلیل، باید بعد از مدت زمان مشخصی، صافی را تعویض و یا آن را پاک‌سازی کرد. این مسئله که به گرفتگی صافی معروف می‌باشد از اهمیت زیادی برخوردار است.

## انواع فیلتراسیون

همان‌طور که گفته شد صاف کردن یا فیلتراسیون، یک روش فیزیکی برای حذف ذرات معلق در هر سیال از جمله آب است. این ذرات معلق می‌توانند گل، رنگ، مواد آلی، پلانکتون، باکتری، ذرات حاصل از سختی‌گیری و... باشند. به عبارت دیگر فیلتراسیون فرایندی است که در آن، مواد معلق جامد، در اثر عبور از یک محیط متخلخل جدا می‌شوند. می‌توان فرایند فیلتراسیون را بر اساس چگونگی حرکت سیال بر روی آنها به دو دسته سطحی<sup>۱</sup> و عمقی<sup>۲</sup> طبقه‌بندی کرد (شکل ۶).



شکل ۶- انواع فیلتراسیون (بر حسب چگونگی حرکت سیال)

در فیلتراسیون نوع سطحی، مواد جامد در سطح صافی به دام می‌افتند. صافی‌های کاغذی، بوختر، تسمه‌ای، استوانه‌ای دوار خلأ و توری از جمله این نوع صافی‌ها هستند. (شکل ۷)  
در فیلتراسیون عمقی، ذرات جامد به درون صافی نیز نفوذ می‌کنند. انواع فیلترهای یک‌بار مصرف جزء این دسته از صافی‌ها هستند. صافی‌های دندانپزشکی نمونه‌ای از صافی‌های یک‌بارمصرف می‌باشد.

۱- Surface Filter

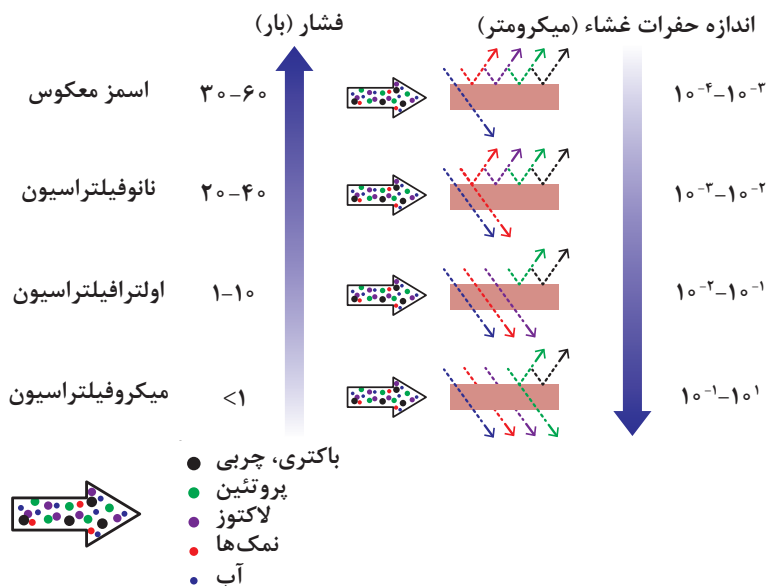
۲- Depth Filter





شکل ۷- نمونه‌هایی از صافی‌های سطحی

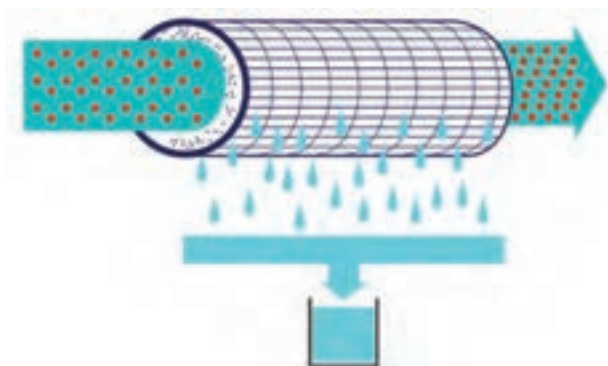
فرایند فیلتراسیون بر حسب اندازه حفرات محیط فیلتر آنها به چهار دسته زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:  
 ✓ میکروفیلتراسیون<sup>۱</sup> ✓ اولترافیلتراسیون<sup>۲</sup> ✓ نانوفیلتراسیون<sup>۳</sup> ✓ اسمز معکوس<sup>۴</sup>  
 در شکل ۸ محدوده استفاده از انواع فیلتراسیون بر حسب اندازه حفره‌ها نشان داده شده است.



