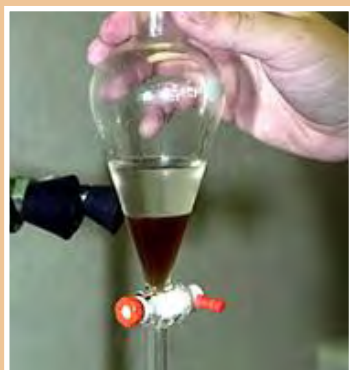


## فصل ۵

# دستگاه‌های جداکننده



جداسازی اجزای یک محلول یا مخلوط از یکدیگر، یکی از مهم‌ترین فرایندهای صنایع شیمیایی می‌باشد. عملیات جداسازی می‌تواند شامل جدا کردن اجزای یک مخلوط با استفاده از یک سری عملیات مانند فیلتر کردن، غربال کردن (الک کردن) و ... یا جدا کردن اجزای یک محلول از طریق عملیات انتقال جرم مانند تبخیر، تقطیر و ... باشد.

## واحد یادگیری ۵

### کار با دستگاه‌های جدا کننده

#### مقدمه

هدف بسیاری از عملیات در صنایع شیمیایی، جداسازی اجزای یک مخلوط یا محلول یا یکدیگر و یا دستیابی به یک ماده خالص از ترکیب دو یا چند جزء است. عملیات جداسازی می‌تواند شامل جدا کردن اجزای یک مخلوط با استفاده از یک سری عملیات مکانیکی از قبیل فیلتر کردن، غربال کردن (الک کردن) یا جدا کردن اجزای یک محلول از طریق عملیات انتقال جرم از قبیل تقطیر، استخراج باشد. تقطیر یکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین روش‌های جداسازی در صنعت، به‌ویژه صنعت نفت است. محصولات حاصل از تقطیر نفت خام مصارف مهم و حیاتی در زندگی ما انسان‌ها دارند.

#### استاندارد عملکرد

انجام عملیات انتقال جرم (در صنایع شیمیایی)، کار با برج‌های تقطیر و برج‌های استخراج طبق دستورالعمل

شایستگی‌های غیر فنی:

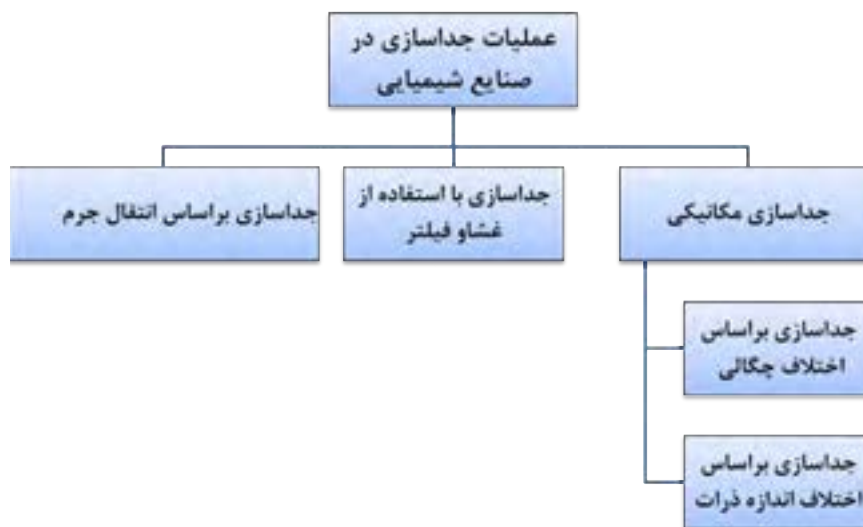
- ۱- اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت شناسی، انجام وظایف و کارهای محوله، پیروی از قوانین؛
- ۲- مدیریت منابع: شروع به کار به موقع، مدیریت مؤثر زمان، استفاده از مواد و تجهیزات؛
- ۳- کار گروهی: حضوری فعال در فعالیتهای گروهی - انجام کارها و وظایف محوله؛
- ۴- مستندسازی: گزارش نویسی فعالیتهای آزمایشگاهی؛
- ۵- محاسبه و کاربست ریاضی.

شایستگی‌های فنی:

- ۱- بکارگیری روش‌های جداسازی در صنایع شیمیایی؛
- ۲- کار با برج‌های تقطیر؛
- ۳- کار با برج‌های استخراج.

## ۵-۱- روش‌های جداسازی

عملیات جداسازی در صنایع شیمیایی از اهمیت بالایی برخوردار است. در شکل ۵-۱ روش‌های مختلف جداسازی نشان داده شده است.



شکل ۵-۱- روش‌های مختلف جداسازی

## ۵-۲- جداسازی مکانیکی

### جداسازی مکانیکی بر اساس اختلاف اندازه ذرات

اگر مخلوطی از مواد جامد با اندازه‌های مختلف وجود داشته باشد، می‌توان اجزای آن را به دلیل اختلاف اندازه از هم جدا کرد. الک کردن مواد یک مثال ساده از این نوع جداسازی است.

آیا تاکنون در زندگی روزمره از الک استفاده کرده‌اید؟

پرسش



الک‌ها یا غربال‌ها وسایلی هستند که برای جداسازی ذرات جامد بر اساس اندازه به کار می‌روند. در اکثر آنها این کار بر اساس نیروی جاذبه یا با تکان‌دهنده‌ها یا لرزاننده‌ها انجام می‌شود. صفحه مشبک الک‌ها به وسیله سیم بافته می‌شود و ابعاد منافذ آن دارای مقادیر استاندارد و معینی است. برای بیان قطر منافذ الک‌ها از واحد میکرون و مش استفاده می‌شود.



شکل ۲-۵ مجموعه الک‌ها بر روی دستگاه لرزاننده

به‌طور مثال برای الک کردن خاک از یک‌سری الک که اندازه‌های آنها از بالا به پایین کوچک‌تر است، استفاده می‌کنند. شکل ۲-۵ - خاک را بر روی الک اول می‌ریزند و با یک دستگاه لرزاننده، مجموعه الک‌ها را تکان می‌دهند. بر روی هر الک دانه‌های ریزتر از سوراخ‌های الک از آن عبور می‌کنند و ذرات درشت‌تر باقی می‌مانند. به این ترتیب دانه‌های خاک براساس اندازه بر روی هر الک قرار می‌گیرند که به اصطلاح به آن «دانه‌بندی» گفته می‌شود. برای دستیابی درصد وزنی دانه‌ها بر روی هر الک از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$\text{وزن دانه های باقیمانده بر روی هر الک} \times 100 = \frac{\text{درصد وزنی دانه های باقیمانده بر روی الک}}{\text{وزن اولیه خاک}}$$

### جداسازی بر اساس اختلاف چگالی

اگر مخلوطی از دو ماده با چگالی‌های مختلف وجود داشته باشد، می‌توان اجزای این مخلوط را به کمک دکانتور (قیف جداکننده) از هم جدا کرد.

فکر کنید

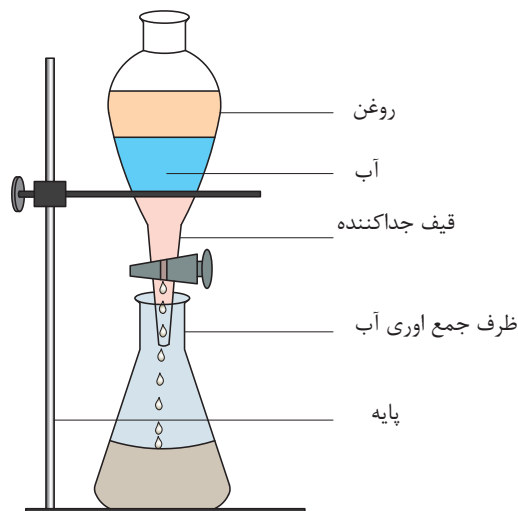
به نظر شما چگونه می‌توان مخلوط آب و روغن را از هم جدا کرد؟

فکر کنید



**دکانتور (قیف جداکننده):** دکانتور وسیله‌ای است قیف مانند که در انتهای آن یک شیر تعبیه شده است. این وسیله مایعات را بر اساس اختلاف چگالی از هم جدا می‌کند.

همان طور که در شکل ۳-۵ نشان داده شده است. اگر مخلوط آب و روغن در ظرف دکانتور ریخته شود، روغن که دارای چگالی کمتر است، در بالا قرار می گیرد و آب در قسمت پایین قرار می گیرد. با باز کردن شیر ظرف، آب از قسمت انتهایی خارج می شود تا اینکه به مرز جدایی آب و روغن برسد. در این لحظه شیر ظرف بسته می شود و در نتیجه آب و روغن از هم جدا می شوند.



شکل ۳-۵ قیف جداکننده

### جداسازی آب و روغن

در یک بشر به مقدار مساوی آب و روغن گیاهی یا آب و نفت بریزید و آن را با یک همزن شیشه‌ای به خوبی مخلوط کرده، در داخل قیف جداکننده بریزید. مطمئن باشید که شیر قیف جدا کننده بسته باشد. چند دقیقه صبر کنید تا آب و روغن کاملاً از هم جدا شوند. پس با باز و بسته کردن شیر آب و روغن را از هم جدا کنید.

فعالیت  
آزمایشگاهی



توجه داشته باشید که مجموع حجم آب و روغن یا آب و نفت از حجم قیف جداکننده بیشتر نباشد.

