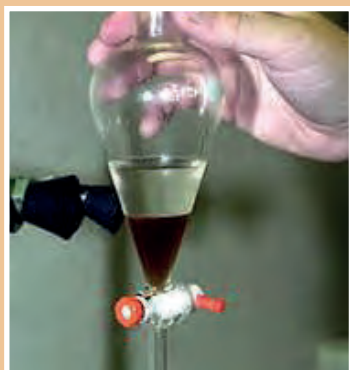


## پودمان ۵

# دستگاه‌های جداکننده



جداسازی اجزای یک محلول یا مخلوط از یکدیگر، یکی از مهم‌ترین فرایندهای صنایع شیمیایی است. فرایند جداسازی می‌تواند شامل جدا کردن اجزای یک مخلوط با استفاده از عملیات صاف کردن و غربال کردن و یا جدا کردن اجزای یک محلول از طریق عملیات انتقال جرم مانند تبخیر و تقطیر باشد.

## واحد یادگیری ۵

### کار با دستگاه‌های جداکننده

#### مقدمه

هدف بسیاری از عملیات در صنایع شیمیایی، جداسازی اجزای یک محلول یا مخلوط از یکدیگر و دستیابی به یک ماده خالص است. عملیات جداسازی می‌تواند شامل جدا کردن اجزای یک مخلوط با استفاده از عملیات صاف کردن و غربال کردن (الک کردن) و یا جدا کردن اجزای یک محلول از طریق عملیات انتقال جرم از قبیل تقطیر و 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 انسان‌ها دارند.

#### استاندارد عملکرد

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

شایستگی‌های غیر فنی:

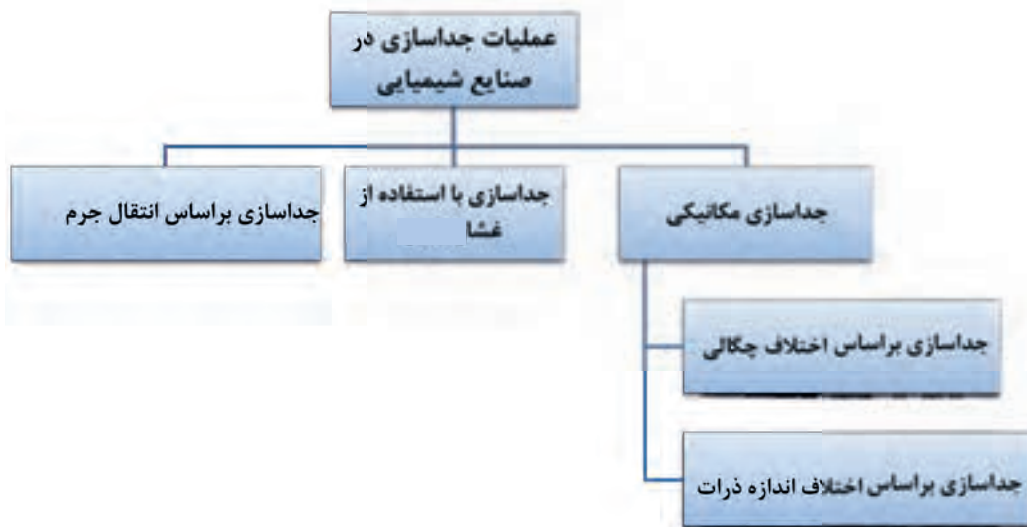
- ۱- اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت‌شناسی، انجام دادن وظایف و کارهای محول، پیروی از قوانین؛
- ۲- مدیریت منابع: شروع به کار به‌موقع، مدیریت مؤثر زمان، استفاده از مواد و تجهیزات؛
- ۳- کار گروهی: حضور فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام دادن کارها و وظایف محول؛
- ۴- مستندسازی: گزارش‌نویسی فعالیت‌های آزمایشگاهی؛
- ۵- محاسبه و کاربست ریاضی.

شایستگی‌های فنی:

- ۱- به‌کارگیری 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 ۱



الک‌ها یا غربال‌ها وسایلی هستند که برای جداسازی ذرات جامد براساس اندازه به کار می‌روند (شکل ۵-۲). در بیشتر آنها این کار بر اساس نیروی جاذبه و با استفاده از دستگاه‌های تکان‌دهنده یا لرزاننده انجام می‌شود. صفحه مشبک الک‌ها به وسیله سیم بافته می‌شود و اندازه سوراخ‌های آن دارای مقدارهای استاندارد و معینی است. برای بیان قطر سوراخ‌های الک‌ها از یکای میکرون یا مش استفاده می‌شود.



ب



الف

شکل ۵-۲ (الف) یک نمونه الک (غربال)، (ب) مجموعه الک‌ها بر روی دستگاه لرزاننده

به‌طور مثال برای الک کردن خاک از تعدادی الک که بر روی یکدیگر چیده شده‌اند و اندازه‌های آنها از بالا به پایین کوچک‌تر می‌شود، استفاده می‌کنند. در شکل ۵-۲ - ب خاک را بر روی الک بالایی می‌ریزند و با یک دستگاه لرزاننده، مجموعه الک‌ها را تکان می‌دهند. بر روی هر الک دانه‌های ریزتر از سوراخ‌های الک عبور می‌کند 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 به درصد جرمی (وزنی) دانه‌ها بر روی هر الک از تعریف‌های پودمان اول و فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$100 \times \frac{\text{جرم (وزن) دانه‌های باقی‌مانده بر روی هر الک}}{\text{جرم (وزن) خاک اولیه}} = \text{درصد جرم (وزنی) دانه‌های باقی‌مانده بر روی هر الک}$$

### جداسازی بر اساس اختلاف چگالی

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

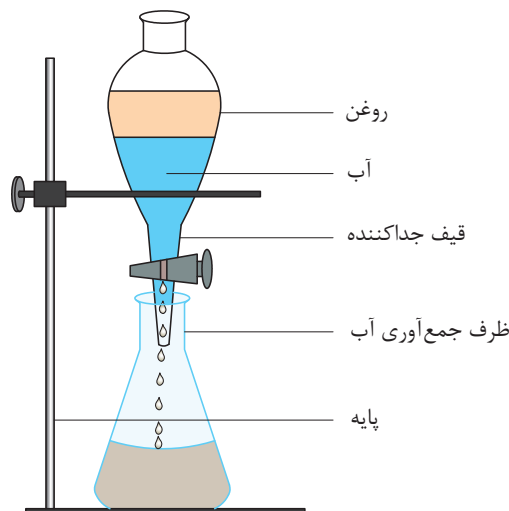
به نظر شما چگونه می‌توان مخلوط آب و روغن را از هم جدا کرد؟

فکر کنید ۱



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

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



شکل ۵-۳- 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 کنید و سپس مخلوط را در داخل قیف جداکننده بریزید. مطمئن باشید که شیر قیف جداکننده بسته باشد. چند دقیقه صبر کنید تا آب و روغن کاملاً از هم جدا شوند. سپس با باز و بسته کردن شیر آب و روغن را از هم جدا کنید.

