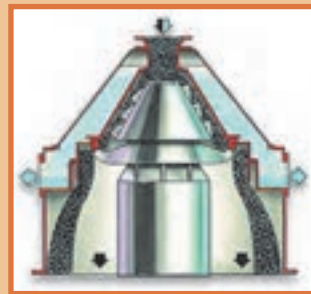


## پودمان ۳

# دستگاه‌های دوّار



انواع دستگاه‌های دوّار کاربرد گسترده‌ای در صنایع شیمیایی دارند؛ پمپ‌ها، مخلوط‌کننده‌ها، سانتریفیوژها و دستگاه‌های کاهش اندازه مواد در فرایندهای مختلف استفاده می‌شوند؛ بنابراین آگاهی از آنها و اصول عملکرد حاکم بر آنها لازم است.

## واحد یادگیری ۳

### دستگاه‌های دوّار

#### مقدمه

دستگاه و تجهیزات دوّار، وسایلی هستند که انرژی جنبشی را به یک فرایند اضافه می‌کنند به طوری که باعث انتقال مواد و یا تغییر شکل در مواد می‌شوند. از تجهیزات دوّاری که در صنایع شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌توان به پمپ‌ها، مخلوط‌کن‌ها و سانتریفیوژها اشاره کرد. پمپ‌ها برای افزایش فشار مایعات استفاده می‌شوند و دارای کاربرد وسیعی در صنایع شیمیایی، صنایع غذایی و منازل هستند. در این بخش انواع پمپ‌ها و ساختار هر یک از آنها و انواع پروانه که در پمپ استفاده می‌شوند و محاسبات پمپ‌ها مطرح می‌شود. از مخلوط‌کن‌ها برای هم‌زدن دو یا چند ماده استفاده می‌شود و در این پودمان به انواع عملیات اختلاط و مخلوط‌کن‌ها پرداخته می‌شود و انواع پره‌ها، که از مشخصه‌های مهم مخلوط‌کن‌ها هستند، معرفی خواهند شد. سانتریفیوژها از دیگر دستگاه‌های دوّاری هستند که از نیروی گریز از مرکز برای جداسازی مواد بهره می‌گیرند و اجزای تشکیل‌دهنده آن، کاربردهای آزمایشگاهی و صنعتی آن معرفی خواهند شد. استفاده از دستگاه‌های کاهش اندازه ذرات در صنعت از اهمیت بالایی برخوردار است. در صنایع مختلف از قبیل صنایع معدن، داروسازی، غذایی و بازیافت مواد اندازه جامدات را با روش‌های مختلف کاهش می‌دهند. انواع دستگاه‌های کاهش اندازه و شیوه عملکرد آنها در انتهای پودمان ارائه شده است.

#### استاندارد عملکرد

کار با پمپ‌ها، مخلوط‌کن‌ها، سانتریفیوژها و دستگاه‌های کاهش اندازه مطابق با 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 به موقع، 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 کار بست ریاضی.

#### شایستگی‌های فنی:

- ۱- کار با پمپ‌ها؛
- ۲- کار با مخلوط‌کن‌ها؛
- ۳- کار با سانتریفیوژها؛
- ۴- کار با دستگاه‌های کاهش اندازه.

## ۱-۳- پمپ‌ها

تصویرهای زیر نشان‌دهنده چه نیازی در زندگی و راه‌های برطرف کردن آن است؟

بحث گروهی ۱



نیاز انسان به آب و لزوم جابه‌جایی آن از نقطه‌ای به نقطه دیگر، همیشه به‌عنوان یک موضوع حیاتی در زندگی بشر مطرح بوده‌است. اهمیت این موضوع سبب شد که فکر اختراع دستگاهی برای رفع این مشکل به‌وجود آید. اولین نمونه پمپ‌ها با نیروی محرکه انسان یا حیوان در ۱۷ قرن پیش از میلاد مسیح توسط مصریان ساخته شده‌است. امروزه پمپ‌ها یکی از پرکاربردترین و حیاتی‌ترین تجهیزات در صنعت و زندگی روزمره ما هستند. پمپ دستگاهی است که انرژی مکانیکی را از یک منبع خارجی می‌گیرد و به سیالی انتقال می‌دهد که از آن عبور می‌کند. در نتیجه انرژی سیال بعد از خروج از پمپ افزایش می‌یابد. از این وسیله برای انتقال سیال به یک ارتفاع معین یا حرکت سیال سامانه‌های لوله‌کشی و به‌طور کلی انتقال سیال از یک نقطه به نقطه دیگر استفاده می‌شود.

فکر کنید ۱



چند نمونه از کاربردهای پمپ‌ها را در زندگی نام ببرید؟



آیا با عملکرد پمپ کولرهای آبی آشنایی دارید؟ در مورد کاربری و شیوه عملکرد آنها بحث کنید؟



## ۲-۳- تقسیم‌بندی پمپ‌ها

متداول‌ترین روش تقسیم‌بندی پمپ‌ها، بر مبنای شیوه انتقال انرژی به سیال است. با این دیدگاه و مطابق شکل ۳-۱ پمپ‌ها را به دو گروه بزرگ تقسیم‌بندی می‌کنند.