نکته ایمنی



## ۳-۵- جداسازی با استفاده از غشا<sup>۱</sup>

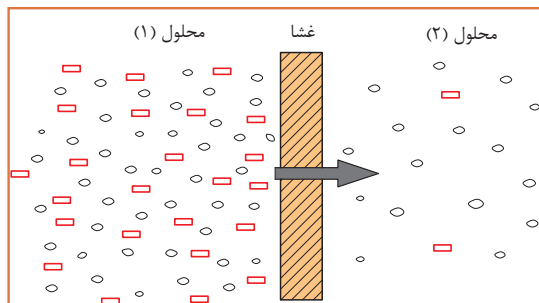
بحث گروهی



به نظر شما اگر دو محلول در یکدیگر قابل حل باشند، برای انتقال جرم بین آن دو می توان آن‌ها را در تماس مستقیم قرار داد؟

### تعریف غشا

غشا لایه‌ای بسیار نازک است که می‌تواند اجزای یک محلول را به‌طور انتخابی از آن جدا کرد. در یک فرایند غشایی معمولاً دو محلول وجود دارد که با غشا به‌طور فیزیکی از هم جدا شده‌اند؛ یعنی ارتباط مستقیم بین این دو محلول وجود ندارد. غشا انتقال جرم بین دو محلول را کنترل می‌کند. غشاها دارای سوراخ‌های بسیار ریزی هستند که فقط ذرات خاصی از آنها می‌توانند عبور کنند، بنابراین عمل جداسازی انجام می‌شود.



از انواع کاربردهای غشا به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

- ۱- شیرین‌سازی آب دریا
- ۲- جداسازی و خالص‌سازی پروتئین‌های آب پنیر
- ۳- حذف ذرات کلوییدی از ماء‌الشعیر

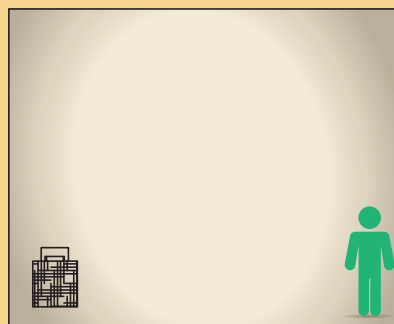
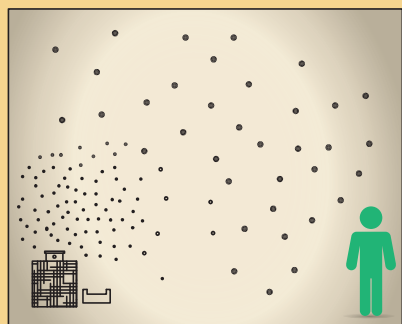
شکل ۴-۵ فرایند انتقال از میان غشا

## ۴-۵- جداسازی بر اساس عملیات انتقال جرم

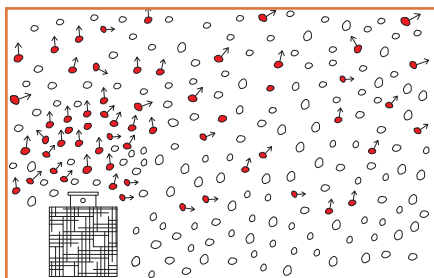
بحث گروهی



شکل زیر اتاقی را نشان می‌دهد که در یک گوشه آن شیشه عطری قرار دارد. در شکل ۲ درب شیشه عطر باز است. فردی که در گوشه دیگر اتاق نشسته است، پس از گذشت چند دقیقه بوی عطر را احساس می‌کند. به نظر شما چه اتفاقی افتاده است؟



وقتی درب شیشه عطر باز می‌شود، مولکول‌های عطر از لابه‌لای مولکول‌های هوا حرکت کرده و در فضای وقتی درب شیشه عطر باز می‌شود، ملکول‌های عطر از لابه‌لای ملکول‌های هوا حرکت کرده و در فضای اتاق پخش می‌شوند. ملکول‌ها از جایی که غلظت بیشتر است به جایی که غلظت کمتر است حرکت می‌کنند. ( شکل ۵-۵)



شکل ۵-۵ انتقال مولکول‌های عطر به هوا

استشمام بوی عطر در فضای اتاق به معنی انتقال یک ماده یا جرم از مکانی به مکان دیگر است. بنابراین انتقال یک یا چند جزء از یک ماده از بین یک ماده دیگر را انتقال جرم گویند. عملیات انتقال جرم معمولاً به دو روش زیر انجام می‌شود:

**نفوذ مولکولی:** اگر انتقال جرم فقط به دلیل حرکت مولکول‌ها از لابه‌لای یکدیگر انجام شود، به آن نفوذ ملکولی گفته می‌شود.

**حرکت توده‌ای:** در انتقال جرم توده‌ای، علاوه بر انتقال جرم از طریق نفوذ مولکولی، ماده منتقل‌شونده با حرکت توده سیال نیز منتقل می‌شود.

به نظر شما در اتاق حاوی شیشه‌ی عطر در باز، پخش مولکول‌های عطر در هوا به کدام روش انجام می‌شود؟ اگر پنجره‌ی اتاق باز باشد و جریان هوایی در اتاق برقرار شود، بوی عطر زودتر به مشام می‌رسد. چرا؟

بحث گروهی



فکر کنید

در یک ظرف پر از آب، یک قطره جوهر بریزید. چه اتفاقی می‌افتد؟ اگر با یک همزن شیشه‌ای حرکتی در آب ایجاد کنید، جوهر زودتر در آب پخش می‌شود. چرا؟

فکر کنید





آیا موارد دیگری از عملیات انتقال جرم را می‌توانید نام ببرید؟

فرض کنید گازهای خروجی از یک کارخانه تولید محصولات شوینده، آلوده به کلر است. کلر یک ماده سمی و آلاینده محیط زیست است. برای رفع این مشکل در کارخانه، این گازها قبل از ورود به محیط زیست، به داخل یک ستون هدایت می‌شوند. گازها در داخل ستون به سمت بالا در حرکت هستند. آب با چند پخش کننده به صورت قطرات زیر از بالای ستون به سمت پایین حرکت می‌کند. کلر ماده‌ای است که به آسانی در آب حل می‌شود و به همین علت، ماده کلر موجود در گاز خروجی در اثر تماس با آب در ستون، به داخل آب وارد می‌شود و به این ترتیب گاز خروجی تصفیه می‌شود.



در این عملیات انتقال جرم، کدام دو حالت ماده در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند؟ جزء منتقل‌شونده کدام است؟

تماس مستقیم دو ماده نامحلول در یکدیگر، مهم‌ترین روش در عملیات انتقال جرم است. هر یک از مواد در حال تماس با یکدیگر می‌توانند شامل یک یا چندین جزء باشند. پس از انجام انتقال جرم، اجزای تشکیل‌دهنده هر یک از مواد دارای غلظت‌های متفاوتی خواهند بود. تماس مستقیم دو ماده نامحلول در یکدیگر شامل موارد ذیل می‌شود.

### تماس گاز - مایع

این حالت فرایندهای زیر را شامل می‌شود:

**الف) تقطیر:** تقطیر تماس بخار با مایع در حال جوش است. در این عملیات اجزای سبک‌تر (با نقطه جوش پایین‌تر) به سیال بخار و اجزای سنگین‌تر (با نقطه جوش بالاتر) به سیال مایع منتقل می‌شوند. **ب) تماس دو فاز گاز و مایع و انتقال یک یا چند جزء از فاز گاز به مایع** را عملیات جذب می‌گویند. انتقال کلر از گازهای خروجی یک کارخانه به درون آب، یک نمونه از عملیات جذب است. اگر عکس این عمل اتفاق افتد، یعنی جزء منتقل‌شونده از فاز مایع به گاز منتقل شود، فرایند دفع نامیده می‌شود.

### تماس گاز - جامد

یکی از فرایندهای متداول که در آن فاز گاز و جامد در تماس با هم قرار می‌گیرند، جذب سطحی است؛ برای مثال، در پالایشگاه‌های گاز، گاز طبیعی به همراه مقداری رطوبت تولید می‌گردد. این رطوبت در پالایش گاز عامل مزاحم بوده و باید حذف گردد. برای این منظور گاز طبیعی به داخل ستون‌هایی هدایت می‌شود که با ماده جامد خشک‌کننده پر شده است. رطوبت گاز طبیعی در این فرایند ضمن عبور از اطراف ذرات ماده خشک‌کننده، به سطح این ذرات جذب می‌شود. با پیشروی گاز در ستون تقریباً تمام آب موجود در گاز با ماده خشک‌کننده جامد جذب شده و در نهایت گاز خشک از انتهای ستون خارج می‌شود.



### تماس مایع - مایع

واحد عملیاتی تماس دو مایع نامحلول در یکدیگر، استخراج مایع- مایع نامیده می‌شود. استخراج مایع - مایع فرایندی است که در آن اجزای موجود در یک محلول مایع، با مایع دیگری که حلال نامیده می‌شود، جدا می‌گردد.

### تماس مایع - جامد

متداول‌ترین فرایند تماس مایع- جامد، استخراج جامد- مایع نامیده می‌شود. در این فرایند اجزای موجود در یک مخلوط جامد، با یک مایع که حلال نامیده می‌شود، جدا می‌گردد.

بارزترین نمونه استخراج مایع- جامد در زندگی روزمره چیست؟

بحث



به نظر شما، هر یک از فرایندهای جداسازی زیر به چه طریقی انجام می‌شود؟

پرسش



| جداسازی بر اساس اختلاف اندازه           | جداسازی مکانیکی بر اساس اختلاف چگالی | جداسازی با استفاده از عملیات انتقال جرم | جداسازی با استفاده از فیلتروغشا |
|---|--------------------------------------|---|---------------------------------|
| جداسازی سنگریزه ها از خاک               |                                      |   |                                 |
| جداسازی کلراز هوا از طریق تماس هوا و آب |                                      |   |                                 |
| جداسازی آب از نفت                       |                                      |   |                                 |
| دم کردن چای                             |                                      |   |                                 |
| تصفیه آب خانگی                          |                                      |   |                                 |
| جداسازی گرد و خاک از هوا                |                                      |   |                                 |

## ۵-۵- جداسازی به روش تقطیر

فیلم مربوط به تقطیر را مشاهده کنید.

فیلم



به نظر شما در پالایشگاه‌های نفت، چگونه بنزین و گازوئیل را از نفت خام جدا می‌کنند؟

پرسش



جداسازی مخلوط مایعات به اجزای تشکیل‌دهنده آن، یکی از مهم‌ترین فرایندهای مورد استفاده در صنایع شیمیایی و نفت است. تقطیر یکی از روش‌های اصلی و متداول است که برای جداسازی مخلوط مایعات به کار می‌رود.