فعالیت  
آزمایشگاهی ۱



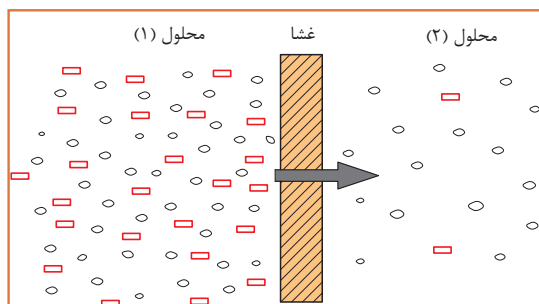
توجه داشته باشید که مجموع حجم آب و روغن یا آب و نفت از حجم قیف جداکننده بیشتر نباشد.

نکته ایمنی ۱



## ۵-۳- جداسازی با استفاده از غشا

غشا لایه‌ای بسیار نازک است که می‌تواند اجزای یک محلول را به‌طور انتخابی جدا کند. 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 (شکل ۵-۴)، بنابراین عمل جداسازی انجام می‌شود.



شکل ۵-۴- فرایند انتقال از میان غشا

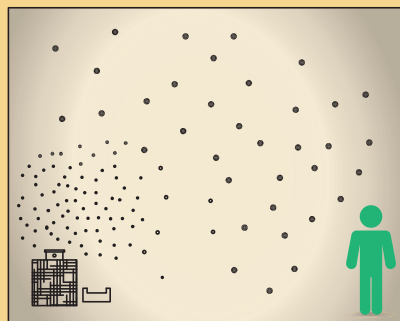
از انواع کاربردهای غشا به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

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

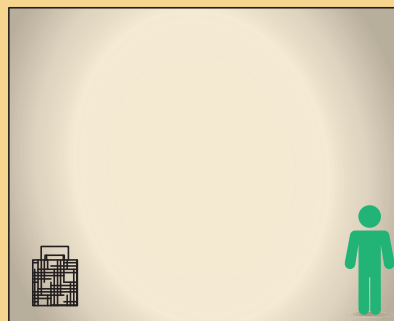
## ۵-۴- جداسازی براساس عملیات انتقال جرم

شکل الف اتاقی را نشان می‌دهد که در یک گوشه آن شیشه عطری قرار دارد. در شکل ب درپوش شیشه عطر باز شده است. فردی که در گوشه دیگر اتاق نشسته است، پس از گذشت لحظه‌ای بوی عطر را احساس می‌کند. به نظر شما چه اتفاقی افتاده است؟

بحث گروهی ۱

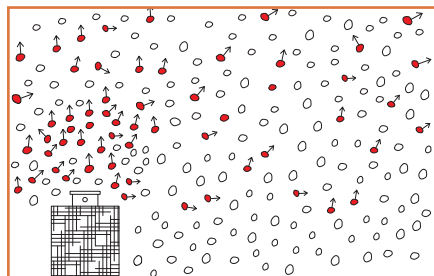


ب



الف

وقتی درپوش شیشه عطر باز می‌شود، مولکول‌های عطر از لابه‌لای مولکول‌های هوا حرکت می‌کند و در اتاق پخش می‌شوند. مولکول‌ها 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 را از بین ماده دیگر انتقال جرم می‌گویند. عملیات انتقال جرم معمولاً به دو روش انجام می‌شود:

**نفوذ مولکولی:** اگر انتقال جرم فقط به دلیل حرکت مولکول‌ها از لابه‌لای یکدیگر انجام شود، به آن نفوذ مولکولی 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 شیشه عطر در باز، پخش مولکول‌های عطر در هوا به کدام روش انجام می‌شود؟ اگر پنجره اتاق باز باشد و جریان هوایی در اتاق برقرار شود، بوی عطر زودتر به مشام می‌رسد. چرا؟

بحث گروهی ۲



در یک ظرف 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 ۲





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

فرض کنید گازهای خروجی از یک کارخانه تولید محصولات شوینده، آلوده به گاز 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 پخش‌کننده به صورت قطرات ریز 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 شدن انتقال جرم، اجزای تشکیل‌دهنده هر یک از مواد دارای غلظت‌های متفاوتی خواهند بود. تماس مستقیم دو ماده نامحلول در یکدیگر شامل موارد زیر می‌شود.

### تماس گاز - مایع

تماس گاز - مایع فرایندهای تقطیر، جذب و دفع 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) جذب و دفع:** 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، فرایند جذب سطحی است؛ برای مثال، در پالایشگاه‌های گاز، گاز طبیعی به همراه مقداری رطوبت تولید می‌شود. این رطوبت در پالایش گاز عامل مزاحم است و باید حذف شود. 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 می‌شود و 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، از مایع دیگری که حلال نامیده می‌شود، جدا می‌شود.

### تماس مایع - جامد

متداول‌ترین فرایند تماس مایع - جامد، استخراج جامد - مایع نامیده می‌شود. در این فرایند اجزای موجود در یک مخلوط جامد، توسط یک مایع (حلال) جدا می‌شود.

بارزترین نمونه استخراج مایع - جامد در زندگی روزمره چیست؟

بحث گروهی ۳



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

پرسش ۴



جداسازی با استفاده از غشا	جداسازی با استفاده از عملیات انتقال جرم	جداسازی بر اساس اختلاف چگالی	جداسازی بر اساس اختلاف اندازه	
				جداسازی سنگریزه‌ها از خاک
				جداسازی گاز کلر از هوا (تماس هوا و آب)
				جداسازی آب از نفت
				دم کردن چای
				تصفیه آب خانگی
				جداسازی گردو خاک از هوا

## ۵-۵- جداسازی به روش تقطیر

فیلم مربوط به تقطیر را مشاهده کنید و در پایان گزارش آن را تهیه کنید.

فیلم ۱



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

پرسش ۵



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

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 فرّار گفته می‌شود.

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

پرسش ۶



### قابلیت تبخیر

اصطلاح قابلیت تبخیر، 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 و قابلیت تبخیر آن زیاد است و برعکس مایعی که دارای نقطه جوش بالایی است، فشار بخار و قابلیت تبخیر کمی دارد.