### ۱- پمپ‌های دینامیکی

اساس کار این نوع پمپ‌ها، انتقال انرژی به سیال و افزایش انرژی جنبشی آن است، این افزایش انرژی جنبشی با سرعت بخشیدن به سیال از طریق چرخش پروانه پمپ صورت می‌گیرد و در نتیجه توانایی تولید فشار پمپ تابعی از سرعت دوران پروانه است. در این پمپ‌ها انتقال انرژی به سیال به صورت پیوسته انجام می‌شود. این پمپ‌ها، سیال را با دبی<sup>۱</sup> زیاد و فشار کم انتقال می‌دهند و در هنگام انتقال سیال قسمت ورودی و خروجی پمپ با هم در ارتباط هستند. معروف‌ترین پمپ دینامیکی پمپ‌های گریز از مرکز (سانتریفیوژ) است.

### ۲- پمپ‌های جابه‌جایی مثبت

پمپ‌هایی را که در آن انتقال انرژی به سیال به صورت متناوب و دوره‌ای است، پمپ‌های جابه‌جایی مثبت می‌نامند. پمپ‌های پیستونی از انواع پمپ‌های جابه‌جایی مثبت هستند. شکل ۳-۱ تقسیم‌بندی این دو نوع پمپ را بهتر نمایش می‌دهد.

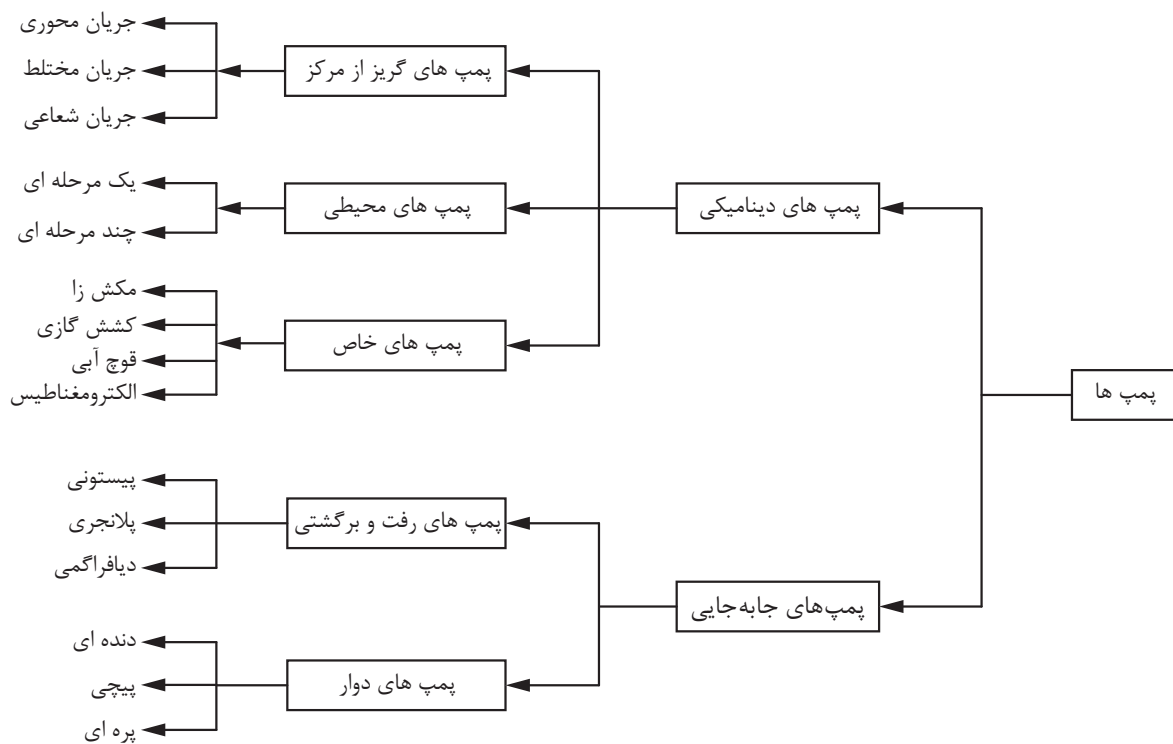
فیلم آموزشی عملکرد پمپ‌های دینامیکی و جابه‌جایی مثبت را مشاهده کنید و گزارش آن را بنویسید.



۱- دبی یا شدت جریان سیال به مقدار سیال عبوری از سطح مقطع جریان در واحد زمان گفته می‌شود.



با توجه به فیلم، در خصوص تفاوت‌های عملکردی و ساختاری دو نوع پمپ اشاره شده، بحث کنید.