### تقطیر

تقطیر فرایندی است که در آن اجزای یک مخلوط مایع یکنواخت (محلول)، به دلیل اختلاف در نقطه جوش از یکدیگر جدا می‌شوند. تقطیر بر اساس دو فرایند تبخیر و مایع شدن (میعان) انجام می‌شود. به اجزایی از این مخلوط مایع که نقطه جوش بالایی دارند، اجزای سنگین و به اجزایی که نقطه جوش پایین‌تری دارند، اجزای سبک یا فرار گفته می‌شود.

چه رابطه‌ای بین نقطه جوش مواد، قابلیت تبخیر مواد و فشار بخار مواد وجود دارد؟

پرسش



### قابلیت تبخیر

اصطلاحی است که نشان‌دهنده کیفیت تبخیر یک مایع است. مایعاتی که به آسانی به بخار تبدیل می‌شوند، دارای قابلیت تبخیر زیاد و مایعاتی که به سادگی بخار نمی‌شوند، قابلیت تبخیر کمی دارند. وقتی نقطه جوش مایعی پایین باشد، فشار بخار آن زیاد و قابلیت تبخیرش زیاد است و برعکس مایعی که دارای نقطه جوش بالایی است، فشار بخار آن کم و قابلیت تبخیرش کم است.

برای دو هیدروکربن هگزان و پنتان جدول زیر را کامل کنید.

تحقیق



| جرم مولکولی | فشار بخار | نقطه جوش | ماده  |
|-------------|-----------|----------|-------|
|             |           |          | پنتان |
|             |           |          | هگزان |

پرسش



با توجه به رابطه بین نقطه جوش و جرم مولکولی جمله زیر را کامل کنید:  
هر چه جرم مولکولی یک ماده ..... باشد، نقطه جوش آن ماده ..... است.

فرض کنید مخلوطی مساوی از دو ماده پنتان و هگزان داشته باشیم. این مخلوط را داخل ظرفی ریخته، آن را حرارت می‌دهیم. با رسیدن دمای مخلوط به دمای نقطه جوش پنتان، پنتان شروع به تبخیر شدن می‌کند. با ادامه حرارت دادن و افزایش دمای مخلوط، هگزان نیز به همراه پنتان تبخیر می‌شود؛ اما چون نقطه جوش هگزان بیشتر از پنتان است، میزان تبخیر آن کمتر از پنتان خواهد بود؛ بنابراین بخارات خارج شده از ظرف دارای مقدار بیشتری پنتان بوده و مایع باقی‌مانده در ظرف هگزان بیشتری دارد.

فرایند تقطیر به دو روش زیر انجام می‌شود:

- ۱- تقطیر ساده یا یک مرحله‌ای؛
- ۲- تقطیر چند مرحله‌ای.

### تقطیر ساده

آیا تا به حال از گلاب‌گیری در کاشان بازدید داشته‌اید؟ به نظر شما گلاب‌گیری کدام یک از روش‌های جداسازی است؟

پرسش



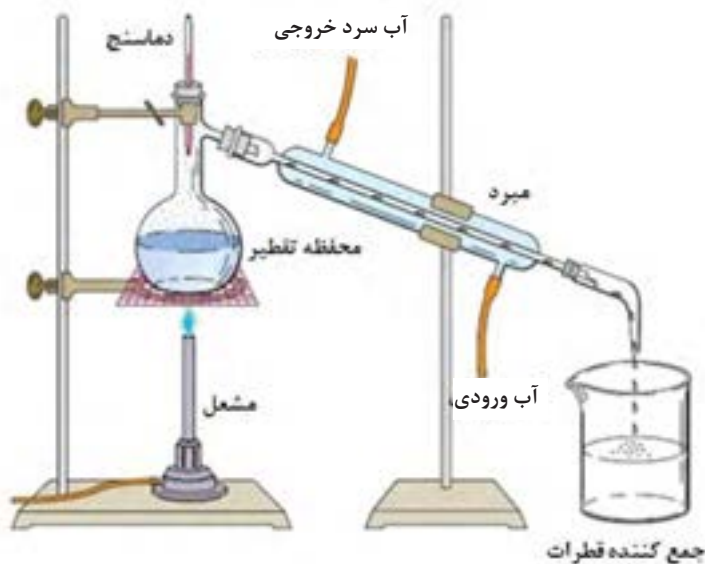
تقطیر ساده یکی از ساده‌ترین روش‌های جداسازی است. در این روش ابتدا مخزن تقطیر را از محلول مورد نظر پر می‌کنند و تحت حرارت یکنواخت قرار می‌دهند. در اثر جوشیدن مایع، قسمتی از آن بخار می‌شود و از بالای مخزن وارد یک خنک‌کننده (مبرد) می‌شود. و مجدداً تبدیل به مایع می‌شود. این بخار مایع شده، نسبت به مایع باقی‌مانده در مخزن، دارای اجزای سبک‌تر بیشتری است و مایع باقی‌مانده در مخزن اجزای سنگین‌تر بیشتری دارد. بدین ترتیب محلول اولیه به دو محصول سبک و سنگین تبدیل شده است.

### جداسازی آب از اتانول به روش تقطیر ساده

فعالیت  
کارگاهی



| وسایل مورد نیاز   | مواد مورد نیاز |
|---|----------------|
| بالن ته‌گرد، مبرد، دماسنج، پایه و گیره، سه‌راهی شیشه‌ای، سنگ جوش ظرف برای جمع‌آوری، وسیله گرم‌کننده | آب<br>اتانول   |



شکل ۵-۶ سیستم تقطیر ساده

## روش کار

- ۱- مقدار مساوی از آب و اتانول را در بالن ته‌گرد بریزید و درون آن یک سنگ جوش بیندازید؛
- ۲- اگر برای حرارت دادن از شعله استفاده می‌کنید، بالن را در چند سانتی‌متری از توری نسوز با یک گیره به پایه متصل کنید. اگر وسیله گرم‌کننده دستگاه برقی است، بالن را مستقیم روی دستگاه قرار دهید و اگر از حمام گرم استفاده می‌کنید، بالن را تا گردن وارد حمام کنید؛
- ۳- دماسنج را در سهراهی قرار داده و سهراهی را به سر بالن نصب کنید؛
- ۴- مبرد را به سهراهی نصب کنید و بلافاصله آن را با گیره محکم کنید؛
- ۵- شلنگ‌های ورودی و خروجی آب سرد را به مبرد وصل کنید و جریان آب را به اندازه مناسب باز کنید؛
- ۶- در خروجی مبرد یک ظرف مناسب برای جمع‌آوری محصول قرار دهید؛
- ۷- بعد از اطمینان از اتصال اجزای دستگاه، وسیله گرم‌کننده را روشن کنید؛
- ۸- دما را در حدود ۹۰ درجه سلسیوس ثابت نگه دارید؛
- ۹- پس از اینکه نصف محلول داخل بالن تبخیر گردید، وسیله گرم‌کننده را خاموش کنید؛
- ۱۰- کمی تأمل کنید تا تمام بخارات داخل مبرد به‌طور کامل به مایع تبدیل شود؛
- ۱۱- میزان اتانول موجود در ظرف جمع‌آوری محصول را اندازه‌گیری کنید.

به نکات زیر قبل از شروع آزمایش توجه کنید:

- بالن ته‌گرد را به میزان یک سوم تا دو سوم آن از آب و الکل پر کنید. اگر مقدار محلول بیش از دو سوم حجم بالن ته‌گرد باشد، احتمال پاشیدن محلول به درون مبرد وجود دارد.
- مخزن دماسنج باید پایین‌تر از شاخه جانبی سه‌راهی قرار گیرد تا دمای جوش را به‌درستی نشان دهد.
- محل ارتباط لوازم شیشه‌ای را قبل از اتصال با گریس یا وازلین چرب کنید تا در پایان کار به راحتی از هم جدا شوند.

- از سالم بودن بالن ته‌گرد اطمینان حاصل نمایید؛
- بالن ته‌گرد را نباید تا خشک شدن و تبخیر کامل محلول حرارت داد؛
- استفاده از لوازم و وسایل ایمنی شخصی (روپوش آزمایشگاهی، عینک، دست‌کش و ...) الزامی است؛
- در حین استفاده از لوازم شیشه‌ای و حرارت دادن، دقت بالایی داشته باشید.

نکته ایمنی





- ۱- محصول بدست آمده از فعالیت عملی تقطیر ساده، دارای چند درصد الکل اتانول است؟ آیا می‌توان این محلول را دوباره تقطیر کرد تا به اتانول با درجه خلوص بالا دست یافت؟
- ۲- تقطیر ساده برای چه محلول‌هایی مناسب است؟

### تقطیر چند مرحله‌ای

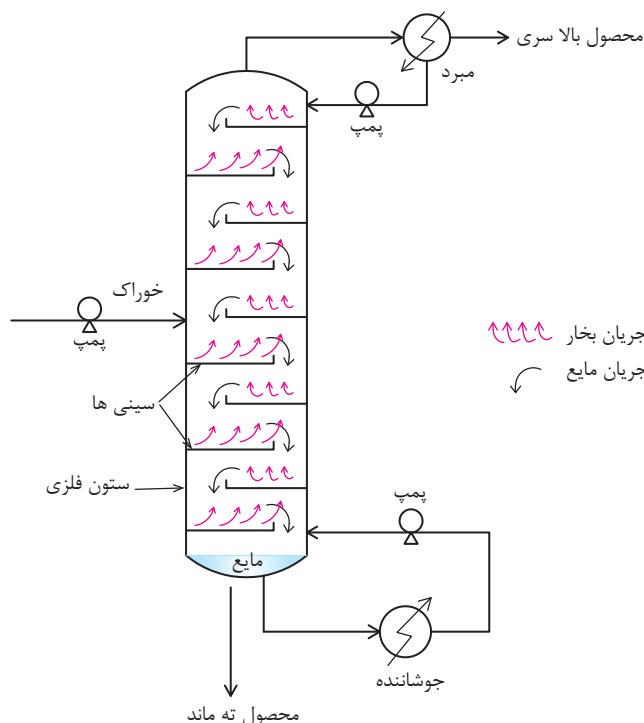
تقطیر ساده، یک فرایند تک مرحله‌ای است و به همین علت محصول این روش، خلوص بالایی ندارد. برای افزایش میزان خلوص می‌توان محصول مایع به‌دست آمده را دوباره وارد مخزن تقطیر کرد و عملیات تقطیر را تکرار نمود و این فرایند را تا جایی ادامه داد که محصول بدست آمده به خلوص مورد نظر برسد. بنابراین از چندین دستگاه تقطیر پشت سر هم باید استفاده کرد. به این روش تقطیر چند مرحله‌ای گفته می‌شود؛ اما این روش به دلیل اینکه به صورت ناپیوسته انجام می‌شود و به فضای بسیار بزرگی نیاز دارد. در مقیاس صنعتی (به‌طور مثال در پالایشگاه) امکان‌پذیر نیست. برای حل این مشکل برج‌های تقطیر طراحی شده‌اند که در آنها فرایند تقطیر چند مرحله‌ای به صورت پیوسته انجام می‌شود. تقطیر چند مرحله‌ای شامل برج‌های تقطیر سینی‌دار و برج‌های با آکنه است که در این کتاب به توضیح برج‌های تقطیر سینی‌دار اکتفا می‌شود.