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

تحقیق کنید ۱



جرم مولکولی	فشار بخار	نقطه جوش	ماده
			پنتان
			هگزان



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 وجود دارد. این مخلوط را داخل ظرفی ریخته، آن را گرما می‌دهیم. با رسیدن دمای مخلوط به دمای نقطه جوش پنتان، پنتان شروع به تبخیر شدن می‌کند. با ادامه گرما 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 هستند 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 شهر کاشان بازدید داشته‌اید؟ به نظر شما گلاب‌گیری کدام یک از روش‌های جداسازی است؟

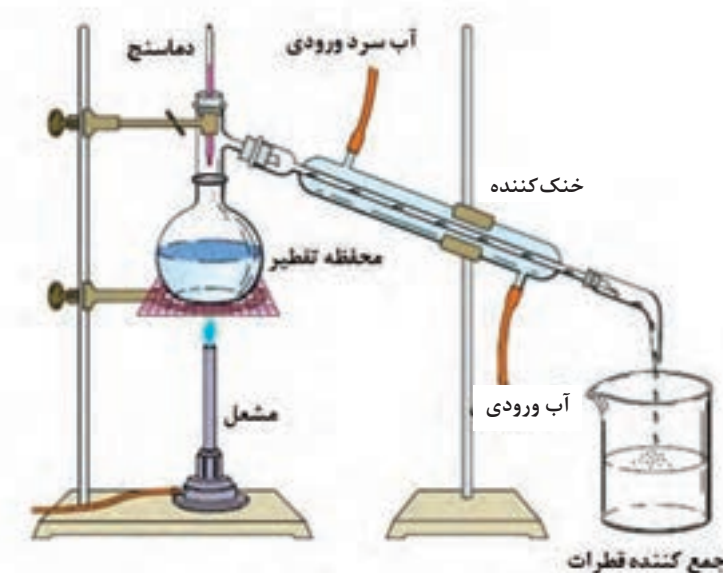


تقطیر ساده یکی از ساده‌ترین روش‌های جداسازی است. در این روش ابتدا خوراک مایع را به مخزن تقطیر وارد می‌کنند و گرما می‌دهند. در اثر جوشیدن مایع، قسمتی از آن بخار می‌شود و از بالای مخزن وارد یک خنک‌کننده (مبرد) می‌شود و تبدیل به مایع می‌شود. این بخار مایع شده، نسبت به مایع باقی‌مانده در مخزن، دارای اجزای 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

مواد مورد نیاز	وسایل مورد نیاز
آب اتانول	بالن ته‌گرد، خنک‌کننده، دماسنج، پایه و گیره، سه‌راهی شیشه‌ای، سنگ جوش، ظرف جمع‌آوری و گرم‌کن



شکل ۶-۵- سامانه تقطیر ساده

### روش کار:

- ۱- مقدار مساوی از آب و اتانول را در بالن ته‌گرد بریزید و درون آن تعدادی سنگ جوش بیندازید؛
- ۲- اگر برای گرما 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 دهید و سه‌راهی را به سر بالن نصب کنید؛
- ۴- خنک‌کننده را به سه‌راهی وصل کنید و بلافاصله آن را با گیره محکم کنید؛
- ۵- شیلنگ‌های ورودی و خروجی آب سرد را به خنک‌کننده وصل کنید و جریان آب را به اندازه کافی باز کنید؛

- ۶- در خروجی خنک‌کننده 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 ۸۰ درجه سلسیوس ثابت نگه دارید؛
- ۹- پس از اینکه نصف محلول داخل بالن تبخیر شد، وسیله گرم‌کننده را خاموش کنید؛
- ۱۰- کمی تأمل کنید تا تمام بخارات داخل خنک‌کننده به‌طور کامل به مایع تبدیل شود؛
- ۱۱- میزان تقریبی اتانول موجود در ظرف جمع‌آوری محصول را اندازه‌گیری کنید.

نکته



به نکات زیر پیش 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 خنک‌کننده وجود دارد.
- مخزن دماسنج باید پایین‌تر از شاخه جانبی سه راهی 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.

نکته ایمنی ۲



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



۱- محصول به دست 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 بالاتر دست یافت؟

۲- تقطیر ساده برای چه محلول‌هایی مناسب است؟

### تقطیر چند مرحله‌ای

تقطیر ساده، یک فرایند تک‌مرحله‌ای است و به همین علت محصول این روش، خلوص بالایی ندارد. برای افزایش میزان خلوص می‌توان محصول مایع به دست آمده را دوباره وارد مخزن تقطیر کرد و عملیات تقطیر را تکرار نمود و این فرایند را تا جایی ادامه داد که محصول به دست آمده به خلوص مطلوب 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 (به طور 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. فرایند تقطیر چند مرحله‌ای دارای برج‌های تقطیر سینی‌دار و برج‌های آکنده (یا پرشده حاوی) آکنه است.

### برج تقطیر سینی‌دار

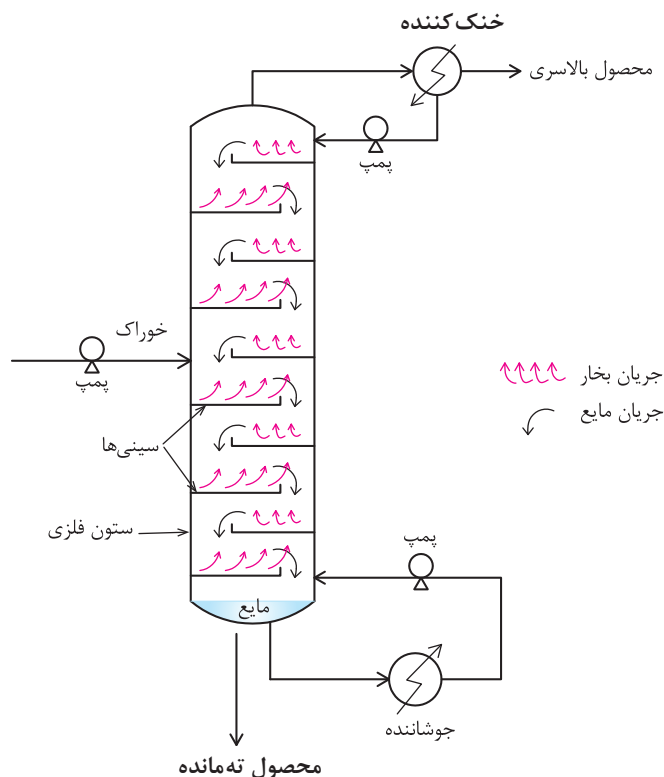
یکی از پرکاربردترین برج‌های تقطیر در صنعت، برج تقطیر سینی‌دار است. این برج تقطیر استوانه‌ای است از جنس فلز که با سینی‌های سوراخ‌دار افقی به چندین قسمت تقسیم شده است. در این برج، هر سینی نقش یک مرحله تقطیر ساده را دارد. یک طرح کلی از برج تقطیر سینی‌دار در شکل ۷-۵ نشان داده شده است. برج تقطیر سینی‌دار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

۱- ستون (برج)؛

۲- سامانه جوشاننده؛

۳- سامانه خنک‌کننده؛

۴- سینی‌ها.



شکل ۷-۵- برج تقطیر چند مرحله‌ای

در فرایند تقطیر، سامانه جوشاننده گرمای لازم برای انجام شدن عمل تقطیر و جداسازی اجزای یک محلول را تأمین می‌کند. بخار ایجاد شده به وسیله جوشاننده از پایین وارد برج می‌شود و به سمت بالا حرکت می‌کند. بخار بالارونده 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 می‌شود و بخشی از ترکیبات فرار مایع تبخیر می‌شوند و وارد بخار می‌گردند. بخشی از ترکیبات سنگین بخار نیز با از دست دادن گرما مایع می‌شود و به مایع پایین‌رونده در برج می‌پیوندد. 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 خنک‌کننده 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 جمع‌شده در انتهای برج نیز خارج شده، قسمتی از آن به عنوان محصول ته‌ماند جمع‌آوری می‌شود و باقیمانده وارد سامانه جوشاننده می‌شود تا به بخار تبدیل شود. بخار خروجی از جوشاننده به داخل برج بازگردانده می‌شود. خوراک ورودی به برج می‌تواند به صورت مایع و یا ترکیبی از مایع و بخار باشد، محل ورود خوراک را خط خوراک می‌نامند.