شکل ۳-۱- نمودار تقسیم‌بندی پمپ‌ها

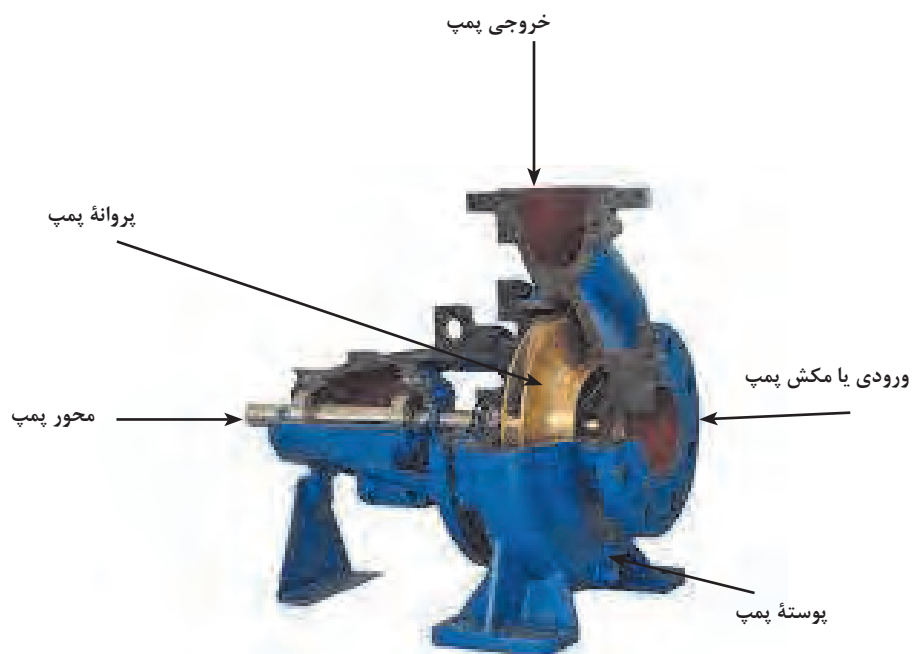
### ۳-۳- پمپ‌های گریز از مرکز

#### ساختمان پمپ‌های گریز از مرکز یا سانتریفیوژ

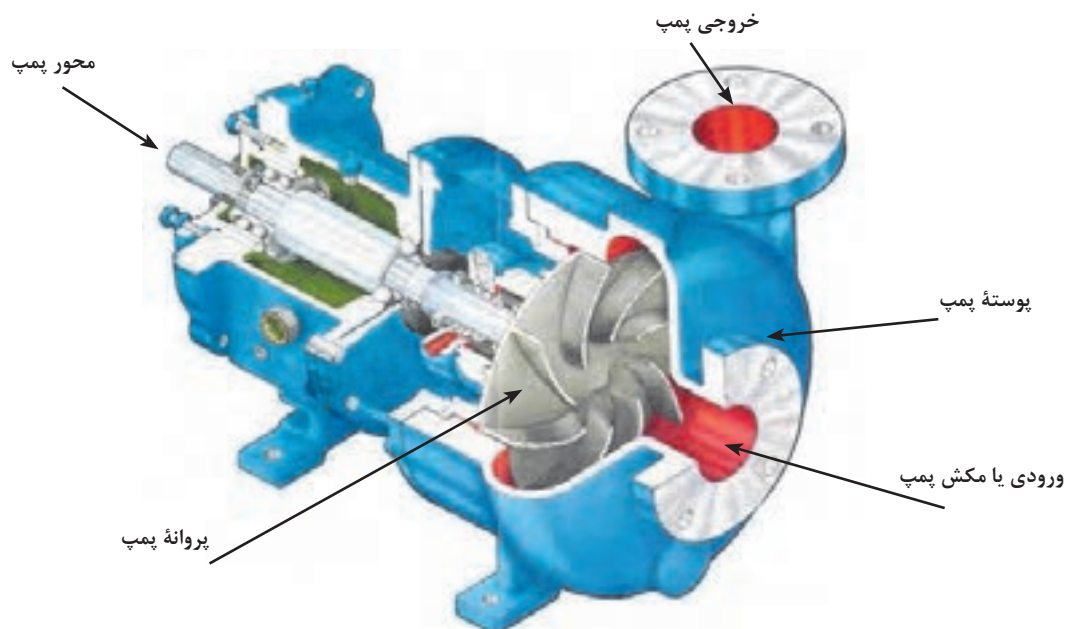
شکل‌های ۳-۲، ۳-۳ و ۳-۴ ساختمان و بخش‌های مختلف پمپ گریز از مرکز را نشان می‌دهند. اجزای اصلی یک پمپ گریز از مرکز عبارت‌اند از:

- ۱- محور پمپ؛
- ۲- پروانه؛
- ۳- پوسته حلزونی پمپ؛
- ۴- خروجی پمپ؛
- ۵- ورودی پمپ.

۱- نمودار داده شده برای آگاهی بیشتر هنجاریان است و نیازی به حفظ کردن آن نیست.



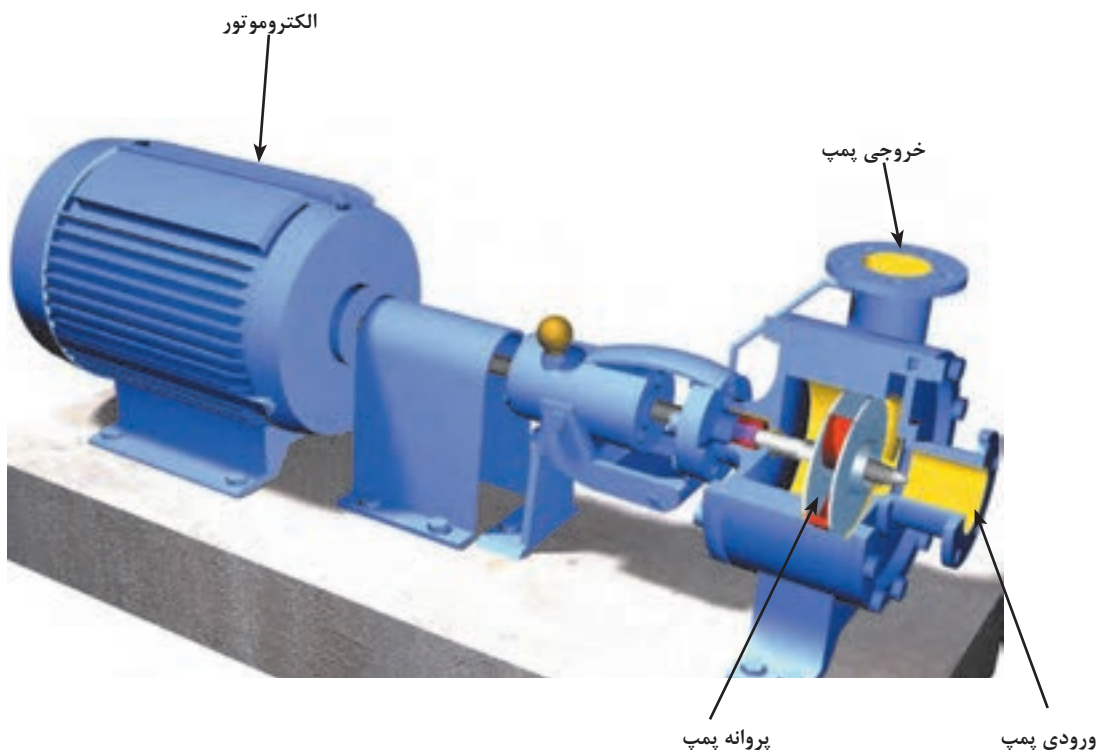
شکل ۲-۳- نمایی از ساختمان پمپ گریز از مرکز