### برج تقطیر سینی‌دار

یکی از پرکاربردترین برج‌های تقطیر در صنعت، برج تقطیر سینی‌دار است. این برج تقطیر استوانه‌ای است از جنس فلز که با سینی‌های سوراخ‌دار افقی به چندین قسمت تقسیم شده است. در این برج، هر سینی نقش یک مرحله تقطیر ساده را دارد. یک طرح کلی از برج تقطیر سینی‌دار در شکل ۷-۵ نشان داده شده است.

برج تقطیر سینی‌دار از بخش‌های اصلی زیر تشکیل شده است.

- ۱- ستون (برج)؛
- ۲- سیستم جوشاننده؛
- ۳- سیستم مبرد (خنک‌کننده)؛
- ۴- سینی‌ها.



شکل ۷-۵ برج تقطیر چند مرحله‌ای

در فرایند تقطیر، سیستم جوشاننده حرارت لازم برای انجام عمل تقطیر و جداسازی یک محلول را تأمین می‌کند. بخار ایجاد شده به وسیله جوشاننده از پایین وارد برج می‌شود و به سمت بالا حرکت می‌کند. بخار بالا رونده در برج با مایعی تماس می‌یابد که به سمت پایین برج بر روی سینی‌ها جریان دارد. با تماس مایع و بخار داغ بر روی هر سینی، قسمتی از گرمای بخار به مایع منتقل شده و بخشی از ترکیبات فرار مایع تبخیر می‌شوند و وارد بخار می‌گردند. بخشی از ترکیبات سنگین بخار نیز با از دست دادن حرارت مایع شده و به مایع پایین رونده در برج می‌پیوندند. بدین ترتیب با پیشروی بخار در برج، به تدریج مقدار اجزای سنگین آن کم شده و از اجزای سبک‌تر غنی می‌شود و مایعی که به سمت پایین برج در حرکت است از اجزای سنگین‌تر غنی می‌شود. بخارهای خروجی از بالای برج وارد یک مبرد شده و به مایع تبدیل می‌شوند. قسمتی از این مایع به عنوان محصول بالاسری برج جمع‌آوری شده و قسمتی دیگر به برج برگردانده می‌شود، که به آن مایع برگشتی گفته می‌شود. مایعات جمع شده در انتهای برج نیز خارج شده، قسمتی از آن به عنوان محصول ته ماند جمع‌آوری می‌شود و باقیمانده وارد سیستم جوشاننده می‌شود تا به بخار تبدیل شود. بخار خروجی از جوشاننده به داخل برج بازگردانده می‌شود. خوراک ورودی به برج می‌تواند به صورت مایع، گاز و یا ترکیبی از هر دو باشد، محل ورود خوراک را سینی خوراک می‌نامند.

به نظر شما چرا بخشی از محصول بالای برج، به داخل برج بازگردانده می‌شود؟

تحقیق

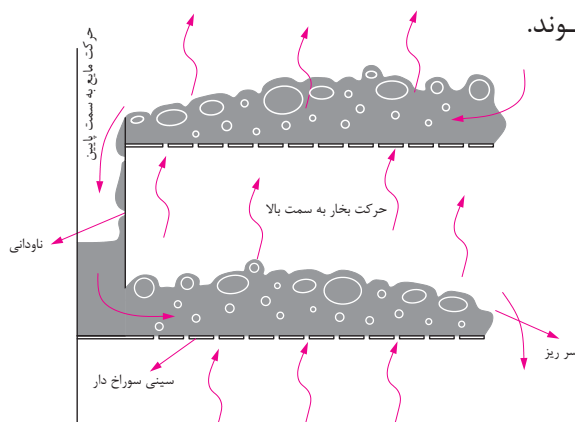




فیلم مربوط به نحوه حرکت مایع و بخار در داخل برج را مشاهده کنید

## نحوه حرکت مایع و بخار در داخل برج

شکل (۵-۸) طرح ساده‌ای از نحوه جریان بخار و مایع را بر روی سینی‌ها نشان می‌دهد. مایع وارد شده به داخل برج، از روی سینی‌های سوراخ‌دار عبور کرده و از طریق ناودانی به سمت سینی پایینی حرکت می‌کند. بخار نیز از پایین سینی و از طریق سوراخ‌های سینی به طرف بالا حرکت می‌کند و بدین ترتیب در روی هر سینی مایع و بخار در تماس با هم قرار گرفته و اجزای سبک در مایع به بخار و اجزای سنگین در بخار به مایع منتقل می‌شوند.



شکل ۸-۵ نحوه حرکت مایع و بخار در داخل برج تقطیر

همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، برای نگاه‌داشتن مقدار معینی مایع روی هر سینی از سرریز استفاده می‌شود. وقتی که ارتفاع مایع بالاتر از ارتفاع سرریز شد، مایع از طریق ناودانی به سینی پایینی منتقل می‌شود.

چرا مایعی که بر روی سینی‌های سوراخ‌دار جریان دارد، از سوراخ سینی‌ها به پایین نمی‌ریزد؟

مهم‌ترین انواع سینی‌های برج‌های تقطیر عبارتند از: سینی‌های غربالی، سینی‌های دریچه‌ای، سینی‌های کلاهکی



سینی غربالی



سینی دریچه‌ای



سینی کلاهکی

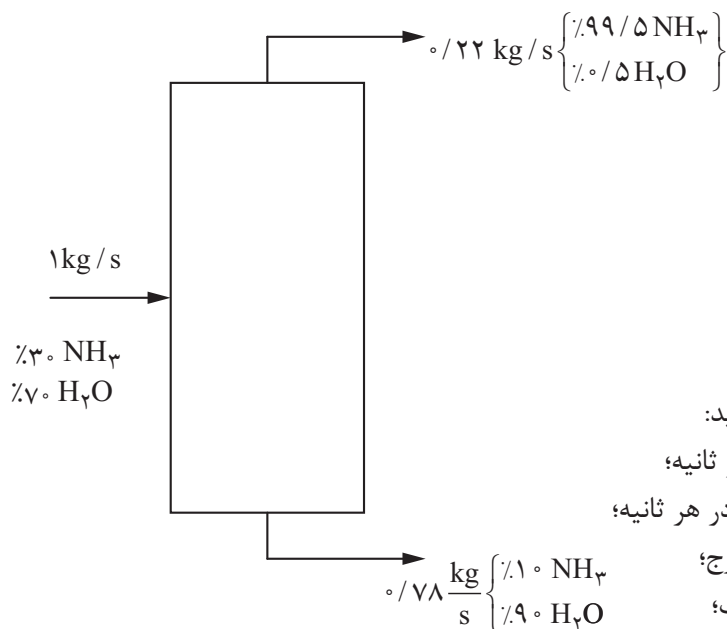
شکل ۹-۵ انواع سینی‌های برج تقطیر







گزارشی از جداسازی آب و آمونیاک در یک برج تقطیر سینی دار طبق شکل مشاهده می‌شود. در این برج در هر ثانیه یک کیلوگرم محلول ۳۰ درصد وزنی آمونیاک در آب، به صورت خوراک وارد برج می‌شود و از بالای برج ۰/۲۲ کیلوگرم در ثانیه و از پایین برج ۰/۷۸ کیلوگرم در ثانیه محصول خارج می‌شود.



هر یک از موارد زیر را محاسبه کنید:

- ۱- میزان آب ورودی به برج در هر ثانیه؛
- ۲- میزان آمونیاک ورودی به برج در هر ثانیه؛
- ۳- آب موجود در محصول بالای برج؛
- ۴- میزان آمونیاک جدا نشده از آب؛
- ۵- بازده جداسازی آمونیاک از خوراک.

### جداسازی آب و اتانول با استفاده از برج تقطیر سینی دار



| مواد مورد نیاز | وسایل مورد نیاز    |
|----------------|--------------------|
| آب             | برج تقطیر سینی دار |
| اتانول         |                    |

## روش کار:

محلول حاوی مقادیر مساوی از آب و اتانول تهیه کنید.  
طبق دستورالعمل برج تقطیر موجود در آزمایشگاه، آب را از اتانول جدا کنید.

چگونگی انجام تقطیر در برج‌های تقطیر سینی‌دار را مشاهده کنید

در مورد ملاحظات زیست محیطی پالایشگاه گزارشی تهیه کرده و در کلاس ارائه دهید.