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

تحقیق کنید ۲

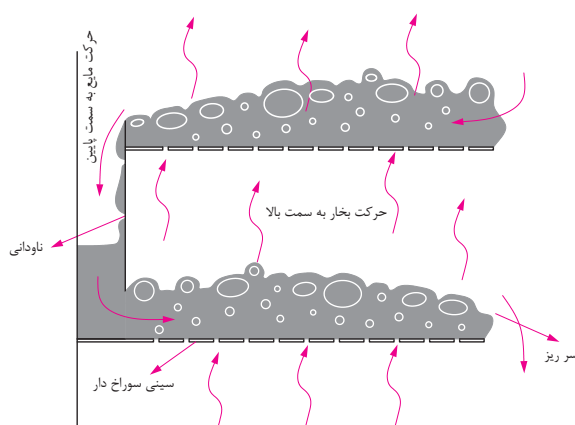




فیلم مربوط به شیوه حرکت مایع و بخار در داخل برج تقطیر را مشاهده کنید و گزارش آن را تهیه کنید.

### شیوه حرکت مایع و بخار در داخل برج تقطیر

شکل ۵-۸ طرح ساده‌ای از شیوه 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 می‌گیرند و اجزای سبک در مایع به بخار و اجزای سنگین در بخار به مایع منتقل می‌شوند.



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

همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، برای نگه‌داشتن 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 عبارت‌اند از: سینی‌های غربالی، سینی‌های دریچه‌ای و سینی‌های کلاهکی (شکل ۵-۹).



سینی غربالی



سینی دریچه‌ای



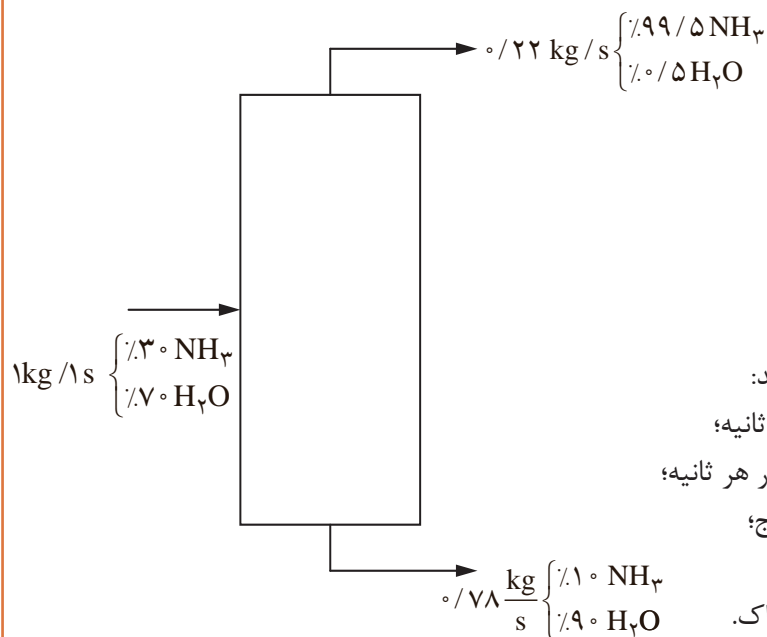
سینی کلاهکی

شکل ۵-۹- انواع سینی‌های برج تقطیر





گزارشی از جداسازی آب و آمونیاک در یک برج تقطیر سینی‌دار طبق شکل مشاهده می‌شود. در این برج در هر ثانیه یک کیلوگرم محلول  $30^\circ$  درصد جرمی آمونیاک در آب، به صورت خوراک وارد برج می‌شود و از بالای برج  $22^\circ$  کیلوگرم در ثانیه و از پایین برج  $78^\circ$  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 جدانشده از آب؛
- ۵- بازده جداسازی آمونیاک از خوراک.

### جداسازی آب و اتانول با استفاده از برج تقطیر سینی‌دار



مواد لازم	وسایل لازم
آب	برج تقطیر سینی‌دار
اتانول	

## روش کار:

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

چگونگی فرایند تقطیر در برج‌های سینی‌دار را مشاهده کنید و گزارش آن را تهیه کنید.

در مورد ملاحظات زیست - محیطی پالایشگاه گزارشی تهیه کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

فیلم ۳



فعالیت  
گروهی ۱



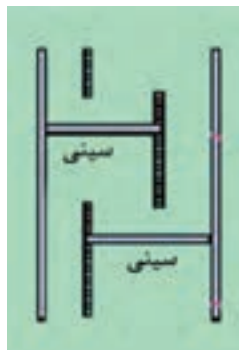
پرسش ۱۲



- 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 صافی‌ها 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 پودمان به آن اشاره شد مایعاتی که دارای اختلاف چگالی هستند را می‌توان توسط قیف جداکننده از هم جدا کرد. آیا جامدات را نیز می‌توان بر اساس اختلاف چگالی از هم جدا کرد؟ مثال بزنید.



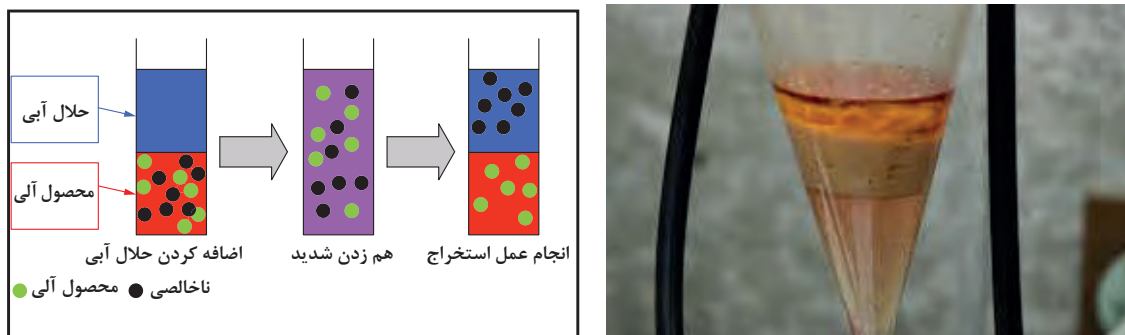
- ۴- شیوه جریان بخار و مایع در یک برج تقطیر را بر روی شکل زیر مشخص کنید.