شکل ۸- محدوده استفاده از انواع فیلتراسیون بر حسب اندازه حفره‌ها

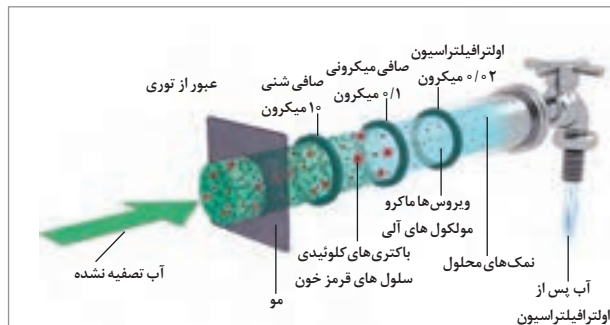
- ۱- Microfiltration
- ۲- Ultrafiltration
- ۳- Nanofiltration
- ۴- Reverse Osmosis

**میکروفیلتراسیون:** میکروفیلتراسیون فرایندی است که در آن از غشاهای متخلخل برای جداسازی ذرات سوسپانسیونی، جامدات معلق کوچک و موادی دیگر مثل باکتری‌ها، کیست‌ها، مولکول‌ها و ذراتی بزرگ‌تر از  $0.2$  میکرون استفاده می‌شود. این یک فرایند فیزیکی است که برای حذف مواد معلق و سوسپانسیونی از گازها و مایعات به کار می‌رود. بدین منظور جریان خوراک را از میان یک مانع متخلخل (فیلتر) عبور می‌دهند. محصول فیلتراسیون جریانی است که از غشا عبور کرده، دارای ذراتی است که ریزتر از اندازه تخلخل غشا یا صافی می‌باشند.



شکل ۹- نمایی ساده از فرایند میکروفیلتراسیون

**اولترافیلتراسیون:** در اولترافیلتراسیون مولکول‌هایی بزرگ‌تر از  $0.5$  میکرون جدا می‌شوند. ابعاد حفره‌های فیلتر بین  $2$  تا  $5$  نانومتر است. این فرایند برای جداسازی و تغلیظ مواد کلوئیدی و سوسپانسیونی، پروتئین‌ها، مواد میکروبی بیماری‌زا و مولکول‌های آلی بزرگ به کار می‌رود. این روش در صنایع پزشکی، صنایع غذایی، تصفیه آب، صنایع نفت و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد.

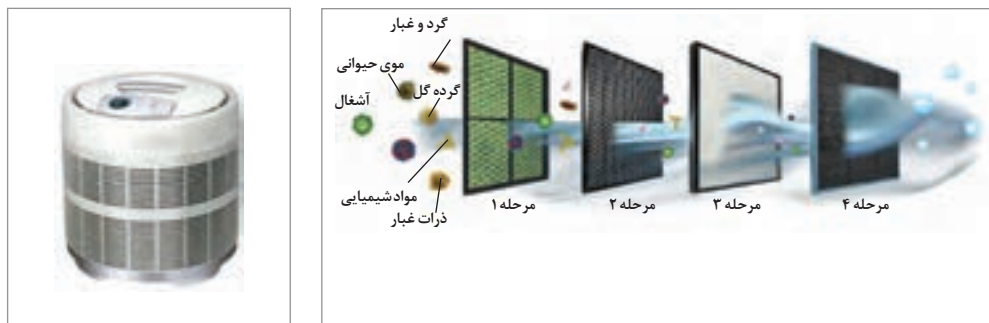


شکل ۱۰- نمایی ساده و واقعی از فرایند اولترافیلتراسیون

**نانوفیلتراسیون:** ابعاد حفره‌های نانوفیلتر بین  $2$  تا  $5$  نانومتر است. روش نانوفیلتراسیون طی چند سال گذشته رونق گرفته است. در نانوفیلتراسیون جداسازی بر اساس اندازه مولکول صورت می‌گیرد. اساساً این روش، جهت حذف اجزای آلی نظیر آلوده‌کننده‌هایی در اندازه میکرونی و یون‌های چند ظرفیتی می‌باشد. از

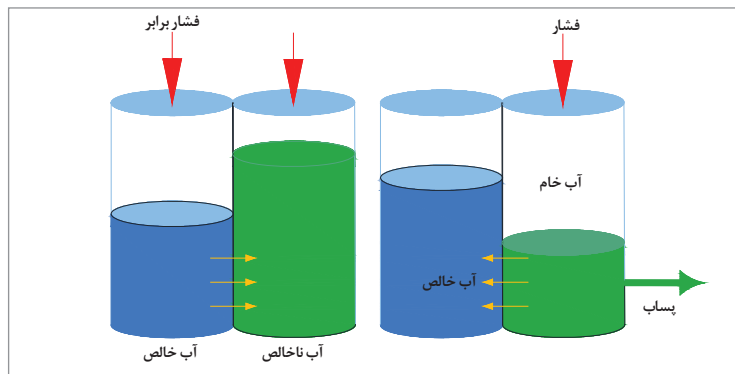
دیگر کاربردهای نانوفیلتراسیون می‌توان به حذف مواد شیمیایی که به منظور کشتن موجودات مضر به آب اضافه شده‌اند، حذف فلزات سنگین مانند جیوه، تصفیه آب‌های مصرفی، رنگ‌زدایی و حذف آلوده‌کننده‌ها اشاره کرد. نانوفیلتراسیون می‌تواند تقریباً از هر منبع آبی، آب پاک به وجود آورد و تمام باکتری‌های موجود در آب را حذف کند.