فیلم



فعالیت گروهی



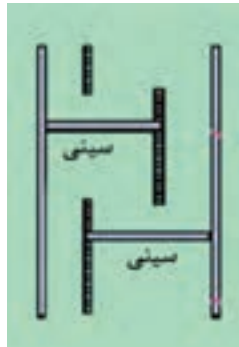
پرسش



- ۱- به نظر شما اگر میزان جریان بخار نسبت به مایع از یک حدی کمتر باشد، چه اتفاقی خواهد افتاد؟
- ۲- اساس فرایند جداسازی در فیلترها و الک‌ها، اندازه ذرات می‌باشد. تفاوت این دو روش چیست و هر کدام برای چه حالتی از ماده (گاز، مایع، جامد) مناسب هستند؟
- ۳- همان‌طور که در این فصل به آن اشاره شد مایعاتی که دارای اختلاف چگالی باشند را می‌توان توسط قیف جداکننده از هم جدا کرد. آیا جامدات را نیز می‌توان بر اساس اختلاف چگالی از هم جدا کرد؟ مثال بزنید.



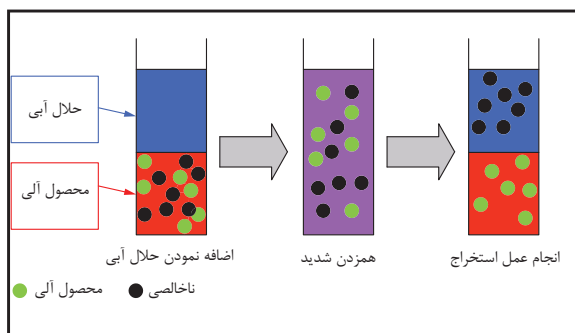
- ۴- نحوه جریان بخار و مایع در یک برج تقطیر را بر روی شکل زیر مشخص کنید.



- ۵- کدام یک از سینی‌ها برای استفاده در ستون‌های تقطیر رایج‌تر است؟ چرا؟
- ۶- اگر فشار بخار بالارونده از سوراخ سینی‌ها کم باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ و چه تأثیری بر راندمان برج دارد؟
- ۷- در برج‌های تقطیر، بخشی از محصول بالای برج به داخل برج بازگردانده می‌شود که به آن مایع برگشتی می‌گویند. دلیل استفاده از مایع برگشتی در برج‌های تقطیر چیست؟

## ۶-۵- جداسازی به روش استخراج

استخراج فرایندی است که در آن اجزای موجود در یک محلول مایع یا مخلوط جامد، به وسیله مایع دیگر که حلال نامیده شده، جدا می‌گردد. زمانی که عمل استخراج با مایعی از یک مخلوط جامد صورت پذیرد، آنرا فرایند استخراج جامد - مایع<sup>۱</sup> نامیده و زمانی که فاز اولیه که جداسازی از آن صورت می‌پذیرد، مایع باشد، فرایند را استخراج مایع - مایع می‌نامند (شکل ۱۰-۵).



شکل ۱۰-۵ استخراج مایع - مایع

پرسش



در زندگی روزمره خود یک فرایند استخراج جامد - مایع را نام ببرید؟

### استخراج مایع - مایع

در فرایند استخراج مایع - مایع، محلولی که استخراج از آن انجام می‌شود، خوراک<sup>۲</sup> نامیده شده و مایعی را که خوراک با آن در تماس قرار می‌گیرد تا جزء مورد نظر<sup>۳</sup> از آن جدا شود، حلال می‌نامند. پس از تماس خوراک و حلال<sup>۴</sup> و انتقال جزء حل‌شونده از خوراک به آن، محصولی را که از حلال غنی است، استخراج شده<sup>۵</sup> و مایع باقی‌مانده را که حل‌شونده از آن جدا شده، پس‌مانده<sup>۶</sup> می‌نامند. شرط اصلی برای انجام این فرایند، اختلاف دانسیته بین حلال و خوراک است تا حل‌شونده از آن جدا گردد. مطابق با شکل (۱۱-۵)، حلال و خوراک تماس پیدا نموده و در هم آمیخته می‌شوند تا حلال بتواند جزء مورد نظر را در خود حل نماید، سپس به این مخلوط زمان داده می‌شود تا بر اثر اختلاف دانسیته، دو فاز (استخراج شده و پس‌مانده) از هم جدا شوند.

۱-Leaching

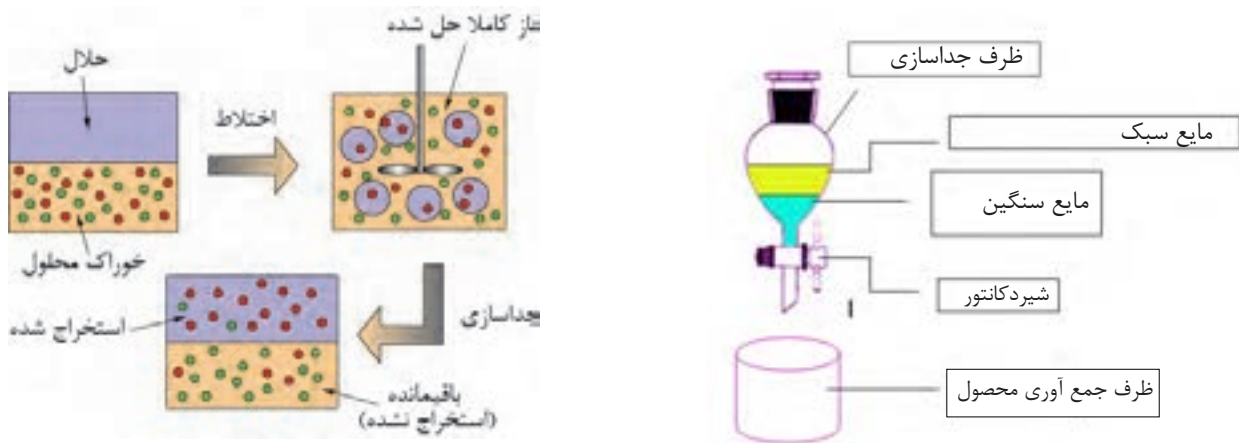
۲-Feed

۳- Solute

۴- Solvent

۵- Extract

۶- Raffinate



شکل ۱۱-۵ فرایند استخراج مایع - مایع

فیلم استخراج مایع - مایع را مشاهده نمایید.

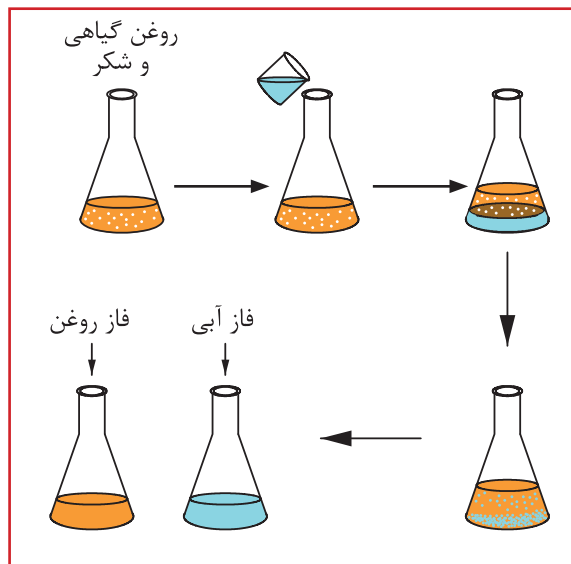
فیلم



۱- مقدار ۳ گرم شکر را در ۳۰ میلی لیتر روغن گیاهی مایع ریخته و مخلوط را به خوبی تکان دهید. حال می خواهیم شکر را از مخلوط جدا نماییم. آیا بنظر شما فیلتر نمودن این مخلوط راه حل مناسبی است؟ چه راه حل دیگری را پیشنهاد می نمایید؟ دلیل جدائی آب و روغن و تشکیل دو فاز مجزا چیست؟  
 ۲- روغنی را که بر روی آب قرار گرفته را از بشر خارج می نماییم. در این آزمایش جزء حل شونده (شکر) را از روغن با حلال (آب) با روش استخراج مایع- مایع جدا نموده ایم. به نظر شما تقطیر مخلوط اولیه (۳ گرم شکر + ۳۰ میلی لیتر روغن) انرژی کمتری نیاز دارد یا تقطیر حلال و حل شونده (۱۵ میلی لیتر آب + ۳ گرم شکر)؟

فعالیت  
آزمایشگاهی





شکل ۱۲-۵ جداسازی شکر از روغن با استخراج مایع - مایع

### کاربردهای استخراج مایع - مایع

استخراج مایع - مایع به دلیل یکی از شرایط زیر به عنوان یکی از فرایندهای جداسازی مورد توجه قرار می گیرد:

(الف) در مواقعی که جداسازی لازم است در دمای پایین انجام شود تا جزء حل شونده تجزیه حرارتی نگردد؛

(ب) در مواقعی که جزء حل شونده بسیار کم است و عمل تقطیر موجب مصرف انرژی بیش از حد برای تغییر فاز مواد از حالت مایع به بخار می گردد.

(ج) مواقعی که نقطه جوش (فراریت) مواد بهم نزدیک بوده و تقطیر باعث تبخیر همه مواد بدون جداسازی گردد.

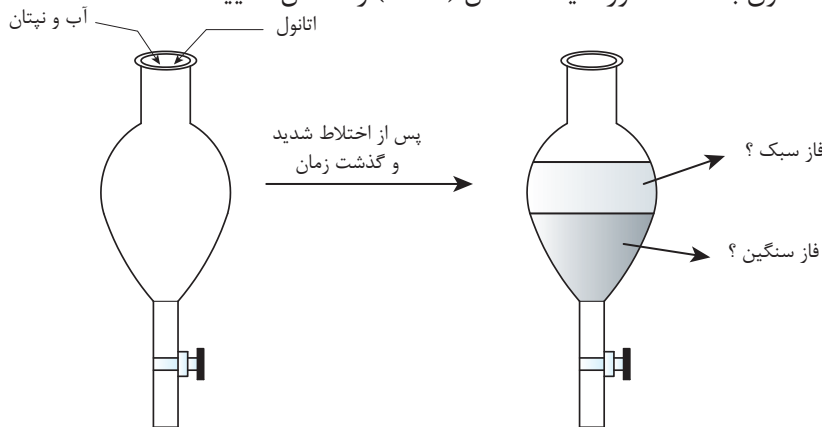
به نظر شما در هریک از فرایندهای زیر، به چه دلیل عمل استخراج مایع - مایع پیشنهاد می گردد؟  
 الف) جداسازی اسید استیک از آب در غلظت های کم؛  
 ب) جداسازی اسیدهای چرب و ویتامین ها از روغن های گیاهی؛  
 ج) جداسازی آنتی بیوتیک ها از فاز آبی.