شکل ۳-۳- نمایی از ساختمان پمپ گریز از مرکز با یک نوع پروانه متفاوت



قطعات یک پمپ گریز از مرکز را باز کنید و آنها را شناسایی کنید.

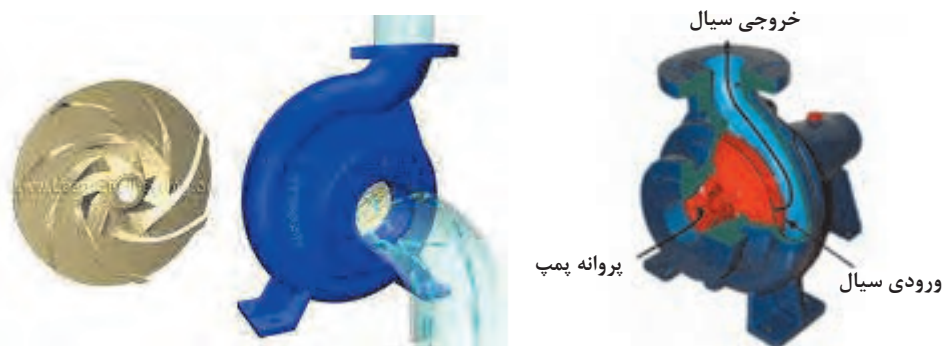


شکل ۴-۳- پمپ گریز از مرکز همراه با الکتروموتور آن

### عملکرد پمپ‌های گریز از مرکز

در این نوع پمپ‌ها چرخش قطعه‌ای داخل پوسته پمپ، موجب گردش سیال می‌شود. در نتیجه این عمل، سیال تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز واقع می‌شود و از مجرای خروجی خارج می‌گردد. این قطعه پروانه پمپ نامیده می‌شود.

مطابق شکل ۵-۳، مجرای ورودی یا مکش سیال در مرکز پروانه قرار دارد و مجرای خروجی در اطراف بدنه واقع شده‌است. در پمپ‌های سانتریفیوژ سیال در اثر نیروی مکش از مرکز پروانه وارد پمپ می‌شود و در اثر چرخش پروانه، تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز پروانه قرار می‌گیرد و پمپ را ترک می‌کند و از مجرای خروجی خارج می‌شود.



شکل ۵-۳- مسیر حرکت سیال در پمپ گریز از مرکز

## انواع پروانه‌ها

پروانه پمپ‌ها را از نظر ساختمان مکانیکی پروانه و جهت جریان مایع می‌توان تقسیم‌بندی کرد.

۱- **ساختمان مکانیکی:** پروانه پمپ از نظر ساختمان به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شود و براساس نوع و گران‌روی<sup>۱</sup> سیال پروانه مناسب انتخاب می‌گردد؛

**پروانه بسته:** این نوع پروانه برای انتقال مایعاتی که گران‌روی آنها کم است استفاده می‌شود. در این نوع پروانه‌ها، پره‌های پروانه بین دو صفحه به نام لفافه<sup>۲</sup> پروانه قرار می‌گیرند.

**پروانه نیمه‌باز:** این نوع پروانه برای انتقال سیالات با گران‌روی بالا مانند فاضلاب، خمیر کاغذ و محلول شکر به کار می‌روند. برای کمتر شدن گرفتگی پروانه، تعداد پره‌ها کم و طول آنها بلند انتخاب می‌شود. در این نوع پروانه‌ها، پره‌ها از یک طرف به وسیله صفحه لفافه بسته شده‌است.