- 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 بازده برج دارد؟

## ۶-۵- جداسازی به روش استخراج

استخراج فرایندی است که در آن اجزای موجود در یک محلول مایع یا مخلوط جامد، به وسیلهٔ مایع دیگر (حلال<sup>۱</sup>) جدا می‌شود. زمانی که عمل استخراج با مایعی از یک مخلوط جامد صورت پذیرد، آن را فرایند استخراج جامد - مایع<sup>۲</sup> می‌گویند و زمانی که فاز اولیه که جداسازی از آن صورت می‌پذیرد، مایع باشد، فرایند را استخراج مایع - مایع می‌نامند (شکل ۵-۱۰).



شکل ۵-۱۰ - استخراج مایع - مایع

یک فرایند استخراج جامد - مایع معمولی را نام ببرید.

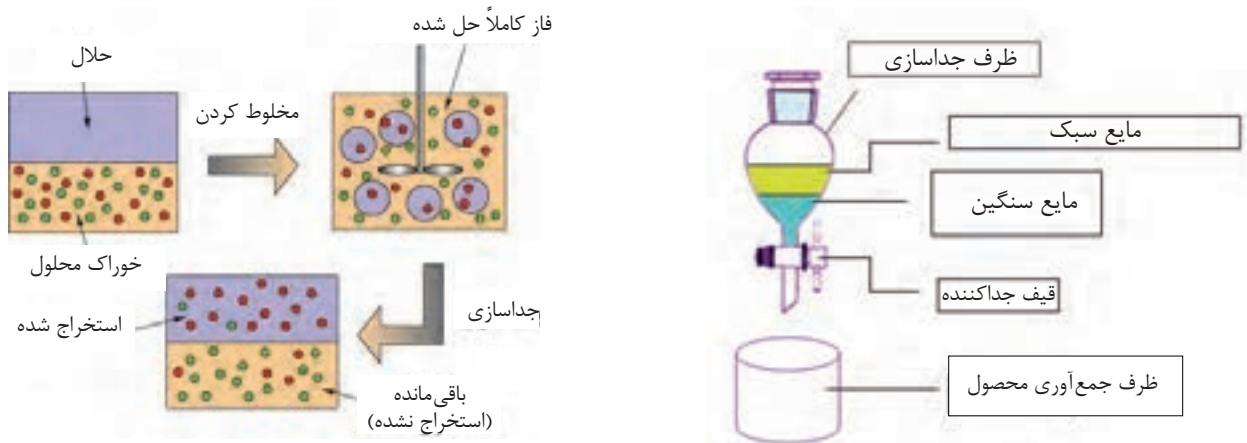
پرسش ۱۳



### استخراج مایع - مایع

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

- ۱- Solvent
- ۲- Leaching
- ۳- Feed
- ۴- Solute
- ۵- Extract
- ۶- Raffinate



شکل ۱۱-۵ فرایند استخراج مایع - مایع

فیلم استخراج مایع - مایع را مشاهده کنید و گزارش آن را تهیه کنید.

فیلم ۴

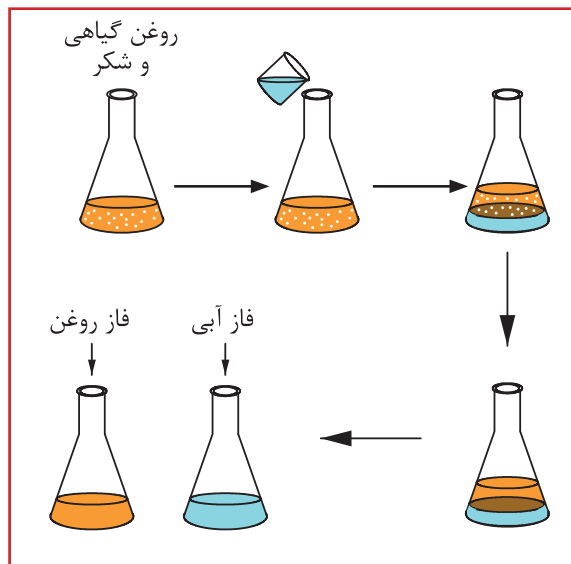


۱- مقدار ۳ گرم شکر را در ۳۰ میلی‌لیتر روغن گیاهی مایع بریزید و مخلوط را به خوبی تکان دهید. شکر را از مخلوط جدا کنید. آیا به نظر شما صاف کردن این مخلوط راه‌حل مناسبی است؟ چه راه‌حل دیگری را پیشنهاد می‌کنید؟ دلیل جدایی آب و روغن و تشکیل دو فاز مجزا چیست؟

۲- روغنی را که بر روی آب قرار گرفته است از بشر خارج کنید. در این آزمایش جزء حل‌شونده (شکر) را از روغن با حلال (آب) با روش استخراج مایع - مایع جدا کرده‌اید.

فعالیت  
آزمایشگاهی ۳





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 فرایند جداسازی استفاده می‌شود:  
 الف) در مواقعی که جداسازی لازم است در دمای پایین انجام شود تا جزء حل شونده تجزیه حرارتی نگردد؛  
 ب) در مواقعی که مقدار جزء حل شونده بسیار کم است و عمل تقطیر موجب صرف انرژی بیش از حد برای تغییر فاز مواد از حالت مایع به بخار می‌شود.  
 پ) مواقعی که نقطه جوش مواد به هم نزدیک است و تقطیر باعث تبخیر همه مواد بدون جداسازی شود.

به نظر شما در هریک از فرایندهای زیر، به چه دلیل عمل استخراج مایع - مایع پیشنهاد می‌شود؟  
 الف) جداسازی اسیداستیک از آب در غلظت‌های کم؛  
 ب) جداسازی اسیدهای چرب و ویتامین‌ها از روغن‌های گیاهی؛  
 پ) جداسازی آنتی‌بیوتیک‌ها از فاز آبی.





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 حل شونده از حلال نیاز به تقطیر و مصرف انرژی هم دارد. آیا بهتر نیست از همان ابتدا، حل شونده از مخلوط با تقطیر جدا شود؟

## انتخاب حلال

حلالی که برای استخراج مایع - مایع انتخاب می شود، باید خواص زیر را داشته باشد:  
 الف) حلال باید بتواند حل شونده را بیش از دیگر اجزای موجود در خوراک در خود حل کند؛  
 ب) نقطه جوش حلال و حل شونده با هم اختلاف قابل ملاحظه‌ای داشته باشد تا بتوان آنها را به راحتی با فرایند تقطیر جدا کرد؛  
 پ) چگالی حلال باید با چگالی خوراک اختلاف قابل قبولی داشته باشد تا بتوان آنها را از هم جدا کرد؛  
 ت) حلال باید در تماس با خوراک و حل شونده پایدار بماند و با آنها وارد واکنش شیمیایی نشود.