بحث گروهی





برای جداسازی پنتان از یک مخلوط آب و پنتان از حلال اتانول استفاده می‌شود. پس از تماس محلول با اتانول، به مخلوط زمان داده می‌شود تا فاز استخراج شده و پس مانده تشکیل شود. با توجه به اطلاعاتی که تاکنون به دست آورده‌اید، شکل (۱۳-۵) را کامل نمایید.



شکل ۱۳-۵ جداسازی پنتان از یک مخلوط آبی



همان طوری که ذکر گردید، مزیت روش استخراج مایع-مایع در این است که برخلاف فرایند تقطیر، انرژی کمتری نیاز دارد. از توضیحات ارائه شده در فرایند استخراج مایع-مایع، مشخص شد که جداسازی حل‌شونده از حلال مجدداً نیاز به تقطیر و مصرف انرژی دارد. آیا بهتر نیست از همان ابتدا، حل‌شونده از مخلوط با تقطیر جدا گردد؟

## انتخاب حلال

- حلالی که برای استخراج مایع - مایع انتخاب می‌شود، باید خواص ضروری ذیل را داشته باشد:
- حلال باید بتواند جزء مورد نظر (حل‌شونده) را بیش از دیگر اجزای موجود در خوراک در خود حل نماید؛
  - باید بعد از فرایند استخراج، نقطه جوش حلال و حل‌شونده با هم اختلاف قابل ملاحظه‌ای داشته باشد تا بتوان آنها را به راحتی با فرایند تقطیر جدا نمود؛
  - دانسیتته حلال باید با دانسیته خوراک اختلاف قابل قبولی داشته باشد تا بتوان آنها را از هم تفکیک نمود؛
  - حلال باید در تماس با خوراک و حل‌شونده پایدار بماند و با آنها وارد واکنش نشود.

به نظر شما غیر از خواصی ضروری فوق، حلال باید چه ویژگی‌هایی داشته باشد تا فرایند استخراج مایع - مایع ایمن و اقتصادی‌تر باشد؟

بحث گروهی



به نظر شما فرایند استخراج چه مزایا و معایبی از نظر محیط زیستی دارد؟

تحقیق



## محاسبات استخراج

برای محاسبه مقدار جزء حل‌شونده که از خوراک به حلال وارد شده، از ضریبی به نام ضریب توزیع<sup>۱</sup> استفاده می‌شود که آن را با  $K_D$  نشان می‌دهند. این ضریب به صورت ذیل تعریف می‌گردد:

$$K_D = \frac{\text{غلظت حل شونده در استخراج}}{\text{غلظت حل شونده در باقیمانده}}$$

به نظر شما برای آنکه فرایند استخراج مایع - مایع امکان‌پذیر باشد، ضریب توزیع باید چه مقداری داشته باشد؟

پرسش



## مثال

برای جدا سازی پنی‌سیلین از یک محلول آبی، از حلال متیل‌استات استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در ۲/۰۵ میلی‌لیتر از خوراک، ۰/۰۹۷ گرم پنی‌سیلین وجود دارد. در آزمایشگاه، به این خوراک ۱/۹۷ میلی‌لیتر متیل‌استات اضافه شد و ۰/۰۵۹ گرم پنی‌سیلین از خوراک خارج گردید. مطلوب محاسبه ضریب توزیع پنی‌سیلین در حلال.

۱- coefficient

$$\text{غلظت پنی سیلین در استخراج شده} = \frac{0/059}{1/97} \approx 0/02995 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

$$\text{غلظت پنی سیلین در پسماند} = \frac{0/097 - 0/059}{2/05} \approx 0/01853 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

$$K_D = \frac{0/02995}{0/01853} = 1/616$$

محلول حاوی ۵۰ میلی لیتر آب و ۵ میلی مول بنزوییک اسید است. به این محلول ۲۰ میلی لیتر دی کلرومتان اضافه شده و بعد از هم زدن به مخلوط اجازه داده می شود تا فاز پس مانده و استخراج شده از هم جدا شوند. نتایج نشان می دهد که ۰/۸۸ میلی مول بنزوییک اسید در فاز آبی باقی می ماند. در آزمایش دیگر استخراج فوق به صورت دو مرحله ای انجام گرفت. بدین صورت که ابتدا ۱۰ میلی لیتر حلال دی کلرومتان به ۵۰ میلی لیتر محلول اضافه شد و پس از اختلاط و ته نشینی، فاز استخراج شده، جدا گردید. سپس به این مایع استخراج شده از مرحله اول، مجدداً ۱۰ میلی لیتر حلال دی کلرومتان اضافه شد و جداسازی انجام گرفت. مطلوب است محاسبه ضریب توزیع بنزوییک اسید در حلال دی کلرومتان و مقدار مول بنزوییک اسید جدا شده از آب در استخراج دو مرحله ای؟ برای تمرین بالا مقدار بازده استخراج تک مرحله ای و دو مرحله ای را محاسبه نمائید؟

پرسش



$$\text{مقدار حل شونده در فاز استخراج شده} = \frac{\text{مقدار حل شونده در خوراک}}{\text{بازده استخراج}}$$

پرسش



۱- از مقایسه بازده استخراج تک مرحله ای و دو مرحله ای چه نتیجه ای می گیرید؟

۲- آیا در تمرین فوق، می توانستیم ۲۰ میلی لیتر حلال را به ۱۰ قسمت تقسیم نموده و در هر مرحله استخراج (در ۱۰ مرحله)، ۲ میلی لیتر به خوراک و سپس به پس مانده هر مرحله، اضافه کنیم؟

تحقیق



۱- در صنایع پالایش روغن موتور (مانند نفت بهران و ایرانول) از روش استخراج مایع - مایع چه استفاده ای می شود؟

۲- آیا می توانید برای فرایند استخراج مایع - مایع در صنایع هسته ای، کاربردی را بیابید؟



## ۷-۵- دستگاه‌های استخراج

همان‌طور که قبلاً ذکر گردید، شرط امکان‌پذیری فرایند استخراج مایع - مایع، اختلاف دانسیته بین خوراک و حلال است. نقش اصلی یک دستگاه استخراج آن است که یکی از فازها (حلال یا خوراک) را در دیگری پخش نموده تا عمل انتقال حل‌شونده از خوراک به حلال صورت گرفته و سپس استخراج شده و پس‌مانده را از یکدیگر جدا نماید. به‌عنوان مثال استون و آب تشکیل خوراکی را می‌دهند که جداسازی استون از آن با حلال تولوئن امکان‌پذیر است. تولوئن به‌خوبی استون را در خود حل می‌نماید. اما در آب حلالیتی ندارد. پس برای جداسازی می‌توان ستونی را از آب و استون پر نمود و تولوئن را که دانسیته کمتری نسبت به آب دارد، از پایین در داخل ستون و به‌صورت قطرات وارد نمود. تولوئن به‌صورت قطرات در برج بالا رفته و استون را در خود حل می‌نماید. در این فرایند آب را فاز پیوسته<sup>۱</sup> و تولوئن را فاز پراکنده<sup>۲</sup> می‌نامند.

چرا استون از آب جدا شده و در تولوئن حل می‌شود؟  
 محل تزریق فاز پراکنده (بالا یا پایین برج) بر چه اساسی انتخاب می‌شود؟  
 در فرایند جداسازی استون از آب به‌وسیله تولوئن، دیاگرامی را برای برج جداسازی ارائه نمایید؟

پرسش

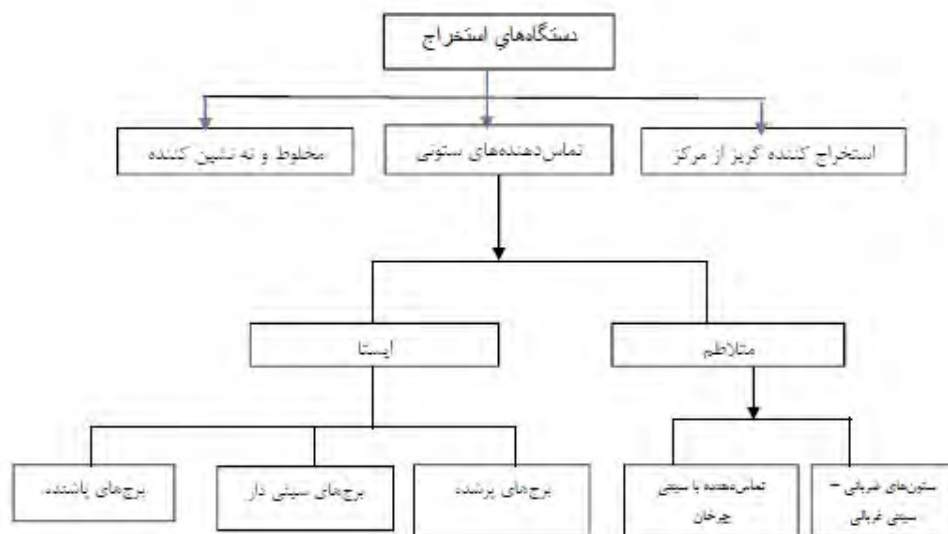


بر اساس توضیحات فوق، می‌توان نتیجه گرفت که یک استخراج‌کننده سه عمل اصلی زیر را انجام می‌دهد:

الف) حلال و خوراک را در تماس با هم قرار می‌دهد.  
 ب) فاز پراکنده را به‌صورت قطرات درمی‌آورد تا سطح تماس دو فاز بیشتر شود.  
 ج) فاز استخراج شده و پس‌ماند را پس از تبادل جزء حل‌شونده، از هم جدا می‌نماید.  
 مطابق با شکل (۱۴-۵)، دستگاه‌های استخراج را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم‌بندی نمود که عبارتند از:

- ۱- مخلوط و ته‌نشین کننده<sup>۳</sup>
- ۲- تماس‌دهنده‌های ستونی<sup>۴</sup>
- ۳- استخراج‌کننده‌های گریز از مرکز<sup>۵</sup>

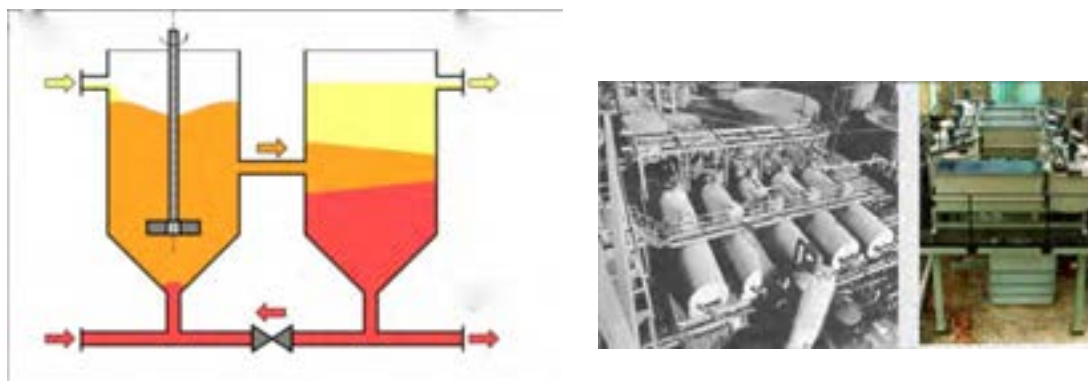
۱- Continuous phase  
 ۲- Dispersed phase  
 ۳- Mixer-settler  
 ۴- Column contactors  
 ۵- Centrifugal extractors



شکل ۱۴-۵ تقسیم‌بندی دستگاه‌های استخراج

### دستگاه مخلوط کننده - ته‌نشین کننده

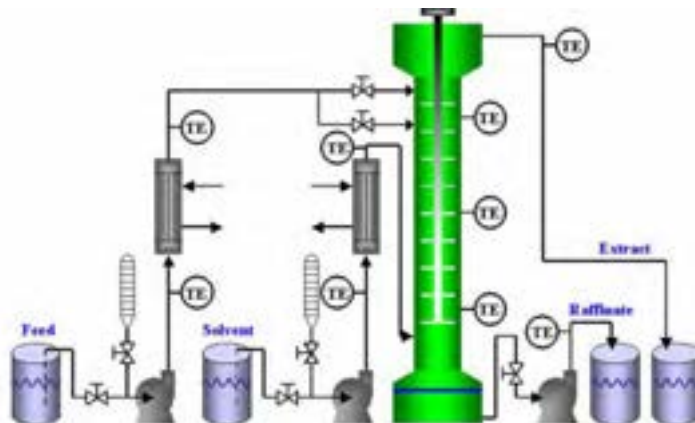
این نوع تجهیز، ساده‌ترین دستگاه استخراج مایع - مایع است که خوراک و حلال در یک مخزن با یک همزن به خوبی مخلوط شده و سپس برای ته‌نشینی به مخزن دیگر هدایت می‌شود (شکل ۱۵-۵). زمان اختلاط و ته‌نشینی توسط آزمایش‌های عملی تعیین می‌شود اما به ترتیب زمان‌های ۵ و ۱۰ دقیقه را می‌توان به عنوان تخمین اولیه در نظر گرفت. این نوع استخراج‌کننده می‌تواند شامل چند مخزن اختلاط و ته‌نشینی پشت سر هم (استخراج چند مرحله‌ای) باشد. این نوع دستگاه در صنایع استخراج فلزات کاربرد فراوان دارد.



شکل ۱۵-۵ دستگاه‌های استخراج مخلوط و ته‌نشین کننده

### دستگاه تماس دهنده‌های ستونی<sup>۱</sup>

این نوع دستگاه استخراج خود به دو دسته ایستا<sup>۲</sup> و متلاطم<sup>۳</sup> تقسیم‌بندی می‌شوند (شکل ۱۶-۵). در نوع ایستا قطعه متحرکی وجود نداشته و فاز سبک و سنگین تنها به دلیل اختلاف دانسیته، در طول ستون حرکت می‌نمایند. اما در نوع متلاطم، یک عامل مکانیکی موجب اختلاط خوراک و حلال در طول ستون می‌گردد.



شکل ۱۶-۵ فرایند استخراج مایع - مایع با تماس دهنده‌های ستونی

### دستگاه استخراج گریز از مرکز

در این نوع استخراج کننده، محفظه استوانه‌ای شکل که دارای پوسته سوراخ‌دار هم مرکز است و روی یک محور افقی نصب شده با سرعت ۳۰ تا ۸۵ دور در ثانیه می‌چرخد. مایعات (خوراک و حلال) از داخل محور وارد دستگاه می‌گردند (شکل ۱۷-۵). مایع سنگین در راستای قسمت بیرونی به طرف خارج حرکت نموده و مایع سبک به سمت داخل حرکت می‌نماید.

این نوع استخراج کننده‌ها بسیار گرانبه هستند اما قادرند در یک فضای کوچک و زمان کوتاه، حجم بالایی از خوراک و حلال را در تماس قرار دهد. کاربرد اصلی آن‌ها در صنایع دارویی و استخراج مواد حساسی مانند آنتی بیوتیک‌ها و ویتامین‌ها است.



شکل ۱۷-۵ دستگاه‌های استخراج مایع - مایع گریز از مرکز

۱. Column contactors

۲- Static

۳- Agitated



علت رانده شدن مایع سنگین به پیرامون و مایع سبک به داخل در این نوع استخراج کننده، چیست؟



استخراج مداوم به وسیله سوکسله

## تئوری آزمایش استخراج

اکثر دانه‌های روغنی حاوی ۱۲ تا ۶۵ درصد روغن هستند و با توجه به درصد روغن یکی از دو روش استخراج به وسیله پرس و استخراج با حلال و یا از هر دو روش استفاده می‌شود؛ به این ترتیب که برای دانه‌هایی که درصد روغن آنها تا حدود ۲۰ درصد باشد، فقط از روش استخراج با حلال استفاده می‌شود و برای دانه‌های پر روغن توسط پرس و سپس استخراج با حلال پیشنهاد می‌شود. سازوکار فرایند استخراج روغن در حقیقت همان فرایند (Leaching) یا استخراج از درون جامد با مایع (حلال) است و بر این اساس استوار است که روغن تا زمانی که حلالیت حلال که معمولاً نرمال هگزان است، به حد اشباع نرسیده باشد، در آن حل شده و از خلل و فرج دانه‌های روغنی خارج می‌شود و زمانی که حلالیت در هگزان به حد اشباع رسید، یک تعادل بین مایع خارج و مایع داخل جامد برقرار شده و به میزانی که مولکول روغن از دانه روغنی پولک شده خارج می‌شود، به همان تعداد مولکول روغنی وارد فاز جامد می‌شود. عواملی از قبیل درجه حرارت، مدت زمان استخراج، میزان حلال، میزان رطوبت دانه، شکل هندسی و اندازه ذرات پولک شده بر فرآیند استخراج تأثیر می‌گذارند.

## عصاره‌گیر سوکسله

عصاره‌گیر سوکسله یک دستگاه آزمایشگاهی است که در سال ۱۸۷۹ به دست فرانتس فون سوکسلت<sup>۱</sup> اختراع شد. دستگاه سوکسله از جنس شیشه و در اندازه‌های مختلف برای عصاره‌گیری مقادیر متفاوت گیاه ساخته شده است.

دستگاه سوکسله از چهار قسمت منبع گرمایی (هیتر)، بالن، دستگاه سوکسله و مبرد تشکیل می‌شود. با این دستگاه می‌توان در سطح آزمایشگاهی از چند گرم تا چند کیلوگرم پودر گیاه را استخراج کرد. نمونه در مخزن سوکسله ریخته می‌شود و یک حلال مورد نظر در بالن ریخته می‌شود که در اثر حرارت حلال بخار شده و روی نمونه ریخته می‌شود این چرخه وقتی که مخزن سوکسله پر شد، از طریق سیفون نازک شیشه‌ای دوباره به بالن بر می‌گردد و به این ترتیب این چرخه انجام می‌شود.

۱- Franz von Soxhlet

۲- Soxhlet Thimble



شکل ۱۹-۵ مخزن سوکسله



شکل ۱۸-۵ شمای ساده‌ای از سوکسله



| وسایل مورد نیاز  | مواد مورد نیاز                   |
|--|----------------------------------|
| کاغذ صافی انگشتی، ترازو، سوکسله، بالن ته گرد، بشر، مبرد، گرم‌کن برقی، شلنگ، گیره و پایه. | مغز گردو، اترنفت (پترولیوم اتر). |

### شرح آزمایش

- ۱- مقدار ۱۰ گرم مغز گردو را خرد کنید (هرچه ذرات خردتر باشد بهتر است).
  - ۲- گردوهای خرد شده را داخل کاغذ صافی انگشتی<sup>۱</sup> ریخته، به آرامی وارد سوکسله کنید.
  - ۳- داخل بالن ته‌گرد ۲۰۰ میلی لیتر پترولیوم اتر ریخته، آن را به گیره ببندید.
  - ۴- در این مرحله سوکسله و مبرد را روی فلاسک نصب کنید.
  - ۵- شیر آب را باز کرده تا آب درون مبرد جریان یابد.
  - ۶- در این مرحله هیتر زیر بالن را روشن نمایید.
  - ۷- وقتی که اولین قطره حلال تقطیر شد و از سر مبرد چکه کرد، زمان را ثبت کنید (توجه داشته باشید که دستگاهی که نصب کرده‌اید، کاملاً عمودی باشد تا قطره‌های حلال دقیقاً روی مواد درون کاغذ بریزد.
  - ۸- استخراج را به مدت پنج ساعت ادامه دهید.
- (نکته: هر چه زمان استخراج بیشتر باشد، روغن بیشتری استخراج می‌شود)

۱- Thimble

۹- بعد از پنج ساعت حرارت را قطع کرده، اجازه دهید سیستم کمی خنک شود و همه بخارات در مبرد سرد شده و به فاز مایع وارد شوند.