**پروانه باز:** این نوع پروانه دارای صفحه لفافه نیست و برای پمپ‌کردن سیالاتی با رسوبات و ذرات معلق زیاد استفاده می‌شود.



شکل ۶-۳ انواع پروانه‌ها از نظر ساختمان مکانیکی

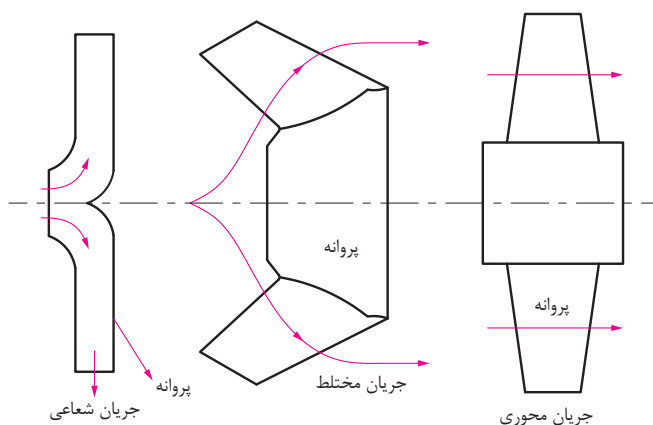
۱- یک مشخصه فیزیکی است که مقاومت سیال را در برابر جاری شدن نشان می‌دهد.





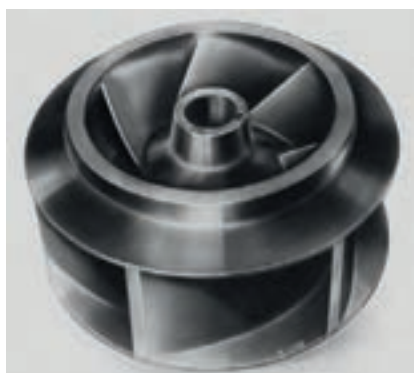
- ۱- کاربرد انواع پروانه‌ها را در صنایع شیمیایی ایران بیان کنید.
- ۲- انواع پمپ‌های موجود در هنرستان و منزل خود را شناسایی کنید و نوع پروانه آنها را مشخص کنید.

۲- جهت جریان مایع: از نظر جریان مایع، مطابق شکل ۳-۷ پروانه‌ها به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند؛  
الف: پروانه با جریان شعاعی؛  
ب: پروانه با جریان مختلط؛  
ج: پروانه با جریان محوری.



شکل ۳-۷- جهت جریان مایع در انواع پروانه‌ها

**پروانه با جریان شعاعی:** در این نوع پروانه‌ها، مایع در جهت محور پمپ به پره‌ها وارد و در جهت شعاعی از آن خارج می‌شود. در این نوع پروانه‌ها عمل گریز از مرکز کامل‌تر از انواع دیگر صورت می‌گیرد. هد این پمپ‌ها زیاد و دبی آنها کم است (شکل ۳-۸).



شکل ۳-۸- پروانه با جریان شعاعی

۱- میزان افزایش فشاری که پمپ به سیال می‌دهد، هد پمپ نامیده می‌شود.

**پروانه با جریان مختلط:** در این نوع پروانه، مایع موازی با محور وارد پروانه می‌شود و به‌طور مایل نسبت به محور از آن خارج می‌گردد. در نتیجه قسمتی از تبدیل انرژی به‌وسیله عمل گریز از مرکز و قسمتی به‌وسیله انتقال سیال انجام می‌گیرد. قطر طرف خروجی پره‌ها بزرگ‌تر از قطر طرف ورودی آنهاست. شکل ۹-۳ پروانه با جریان مختلط را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۳- پروانه با جریان مختلط

پروانه نوع مختلط در واقع یک نوع پروانه شعاعی است که پره‌های آن تغییر یافته‌اند و از آنها بیشتر در مواقعی استفاده می‌شود که فشار و دبی متوسط نیاز است. بعضی از این پروانه‌ها پیچی شکل هستند و پروانه پیچی نامیده می‌شوند.

**پروانه با جریان محوری:** در این نوع پروانه مایع موازی با محور وارد پروانه می‌شود و موازی با آن خارج می‌گردد. در این پروانه‌ها نیروی گریز از مرکز برای تولید فشار دخالتی ندارد و بدین دلیل پمپ با جریان محوری را، در بعضی از تقسیم‌بندی‌ها، جدای از پمپ‌های گریز از مرکز تقسیم‌بندی می‌کنند. این پروانه‌ها را برای دبی زیاد سیال و ارتفاع کم آن به کار می‌برند.



شکل ۱۰-۳- پروانه با جریان محوری

**جنس پروانه:** جنس پروانه به نوع کاربرد پمپ و سیال پمپ شونده بستگی دارد. متغیرهای مؤثر در انتخاب جنس پروانه، مقاومت در برابر زنگ‌زدگی و سایش، قابلیت فلزکاری و تراش‌کاری و قیمت مناسب هستند.



برای هر یک از پروانه‌ها در صنعت مثالی بیان کنید.

## ۳-۴- محاسبات در پمپ‌ها

### هد پمپ

میزان افزایش فشاری که پمپ به سیال می‌دهد، هد پمپ نامیده می‌شود. این هد می‌تواند به صورت فشاری یا ارتفاع بیان شود. در محاسبات پمپ، ارتفاع کاربرد بیشتری نسبت به فشار دارد. علت اینکه به جای فشار، از هد ارتفاع برای قابلیت پمپ استفاده می‌شود، این است که سازندگان بتوانند ویژگی‌های عملکرد پمپ‌ها را فارغ از چگالی و سایر خواص فیزیکی مایعات معرفی کنند. به هد پمپ، ارتفاع آب‌دهی نیز می‌گویند.

$$h = \frac{P}{\rho g} = \frac{P}{\gamma}$$

نسبت اختلاف فشار مایع در نقطه ورودی به سامانه پمپ و نقطه خروجی از سامانه پمپ بر متغیر گاما ( $\gamma = \rho g$ ) هد پمپ گفته می‌شود.