به نظر شما حلال باید چه ویژگی‌های دیگری داشته باشد تا فرایند استخراج مایع - مایع ایمن تر و اقتصادی تر انجام شود؟



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

## محاسبات استخراج

برای محاسبه مقدار جزء حل شونده که از خوراک وارد حلال می شود، از ضریبی به نام ضریب توزیع<sup>۱</sup> استفاده می شود که آن را با  $K_D$  نشان می دهند. این ضریب به صورت ذیل تعریف می گردد:

$$K_D = \frac{\text{غلظت حل شونده در فاز استخراج شده}}{\text{غلظت حل شونده در فاز باقی مانده}}$$



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

### مثال ۱:

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

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

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

محلول حاوی ۵۰ میلی لیتر آب و ۵ میلی مول بنزوییک اسید است. به این محلول ۲۰ میلی لیتر دی کلرومتان اضافه شده است و پس از هم زدن، به مخلوط اجازه داده می‌شود تا فاز پس مانده و استخراج شده از هم جدا شوند. نتایج نشان می‌دهد که ۰/۸۸ میلی مول بنزوییک اسید در فاز آبی باقی می‌ماند. مطلوب است محاسبه ضریب توزیع بنزوییک اسید در حلال دی کلرومتان و بازده استخراج تک مرحله‌ای.



$$\text{بازده استخراج} = \frac{\text{مقدار حل شونده در فاز استخراج شده}}{\text{مقدار حل شونده در خوراک}} \times 100$$



- ۱- در صنایع پالایش روغن موتور از روش استخراج مایع - مایع چه استفاده‌ای می‌شود؟
- ۲- آیا می‌توانید برای فرایند استخراج مایع - مایع در صنایع هسته‌ای، کاربردی را بیابید؟

## ۷-۵- دستگاه‌های استخراج

همان‌طور که ذکر شد، شرط امکان‌پذیری فرایند استخراج مایع - مایع، اختلاف چگالی بین خوراک و حلال است. نقش اصلی یک دستگاه استخراج آن است که یکی از فازها (حلال یا خوراک) را در دیگری پخش کند تا عمل انتقال حل‌شونده از خوراک به حلال صورت بگیرد و سپس فازهای استخراج‌شده و پس‌مانده از یکدیگر جدا شوند. 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 می‌کند. اما در آب حل نمی‌شود. پس برای جداسازی می‌توان ستونی را از آب و استون پرکرد و تولوئن را که چگالی کمتری نسبت به آب دارد، از پایین در داخل ستون و به‌صورت قطرات وارد کرد. تولوئن به‌صورت قطرات در برج بالا می‌رود و استون را در خود حل می‌کند. 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، نقشه یا شکل ساده‌ای را برای برج جداسازی ارائه کنید.

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.

پ) فاز استخراج‌شده و پس‌مانده را پس از تبادل جزء حل‌شونده، از هم جدا می‌کند.

مطابق با شکل ۵-۱۳، دستگاه‌های استخراج را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم‌بندی کرد که عبارت‌اند از:

۱- مخلوط و ته‌نشین‌کننده<sup>۳</sup>

۲- تماس‌دهنده‌های ستونی<sup>۴</sup>

۳- استخراج‌کننده‌های گریز از مرکز<sup>۵</sup>

۱- Continuous Phase

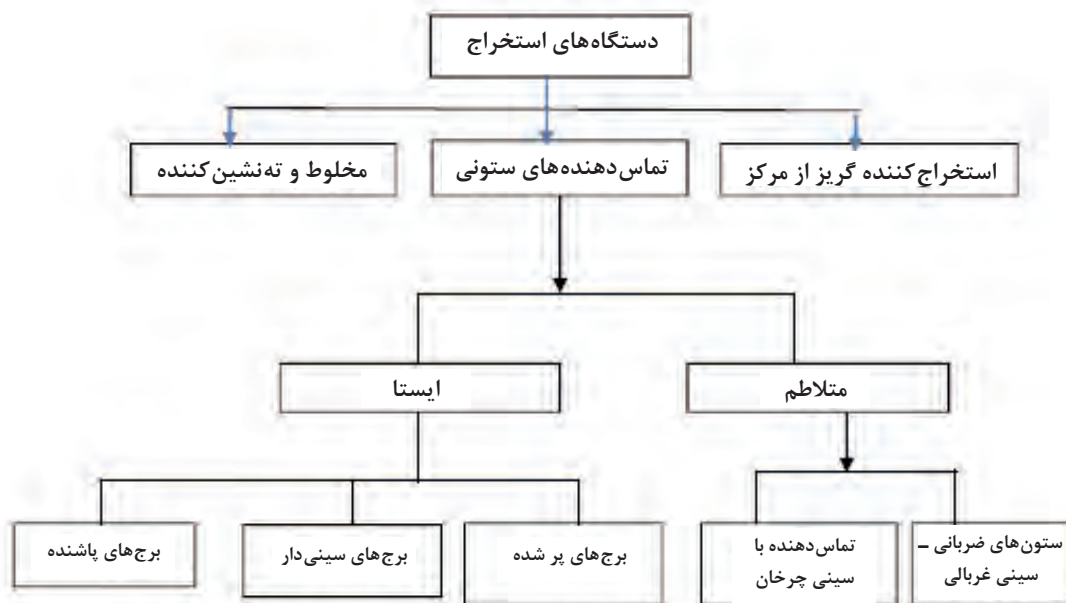
۲- Dispersed Phase

۳- Mixer-Settler

۴- Column Contactors

۵- Centrifugal Extractors

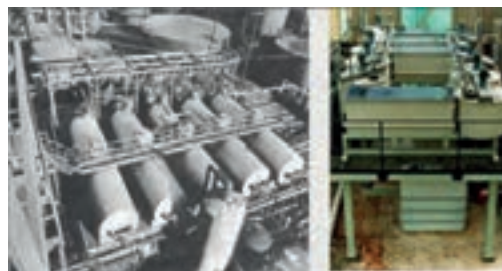
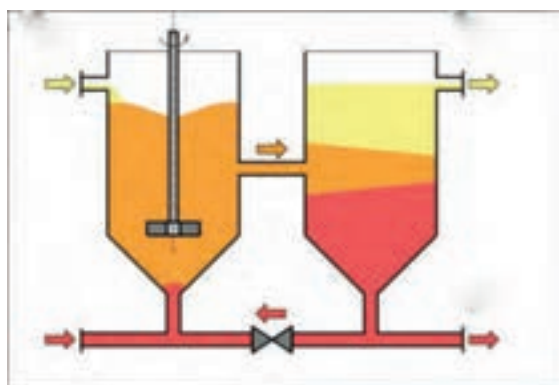