۱۰- ابتدا مبرد را برداشته و سپس سوکسله را جدا نمایید و در مرحله آخر بالن را از گیره جدا کنید.

نکته: اگر مقداری محلول درون سوکسله مانده آن را به آرامی و با دقت طوری که خرده‌های گردو وارد آن نشود، به بالن می‌ریزید.

۱۱- محتویات بالن را به بشر انتقال داده و فرصت دهید تا حلال تبخیر شود. بعد از این که حلال تبخیر شد. جرم روغن استخراج شده را حساب کرده و درصد روغن را به دست آورید.

نکته: برای راحتی اندازه‌گیری وزن روغن بهتر است بشر خشک را قبل از ریختن محلول درون آن وزن کنید و در مرحله آخر دو باره بشر و روغن را با هم توزین کرده، وزن بشر را از آن کم نمایید. وزن دقیق روغن بدست می‌آید.

در طول انجام آزمایش باید شلنگ‌های مبرد را به شکل مناسب تنظیم کنید و مراقب باشید شلنگ‌ها با سطوح داغ تماس نداشته باشد، زیرا باعث ذوب شدن شلنگ می‌شود.

باید در تمام طول انجام آزمایش آب درون مبرد جریان داشته باشد در غیر این صورت بخارات محلول از سیستم خارج می‌شود.

در طول انجام آزمایش به دلیل فرار بودن اتر نفت از ماسک ایمنی استفاده نمایید.

نکته ایمنی



## ارزشیابی شایستگی فصل دستگاههای جداکننده

### شرح کار:

- چگونگی استفاده از تجهیزات کارگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد؛
- هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند؛
- پس از انجام کار وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.

### استاندارد عملکرد:

- انجام عملیات انتقال جرم (در صنایع شیمیایی)، کار با برجهای تقطیر و برجهای استخراج طبق دستور العمل

### شاخصها:

- رعایت مسایل ایمنی در حین کار
- انجام کار طبق دستورالعمل.

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه و آزمایشگاه    زمان: یک جلسه آموزشی  
**ابزار و تجهیزات:** برجهای تقطیر پرشده و سینی دار، الکها، لوازم شیشه‌ای آزمایشگاهی، دستگاه سوکسله و گرمکن برقی

### معیار شایستگی:

| ردیف | مرحله کار  | حداقل نمره قبولی از ۳ | نمره هنرجو |
|------|--|-----------------------|------------|
| ۱    | بکار گیری روش های جدا سازی در صنایع شیمیایی  | ۲                     |            |
| ۲    | کار با برج های تقطیر   | ۲                     |            |
| ۳    | کار با برج های استخراج   | ۱                     |            |
|      | شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:<br>۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسائل ایمنی شخصی؛<br>۲- نگرش:<br>۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش؛<br>۴- شایستگی های غیرفنی:<br>۱- اخلاق حرفه‌ای، ۲- مدیریت منابع، ۳- محاسبه و کاربست ریاضی،<br>۴- مستندسازی: گزارش نویسی. | ۲                     |            |
|      | <b>میانگین نمرات</b>   |                       | *          |

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.

- ۱- برنامه درسی رشته صنایع شیمیایی، ۱۳۹۳، دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کاردانش
- ۲- ارنست لودویگ، ۲۰۰۱، «طراحی فرآیندهای کاربردی»، جلد سوم، ویرایش سوم
- ۳- استنلی والاس، ۲۰۱۲، «تجهیزات فرآیندهای شیمیایی»، ویرایش سوم
- ۴- «استاندارد مهندسی برای طراحی فرآیندی و انتقال مایع و گاز و ذخیره سازی»، استاندارد های نفت ایران شماره IPS-E-PR-۳۶۰، ویرایش اول، اسفند ۱۳۸۷
- ۵- اصول و ساختمان توربین های گازی، شرکت ره اوران فنون پتروشیمی
- ۶- اکتاو لوناشپیل، ترجمه: مرتضی سهرابی، ۱۳۹۲، چاپ چهارم، طراحی راکتور های شیمیایی، انتشارات دانشگاه امیر کبیر
- ۷- باغمیشه، غلامرضا، سیدعلی اکبر، نخلی، ۱۳۸۹، طراحی راکتور کارشناسی ارشد مجموعه مهندسی شیمی، چاپ اول انتشارات مهر سبحان
- ۸- بهمنیار، حسین (۱۳۹۴). انتقال جرم، تهران، جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.
- ۹- «تبخیر کننده تک مرحله ای»، شرکت صنایع داتیس انرژی
- ۱۰- توفیقی سید پندار، صدرایی نوری ساسان، ۱۳۹۴، عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی
- ۱۱- توفیقی سید پندار، صدرایی نوری ساسان، ۱۳۹۴، کارگاه عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی
- ۱۲- چالکش امیری، محمد (۱۳۸۶). اصول انتقال جرم، تهران، انتشارات ارکان.
- ۱۳- خراط ریاض، محبی علی، فضائلی پور محمدحسن، ۱۳۸۸، «اصول موازنه مواد و انرژی در مهندسی شیمی و نفت»، چاپ اول انتشارات دانشگاه شهید باهنر
- ۱۴- دیویدهمیل بلاو، مرتضی سهرابی، ۱۳۹۲، اصول بنیانی و محاسبات در مهندسی شیمی، چاپ ۲۲، انتشارات امیر کبیر
- ۱۵- رازی فر مهدی، ۱۳۹۴، طراحی تجهیزات فرآیندی، انتشارات اندیشه سرا
- ۱۶- رازی فر مهدی، ۱۳۹۱ «طراحی تجهیزات فرآیندی»
- ۱۷- رابرت تریبال (۱۹۸۱). عملیات واحد، ترجمه: پریسا زینی (۱۳۹۳)، تهران: نهر دانش.
- ۱۸- رابرت مادوکس، آنتونی هانیز (۱۹۸۴). اصول و کاربرد انتقال جرم، ترجمه: جلال الدین هاشمی و محمد علی آرون (۱۳۸۵). تهران: انتشارات آینده سازان.
- ۱۹- سمیع پور، محمد (۱۳۸۹). انتقال جرم و عملیات واحد، تهران، انتشارات پوران پژوهش.
- ۲۰- سیف محدثی، سید رضا، محمود سلیمی، ۱۳۹۴، مهندسی واکنش ها و اصول اولیه طراحی راکتور های شیمیایی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی اراک، چاپ اول، زمستان
- ۲۱- صدیقی، سپهر (دی ۱۳۸۰). نصب، راه اندازی و بررسی عملکرد برج استخراج ضربانی با سینی های غربالی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف: دانشکده مهندسی شیمی
- ۲۲- فرانک اینکروپرا، ۲۰۱۱، «اصول انتقال حرارت و انتقال جرم»، ویرایش هفتم
- ۲۳- عابدینی، منصور، ۱۳۹۴: آزمایشگاه شیمی عمومی



- ۲۴- کویانی احمد، مبانی کمپرسورها، شرکت ره آوران فنون پتروشیمی،
- ۲۵- مجتهدی علی، باقری مهدی، ۱۳۸۷، مبانی مهندسی واکنش های شیمیایی و طراحی رآکتورها، چاپ اول، انتشارات جنگل
- ۲۶- مک کیب، اسمیت- هریوت (۱۹۵۶). عملیات واحد مهندسی شیمی. ترجمه: بهرام پوستی (۱۳۹۰)، تهران: نشر کتاب دانشگاهی.
- ۲۷- نصرزادانی مهدی پمپ ها، انواع، اصول کار، بهره برداری، تعمیرات و عیب یابی، اداره آموزش پالایشگاه نفت اصفهان
- ۲۸- Cunha, Burke A; Burillo, Almudena; Bouza, Emilio (۲۰۱۵). «Legionnaires» disease». The Lancet. doi:۱۰,۱۰۱۶/S۲-۶۰۰۷۸(۱۵)۶۷۳۶-۰۱۴۰. ISSN ۶۷۳۶-۰۱۴۰.
- ۲۹-Ludwig, -Applied process design for chemical and petrochemical plants, Volume ۱, third edition
- ۳۰- Harry silla, ۲۰۰۳, Chemical Process engineering design and economics
- ۳۱- "Improve Selection and Sizing of Storage Tanks", A. Heydari Gorji, H. Kalat Jari, Sazeh Consultant, Hydrocarbon Processing, ۲۰۰۶
- ۳۲-cCabe, W., Smith, J.C., & Harriott, P. (۲۰۰۴), Unit Operations of Chemical Engineering, ۷th ed., Mc GrawHill Chemical Engineering Series.
- ۳۳-Treybal, R. E. (۱۹۹۰), Mass Transfer Operations, ۳rd ed., Mc Graw Hill Chemical Engineering Series.
- ۳۴-Zulkarnain, M. I., Liquid-Liquid Extraction (LLE), Bioseparation Engineering Course, ERT ۳۱۳, portal.unimap.edu.my



بهنر آموزان محترم، بهنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه  
پرنشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام‌نگار [tvoccd@roshd.ir](mailto:tvoccd@roshd.ir) ارسال نمایند.

وب‌گاه: [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir)

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

## همکاران هنر آموز که در فرآیند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت داشته‌اند

- ۱- استان فارس : محسن کدیور ، گوهر دیلمی راد
- ۲- استان کرمان : نعیمه سیف‌الدینی، نسرین اسلامی
- ۳- استان آذربایجان شرقی : نادر مولوی ، فرهاد همتی
- ۴- استان همدان : حسن بشیریان
- ۵- استان خوزستان : اسدالله امیدی بیرگانی ، فرحناز چهارمحالی جعفرزاده
- ۶- استان سمنان : شهرزاد جورابلو ، مریم هدایتی
- ۷- استان مرکزی: سید محمد میرنظامی