$$\text{هد پمپ} = h = \frac{P_2 - P_1}{\gamma}$$

### توان تولیدی یا توان هیدرولیک

میزان انرژی‌ای را که پمپ در واحد زمان به مایع منتقل می‌کند، توان تولیدی یا توان هیدرولیک پمپ می‌نامند و با استفاده از معادله روبه‌رو محاسبه می‌شود:

$$P_O = P_h = \Delta P \times Q$$

در این معادله:

$P_O$  و  $P_h$ : توان تولیدی یا هیدرولیک بر حسب وات (W)

$\Delta P$ : اختلاف فشار در دو سر پمپ بر حسب پاسکال (Pa)

Q: دبی مایع بر حسب مترمکعب بر ثانیه ( $m^3/s$ )

## توان الکتریکی مصرفی

میزان انرژی الکتریکی مصرف شده برای تأمین نیروی محرکه پمپ را توان الکتریکی مصرفی پمپ می‌نامند که با استفاده از معادله روبه‌رو محاسبه می‌شود:

$$P_i = V \times I$$

در این معادله:

$P_i$ : توان مصرفی بر حسب وات (W)

V: اختلاف پتانسیل بر حسب ولت (V)

I: شدت جریان بر حسب آمپر (A)

## بازده پمپ

بازده پمپ بر اساس تقسیم مقدار توان تولیدی یا (هیدرولیک) پمپ به مقدار توان مصرفی آن محاسبه می‌شود.

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{\Delta P \times Q}{V \times I}$$

بازده پمپ همواره عددی بین صفر و یک است و بازده درصدی پمپ از ضرب این عدد در عدد ۱۰۰ به دست می‌آید.

**مثال ۱)** برای تأمین نیروی محرکه یک پمپ به ظرفیت ۲/۲ لیتر بر ثانیه، جریان الکتریکی با شدت ۳۰ آمپر و اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت استفاده شده‌است، در صورتی که اختلاف فشار در دو سر پمپ ۱۰<sup>۶</sup> پاسکال باشد، توان تولیدی، مصرفی و بازده پمپ را محاسبه کنید؟

**پاسخ:**

$$Q = 2/2 \frac{L}{s} = 2/2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/s$$

$$P_o = 2/2 \times 10^{-3} \times 10^6 = 2200 \text{ W}$$

$$P_i = 30 \times 220 = 6600 \text{ W}$$

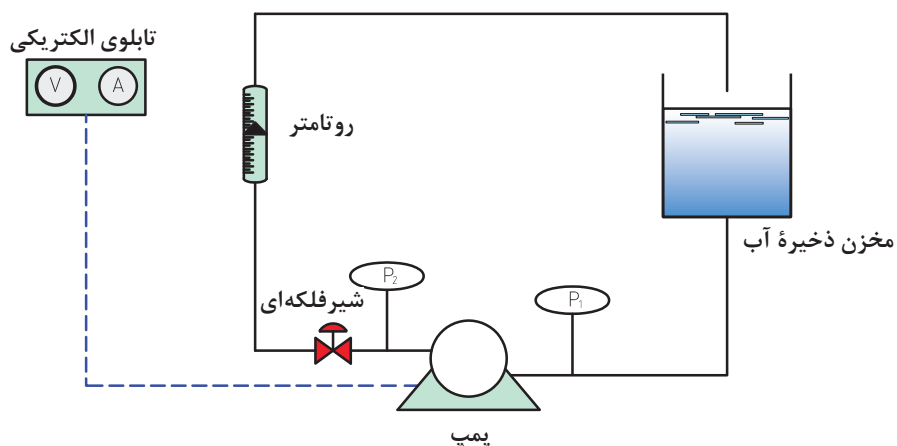
$$\eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{2200}{6600} = 0/33$$

بنابراین بازده پمپ ۰/۳۳ یا ۳۳ درصد است.

**تمرین ۱:** یک پمپ دارای بازدهی ۶۴ درصد است، اگر ظرفیت پمپ برابر با ۷ لیتر در ثانیه، شدت جریان الکتریکی ۲۶ آمپر و اختلاف پتانسیل الکتریکی ۲۲۰ ولت باشد، این پمپ چه اختلاف فشاری را می‌تواند تأمین کند؟



از یک پمپ گریز از مرکز برای پمپ کردن آب از یک تجهیز به تجهیز دیگر استفاده کنید، با راهنمایی مربی پمپ را راه‌اندازی کنید و توان تولیدی و مصرفی و بازده آن را محاسبه کنید. راهنمایی: برای آشنایی با عملکرد پمپ و محاسبات مربوط به آن یک نمونه شکل و روش کار ارائه می‌شود.



### روش کار:

- ۱- با تنظیم شیر فلکه‌ای دبی‌های مختلفی را ایجاد کنید؛
- ۲- در هر دبی ایجادشده فشارهای ورودی و خروجی را بخوانید و اختلاف فشار برای هر شدت جریان را محاسبه کنید؛
- ۳- در هر دبی ایجادشده ولتاژ و آمپر را بخوانید و توان الکتریکی را محاسبه کنید؛
- ۴- توان تولیدی و ارتفاع آب‌دهی را محاسبه کنید و سپس بازده پمپ را به‌دست آورید. چگالی آب را  $1000 \frac{kg}{m^3}$  و مقدار شتاب جاذبه زمین را  $10 \frac{m}{s^2}$  در نظر بگیرید.
- ۵- داده‌های جمع‌آوری‌شده را در جدول زیر یادداشت کنید و سپس ارتفاع آب‌دهی (هد پمپ) را برحسب دبی رسم کنید؛
- ۶- بازده پمپ را برحسب دبی رسم کنید؛
- ۷- با استفاده از نمودارها، نتیجه بگیرید در کدام دبی، پمپ بیشترین بازده را دارد.