شکل ۱۳-۵ - تقسیم‌بندی دستگاه‌های استخراج

### دستگاه مخلوط کننده - ته‌نشین کننده

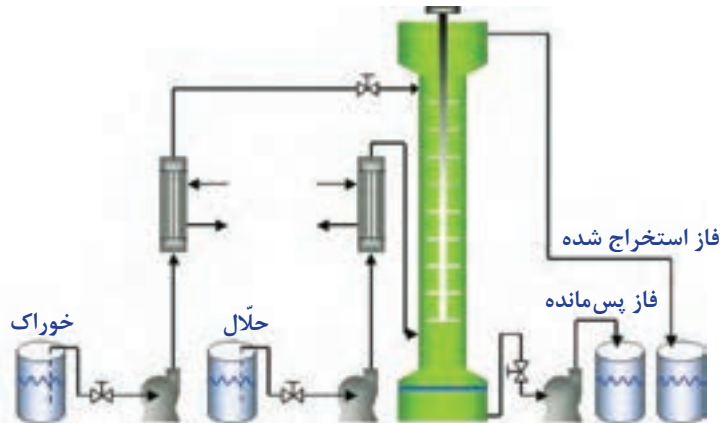
این نوع تجهیز، ساده‌ترین دستگاه استخراج مایع - مایع است که خوراک و حلال در یک مخزن با یک همزن به‌خوبی مخلوط شده و سپس برای ته‌نشینی به مخزن دیگر هدایت می‌شود (شکل ۱۴-۵). زمان اختلاط و ته‌نشینی توسط آزمایش‌های عملی تعیین می‌شود، اما به ترتیب زمان‌های ۵ و ۱۰ دقیقه را می‌توان به عنوان تخمین اولیه در نظر گرفت. این نوع استخراج کننده 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 ۱۴-۵ - دستگاه‌های استخراج مخلوط کننده 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 ۱۵-۵). در نوع ایستا قطعه متحرکی وجود ندارد و فاز سبک و سنگین تنها به دلیل اختلاف چگالی، در طول ستون حرکت می‌کنند. اما در نوع متلاطم، یک عامل مکانیکی موجب اختلاط خوراک و حلال در طول ستون می‌شود.



شکل ۱۵-۵ - فرایند استخراج مایع - مایع با تماس دهنده‌های ستونی

## دستگاه استخراج گریز از مرکز

در این نوع استخراج‌کننده، محفظه استوانه‌ای شکل که دارای پوسته سوراخ‌دار هم مرکز است و روی یک محور افقی نصب شده است با سرعت ۳۰ تا ۸۵ دور در ثانیه می‌چرخد. مایعات (خوراک و حلال) از داخل محور وارد دستگاه می‌شوند (شکل ۱۶-۵). مایع سنگین در راستای قسمت بیرونی، به طرف خارج و مایع سبک به سمت داخل حرکت می‌کند.

این نوع استخراج‌کننده‌ها بسیار گران‌قیمت 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 حساس به دما مانند آنتی‌بیوتیک‌ها و ویتامین‌ها است.



شکل ۱۶-۵ - 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 استخراج‌کننده گریز از مرکز چیست؟

بیشتر دانه‌های روغنی حاوی ۱۲ تا ۶۵ درصد روغن هستند و با توجه به درصد روغن یکی از دو روش استخراج به وسیله فشار (پرس) و استخراج با حلال استفاده می‌شود؛ البته 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 فشار و سپس استخراج با حلال پیشنهاد می‌شود.

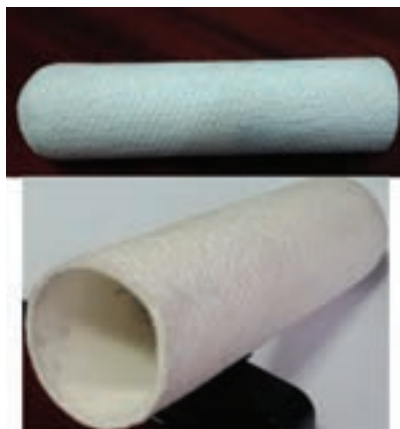
سازوکار فرایند استخراج روغن در حقیقت همان فرایند یا استخراج از درون جامد با مایع (حلال) است و بر این اساس استوار است که روغن تا زمانی که حل شدن حلال (نرمال هگزان) به حد سیرشده نرسیده باشد، در آن حل شده و از خلل و فرج دانه‌های روغنی خارج می‌شود و زمانی که حل شدن در حلال (هگزان) به حد سیرشده رسید، یک تعادل 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 دما، مدت زمان استخراج، میزان حلال، درصد رطوبت دانه، شکل هندسی و اندازه ذرات پولک‌شده بر فرایند 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 مقدارهای متفاوت گیاه ساخته شده است.

مطابق شکل ۱۷-۵، دستگاه سوکسله از چهار قسمت منبع گرمایی، بالن، دستگاه سوکسله و خنک‌کننده تشکیل می‌شود. با این دستگاه می‌توان در سطح آزمایشگاهی از چند گرم تا چند کیلوگرم پودر گیاه را به کار برد. نمونه در مخزن سوکسله شکل (۱۸-۵) ریخته می‌شود و حلال در بالن ریخته می‌شود که در اثر گرما حلال بخار می‌شود و روی نمونه می‌ریزد. این چرخه وقتی که مخزن سوکسله پرشد، از طریق سیفون نازک شیشه‌ای دوباره به بالن برمی‌گردد و به این ترتیب چرخه تکرار می‌شود.

۱- Franz von Soxhlet



شکل ۱۸-۵- مخزن سوکسله



شکل ۱۷-۵- شمای ساده‌ای از سوکسله



### استخراج پیوسته به وسیله سوکسله

فعالیت  
آزمایشگاهی



مواد لازم	وسایل لازم
مغز گردو و اترنفت (پترولیوم اتر).	کاغذ صافی انگشتی، ترازو، سوکسله، بالن ته‌گرد، بشر، خنک‌کننده، گرم‌کن برقی، شیلنگ، گیره و پایه.

### شرح آزمایش

- ۱- مقدار ۱۰ گرم مغز گردو را خرد کنید (هرچه ذرات خردتر باشد بهتر است).
- ۲- گردوهای خردشده را داخل کاغذ صافی انگشتی<sup>۱</sup> بریزید و به آرامی وارد سوکسله کنید.
- ۳- داخل بالن ته‌گرد ۲۰۰ میلی‌لیتر اتر نفت بریزید و آن را به گیره ببندید.
- ۴- در این مرحله سوکسله و خنک‌کننده را روی بالن نصب کنید.
- ۵- شیر آب را باز کنید تا آب درون خنک‌کننده جریان یابد.
- ۶- در این مرحله گرمکن زیر بالن را روشن کنید.
- ۷- وقتی که اولین قطره حلال تقطیر شد و از سر خنک‌کننده چکه کرد، زمان را ثبت کنید. (توجه داشته باشید دستگاهی که نصب کرده‌اید، کاملاً عمودی باشد تا قطره‌های حلال روی مواد درون کاغذ بریزد).
- ۸- استخراج را به مدت پنج ساعت ادامه دهید.

۱- Thimble

نکته



هر چه زمان استخراج بیشتر باشد، روغن بیشتری استخراج می‌شود.

۹- بعد از پنج ساعت گرم کردن را قطع کنید و اجازه دهید سامانه خنک شود و همه بخارات در خنک کننده سرد و وارد فاز مایع شوند.

۱۰- ابتدا خنک کننده را بردارید و سپس سوکسله و در مرحله آخر بالن را از گیره جدا کنید.