شکل زیر انواع صافی‌های مورد استفاده در یک فیلتراسیون پیشرفته را برای حذف آلودگی‌های مختلف نشان می‌دهد. در این نوع فیلتراسیون، صفحات فیلتر از اندازه حفرات درشت به ریز چیده شده‌اند.



شکل ۱۱- تصویر واقعی و ساده از یک صافی و فیلتراسیون پیشرفته

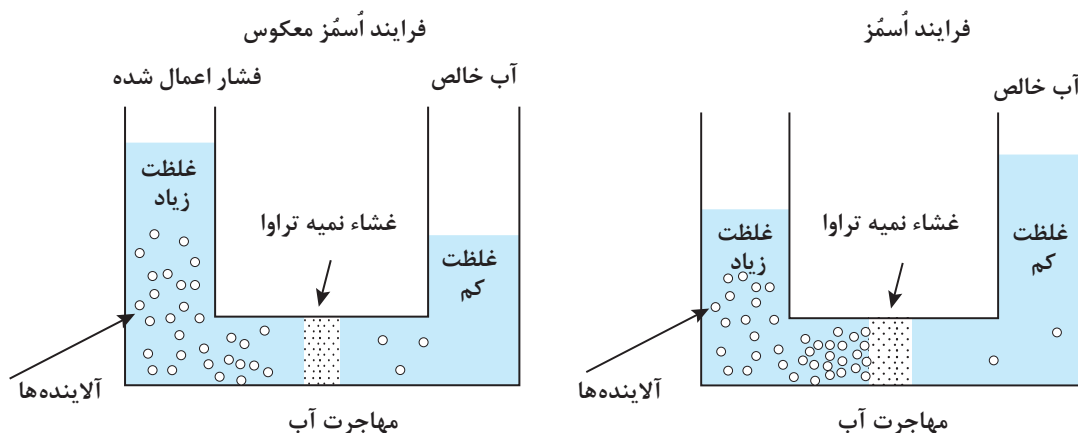
**اسمز معکوس:** برای درک پدیده اسمز معکوس، ابتدا باید فشار اسمزی را توضیح داد. به این منظور شکل ۱۲ را در نظر بگیرید:



شکل ۱۲- نمایش فشار اسمزی

فرض کنید دو ظرف حاوی آب ناخالص (آب آلوده و یا آب نمک) و آب خالص با سطحی یکسان داریم که توسط یک لوله با یکدیگر در ارتباط هستند. در این صورت جهت برقراری تعادل در غلظت آلودگی و یون‌های آب، آنها از ظرف حاوی ناخالصی، وارد ظرف آب خالص شده تا غلظت دو طرف برابر شود. اما اگر در بین این دو ظرف یک غشای نیمه تراوا (صافی) قرار دهیم، این صافی اجازه عبور آلودگی و یون را نمی‌دهد. بنابراین برای برقراری تعادل غلظتی، آب خالص، از صافی عبور کرده، وارد ظرف آب ناخالص می‌شود. این تبادل تا زمانی که افزایش سطح آب در ظرف حاوی ناخالصی، فشار مضاعف ایجاد کند، ادامه می‌یابد. به این فشار،

فشار اسمزی می‌گویند. در همین شرایط و در پدیده اسمز، معکوس با استفاده از یک فشار خارجی، جهت جریان آب را از سمت آب ناخالص به سمت آب خالص ایجاد می‌کنند و چون فشار وارده در خلاف جهت فشار اسمزی است، به آن فرایند اسمز معکوس می‌گویند (شکل ۱۳). از پدیده اسمز معکوس بیشتر برای شیرین‌سازی آب دریا که روشی گران‌قیمت است استفاده می‌شود.