ردیف	$Q$ (L/min. m <sup>3</sup> /s)	$P_1$ (Pa)	$P_2$ (Pa)	$\Delta P$ (Pa)	$h$ (m)	$V$ (v)	$I$ (A)	$P_i$ (w)	$P_o$ (w)	$\eta$
۱										
۲										
۳										
۴										

نکته ایمنی ۱



هنگام راه‌اندازی پمپ نکات زیر را باید در نظر گرفت:  
اطمینان از نصب صافی در لوله مکش پمپ؛  
اطمینان از بسته نبودن شیر تخلیه؛  
باز کردن کامل شیر مکش پمپ؛  
اطمینان از نبود نشستی غیر عادی در سامانه آب‌بندی؛  
هرگز پمپ را در دبی‌های کمتر از دبی کمینه یا با وجود مسیرهای مکش و تخلیه بسته راه‌اندازی نکنید. این امر ممکن است موجب صدمات فیزیکی به دستگاه شود.

مزایا و معایب استفاده از پمپ‌های سانتریفیوژ چیست؟

تحقیق کنید ۱



## ۳-۵- پمپ‌های جابه‌جایی مثبت



پمپ‌های جابه‌جایی مثبت به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند (شکل ۳-۱۱):

۱- پمپ‌های رفت و برگشتی<sup>۱</sup>

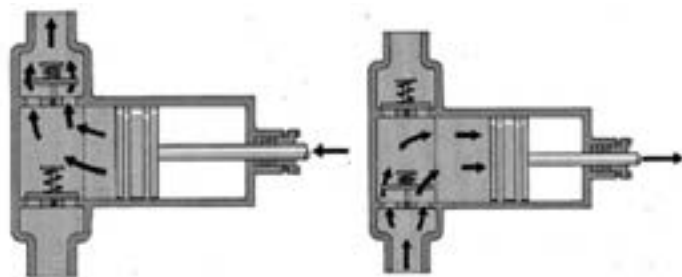
۲- پمپ‌های دوار<sup>۲</sup>

شکل ۳-۱۱ یک نمونه پمپ جابه‌جایی مثبت را نشان می‌دهد.

شکل ۳-۱۱- یک نمونه پمپ جابه‌جایی مثبت

### الف) پمپ‌های رفت و برگشتی

در این پمپ‌ها انتقال انرژی به سیال به صورت دوره‌ای است. اساس عملکرد این پمپ‌ها حرکت رفت و برگشتی پیستون است. با عقب رفتن پیستون مکش ایجاد می‌شود و در نتیجه مایع از طریق شیر ورودی داخل محفظه می‌شود. با حرکت پیستون به طرف جلو دریچه ورودی بسته و مایع از طریق شیر خروجی به خارج هدایت می‌گردد. مزیت مهم این پمپ‌ها تولید ارتفاع آب‌دهی (هد) و بازده بالا است. تلمبه دوچرخه و سرنگ تزریق نمونه‌هایی از پمپ‌های رفت و برگشتی هستند.



شکل ۳-۱۲- شیوه عملکرد پمپ پیستونی

### انواع پمپ‌های رفت و برگشتی

۱- پمپ‌های پیستونی<sup>۳</sup>؛

۲- پمپ‌های پلانجری<sup>۴</sup>؛

۳- پمپ‌های دیافراگمی<sup>۵</sup>.

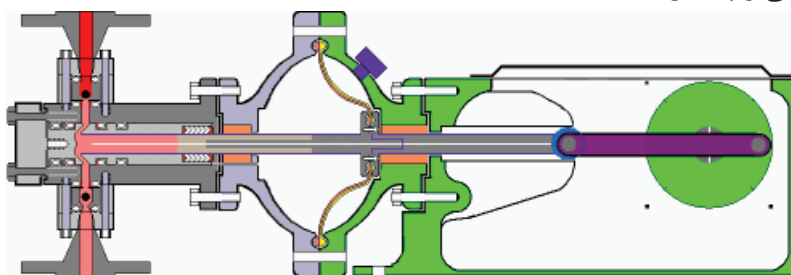
شیوه عملکرد پمپ پیستونی در شکل ۳-۱۲

نشان داده شده است. همچنین طرح ساده‌ای از

پمپ پلانجری در شکل ۳-۱۳ آورده شده است.

تفاوت ساختاری پمپ‌های پیستونی و پلانجری

در شکل ۳-۱۴ دیده می‌شود.