۱۱- محتویات بالن را به بشر انتقال دهید و بگذارید حلال تبخیر شود. جرم روغن استخراج شده را حساب کنید و درصد روغن را به دست آورید.

نکته



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

برای راحتی اندازه‌گیری جرم روغن، بهتر است بشر خشک را پیش از ریختن محلول وزن کنید و در مرحله آخر بشر و روغن را با هم توزین کنید و سپس جرم بشر را از آن کم کنید.

نکته ایمنی ۳



- در طول انجام دادن آزمایش باید شیلنگ‌های خنک کننده را به شکل مناسب تنظیم کنید و مراقب باشید شیلنگ‌ها با سطوح داغ تماس نداشته باشد، زیرا باعث ذوب شدن شیلنگ می‌شود.

- باید در تمام طول انجام دادن آزمایش آب درون خنک کننده جریان داشته باشد در غیر این صورت بخارات محلول از سامانه خارج می‌شود.

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

## ارزشیابی شایستگی پودمان 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 دادن کار وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.

### استاندارد عملکرد:

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

### شاخص‌ها:

- رعایت مسائل ایمنی در هنگام انجام دادن کار
- انجام دادن کار طبق دستور کار.

### شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه و آزمایشگاه      زمان: یک جلسه آموزشی  
 ابزار و تجهیزات: برج‌های تقطیر پر شده و سینی‌دار، الک‌ها، لوازم شیشه‌ای آزمایشگاهی، دستگاه سوکسله و گرمکن برقی

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	کمترین نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	به کارگیری روش‌های جداسازی در صنایع شیمیایی	۲	
۲	کار با برج‌های تقطیر	۲	
۳	کار با برج‌های استخراج	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- ایمنی: انجام دادن کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی؛ ۲- نگرش: ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام دادن کار بدون ریخت و پاش؛ ۴- شایستگی‌های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای، ۲- مدیریت منابع، ۳- محاسبه و کاربست ریاضی، ۵- مستندسازی: گزارش نویسی.	۲	
	<b>میانگین نمرات</b>		*

\* کمترین میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.

- ۱- برنامه درسی درس عملیات و دستگاه‌ها در صنایع شیمیایی رشته صنایع شیمیایی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش، ۱۳۹۲.
- ۲- ارنست لودویگ، «طراحی فرآیندهای کاربردی»، جلد سوم، ویرایش سوم، ۲۰۰۱.
- ۳- استنلی والاس، ۲۰۱۲، «تجهیزات فرآیندهای شیمیایی»، ویرایش سوم.
- ۴- «استاندارد مهندسی برای طراحی فرآیندی و انتقال مایع و گاز و ذخیره سازی»، استانداردهای نفت ایران شماره IPS-E-PR-۳۶۰، ویرایش اول، اسفند ۱۳۸۷.
- ۵- اکتاو لوناشپیل، ترجمه: مرتضی سهرابی، ۱۳۹۲، چاپ چهارم، طراحی رآکتورهای شیمیایی، انتشارات دانشگاه امیرکبیر.
- ۶- بهمنیار، حسین ۱۳۹۴. انتقال جرم، تهران، جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.
- ۷- توفیقی، سید پندار، صدرایی نوری، ساسان، ۱۳۹۴، عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی، چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- ۸- توفیقی سید پندار، صدرایی نوری ساسان، ۱۳۹۴، کارگاه عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی، چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- ۹- چالکش امیری، محمد ۱۳۸۶ اصول انتقال جرم، تهران، انتشارات ارکان.
- ۱۰- خراط ریاض، محبی، علی، فضائلی‌پور، محمدحسن، ۱۳۸۸، «اصول موازنه مواد و انرژی در مهندسی شیمی و نفت»، چاپ اول انتشارات دانشگاه شهید باهنر.
- ۱۱- دیویدهمیل بلاو، مرتضی سهرابی، ۱۳۹۲، اصول بنیانی و محاسبات در مهندسی شیمی، چاپ بیست و دوم، انتشارات امیرکبیر.
- ۱۲- رازی فر، مهدی، ۱۳۹۴، طراحی تجهیزات فرآیندی، انتشارات اندیشه سرا.
- ۱۳- رابرت تربیال ۱۹۸۱. عملیات واحد، ترجمه: پریسا زینی ۱۳۹۳، تهران: نهر دانش.
- ۱۴- رابرت مادوکس، آنتونی هانیز ۱۹۸۴. اصول و کاربرد انتقال جرم، ترجمه: جلال الدین هاشمی و محمد علی آرون ۱۳۸۵. تهران: انتشارات آینده سازان.
- ۱۵- سمیع پور، محمد ۱۳۸۹. انتقال جرم و عملیات واحد، تهران، انتشارات پوران پژوهش.
- ۱۶- سیف محدثی، سیدرضا، محمود سلیمی، مهندسی واکنش‌ها و اصول اولیه طراحی رآکتورهای شیمیایی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی اراک، چاپ اول، زمستان، ۱۳۹۴.
- ۱۷- فرانک اینکروپرا، ۲۰۱۱، اصول انتقال حرارت و انتقال جرم، ویرایش هفتم، انتشارات آوند دانش.
- ۱۸- عابدینی، منصور، ۱۳۹۴، آزمایشگاه شیمی عمومی، چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- ۱۹- مجتهدی، علی، باقری، مهدی، ۱۳۸۷، مبانی مهندسی واکنش‌های شیمیایی و طراحی رآکتورها، چاپ اول، انتشارات جنگل.
- ۲۰- مک کیب، اسمیت - هریوت ۱۹۵۶، عملیات واحد مهندسی شیمی. ترجمه: بهرام پوستی ۱۳۹۰ تهران: نشر کتاب دانشگاهی.

۲۱- نصرزادانی، مهدی، پمپ‌ها، انواع، اصول کار، بهره برداری، تعمیرات و عیب یابی، اداره آموزش پالایشگاه نفت اصفهان.

22 - Ludwig, -Applied process design for chemical and petrochemical plants, Volume 1, third edition

23 - Harry silla, 2003, Chemical Process engineering design and economics

24 - "Improve Selection and Sizing of Storage Tanks", A. Heydari Gorji, H. Kalat Jari, Sazeh Consultant, Hydrocarbon Processing, 2006

25 - McCabe, W., Smith, J.C., & Harriott, P. (2004), Unit Operations of Chemical Engineering, 7th ed., Mc GrawHill Chemical Engineering Series.

26 - Treybal, R. E. (1990), Mass Transfer Operations, 3rd ed., Mc Graw Hill Chemical Engineering Series.







هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه  
به نشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام نگار [tvoccd@roshd.ir](mailto:tvoccd@roshd.ir) ارسال نمایند.

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

دفترتالیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کار دانش

## همکاران هنر آموز که در فرایند اعتبارسنجی این کتاب مشارکت داشته اند

- ۱- استان فارس: محسن کدیور، گوهر دیلمی راد
- ۲- استان کرمان: نعیمه سیف الدینی، 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