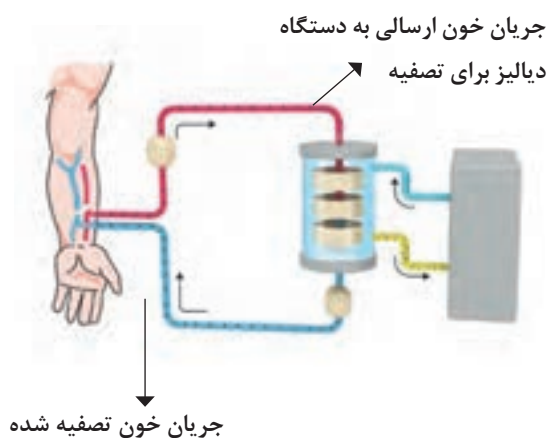


شکل ۱۳- طرح ساده‌ای از فرایندهای اسمز و اسمز معکوس

بنابراین، اسمز معکوس فرایندی است که آب در اثر اختلاف فشار از یک غشای نازک عبور می‌کند تا محتویات و مواد معدنی شامل نمک، ویروس‌ها، سموم و سایر ترکیبات آلوده غیرآلی را جدا کند و اتم‌ها و مولکول‌هایی در مقیاس کوچک‌تر از  $0.001$  میکرون را در محدوده یونی جدا می‌کند.

در رابطه با انواع روش‌های شیرین‌سازی آب دریا تحقیق کنید.

تحقیق کنید



شکل ۱۴- طرح ساده‌ای از فرایند دیالیز

اسمز معکوس، فناوری‌ای است که در دیالیز طبی هم از آن استفاده می‌شود. دیالیز، مورد استفاده افرادی است که مشکل کلیوی دارند. کلیه‌ها، مواد زائد مثل اوره و آب را از خون جدا، و به شکل ادرار از بدن خارج می‌کنند و بدین وسیله باعث تصفیه خون می‌شوند. یک دستگاه دیالیز به تقلید از عملکرد کلیه‌ها، کار می‌کند. در این روش، خون از بدن عبور کرده تا وارد دستگاه دیالیز شود. در آنجا از فیلتر اسمزی عبور داده می‌شود تا مواد زائد از آن جدا گشته، خون تصفیه شده دوباره به بدن بازگردد در شکل ۱۴ فرایند کلی دیالیز خون نشان داده شده است.



در رابطه با الکترودیالیز تحقیق کرده، نتیجه را در کلاس ارائه کنید.

در جدول زیر، ویژگی‌های انواع روش‌های فیلتراسیون با یکدیگر مقایسه شده است.

جدول ویژگی‌های انواع فیلتراسیون

ویژگی	میکروفیلتراسیون	اولترافیلتراسیون	نانوفیلتراسیون	اسمز معکوس
پلیمرها	سرامیک پلی پروپیلن پلی تترا فلوراید اتیلن اکریلیک	سرامیک سلولزی پلی سولفون فلوراید	فیلم نازک مواد مرکب کامپوزیت سلولزی پلی سولفون	فیلم نازک مواد مرکب کامپوزیت سلولزی پلی سولفون
محدوده اندازه منافذ (میکرون)	۱ - ۰/۱	۰/۰۱ - ۰/۰۱	۰/۰۰۱ - ۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۰۱
محدوده فشار عملیاتی (بار)	< ۱	۱-۱۰	۲۰-۴۰	۳۰-۶۰
حذف مواد معلق جامد	بله	بله	بله	بله
حذف مواد آلی محلول	بله	بله	بله	بله
حذف مواد غیرآلی محلول	خیر	بله	بله	بله
حذف میکرو ارگانیسم‌ها	جلبک، باکتری	جلبک، باکتری، ویروس	همه	همه
غلظت	بالا	بالا	متوسط	متوسط
مصرف انرژی	پایین	پایین	متوسط رو به پایین	متوسط
توانایی غشاء	بالا	بالا	متوسط	متوسط

صافی‌ها نیز انواع و اقسام مختلف دارند. در نتیجه به روش‌های گوناگونی تقسیم‌بندی شده‌اند، از جمله: صافی‌های ثقیلی، تحت فشار، گریز از مرکز (سانتریفیوژ)، بیوفیلتر و غشایی (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- انواع فیلترهای ثقیلی، تحت فشار، گریز از مرکز سانتریفیوژ، بیوفیلتر و غشایی

در رابطه با انواع صافی‌های ثقیلی، تحت فشار، سانتریفیوژ، بیوفیلتر و غشایی تحقیق کنید.

تحقیق کنید



یک نوع دسته‌بندی صافی‌ها می‌تواند بر اساس تقسیم‌بندی سیالات عبوری از آنها باشد. مانند صافی هوا، روغن، ... و امثال آنها گاهی اوقات ممکن است در یک سامانه از ترکیب چند نوع صافی استفاده شود، مانند موتور خودرو، توربین گازی، ... و مواردی از این قبیل. در خودروها از فیلترهای هوا، روغن و سوخت به‌طور هم‌زمان استفاده می‌شود. در ادامه توضیح انواع فیلتر روغن، هوا و سوخت آورده شده است.