شکل ۳-۱۳- پمپ پلانجری

۱- Reciprocating Pumps

۲- Rotary Pumps

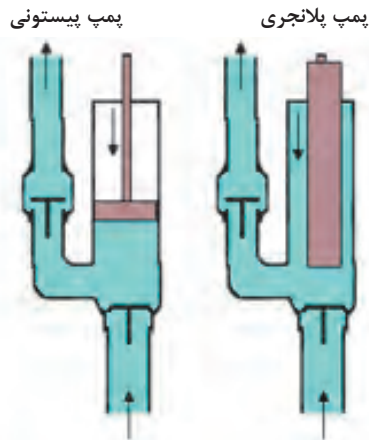
۳- Piston Pumps

۴- Plunger Pumps

۵- Diaphragm Pumps

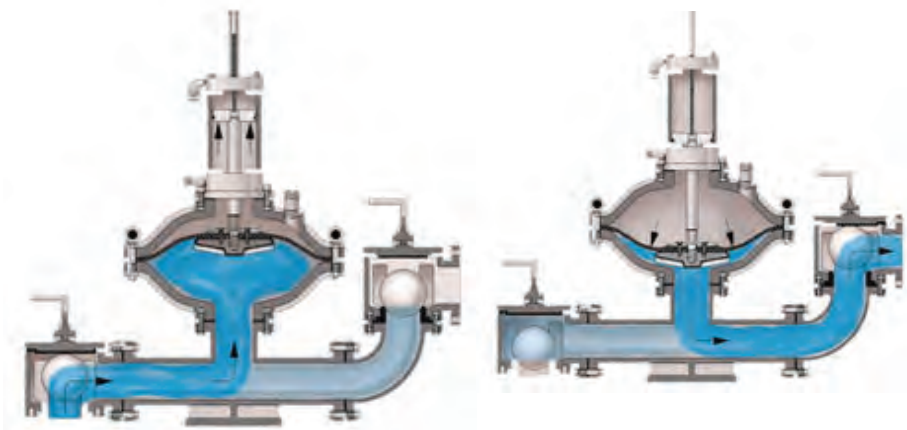


دربارهٔ پمپ‌های پیستونی و پلانجری تحقیق کنید و نتیجه آن را در کلاس ارائه دهید.



شکل ۱۴-۳ - تفاوت پمپ پیستونی و پلانجری

پمپ دیافراگمی نمونهٔ دیگری از پمپ‌های رفت و برگشتی است. شیوهٔ عملکرد پمپ دیافراگمی با حرکت رو به بالا و پایین صفحهٔ دیافراگم آن در شکل ۱۵-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۵-۳ - شیوهٔ عملکرد پمپ دیافراگمی

فیلم آموزشی پمپ‌های رفت و برگشتی پیستونی و پلانجری را مشاهده کنید و در پایان گزارش آنها را بنویسید.

فیلم ۲



در مورد کاربرد پمپ‌های رفت و برگشتی در صنایع شیمیایی تحقیق کنید و نتیجه آن را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق  
گروهی ۱





## ب) پمپ‌های دوار

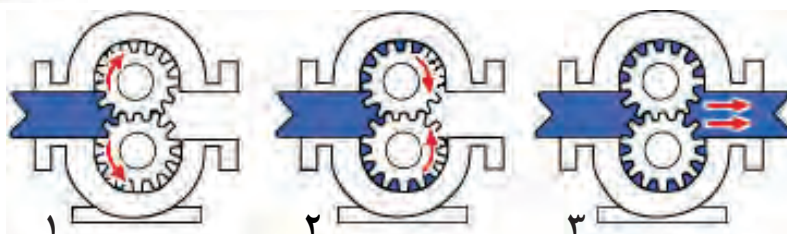
این پمپ‌ها اگرچه دوار هستند، ولی پروانه ندارند بلکه قطعات چرخ‌دنده‌ای یا مارپیچی در آنها وجود دارد که مایع در بین دنده‌های چرخ‌دنده پمپ به دام می‌افتد و در اثر چرخیدن چرخ‌دنده‌ها فشرده شده و با فشار به بیرون رانده می‌شود. این پمپ‌ها به ویژه برای مایعات با گرانروی بالا مناسب هستند و بازده بالایی دارند.

انواع پمپ‌های دوار عبارت‌اند از:

- ۱- پمپ‌های دنده‌ای؛
- ۲- پمپ‌های پیچی؛
- ۳- پمپ‌های پره‌ای.



شیوه عملکرد پمپ دنده‌ای در شکل ۱۶-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۶-۳- شیوه عملکرد پمپ دنده‌ای

فیلم آموزشی پمپ‌های دوار را مشاهده کنید و در پایان گزارش آن را بنویسید.

فیلم ۳



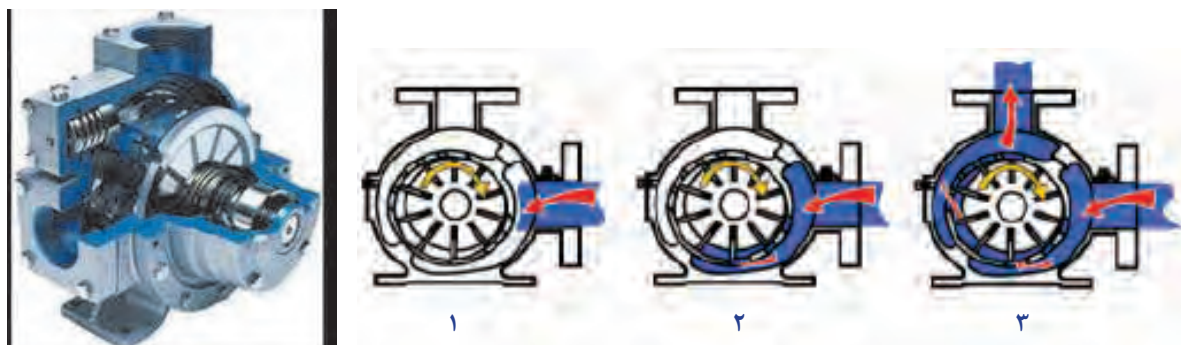
طرح ساده‌ای از پمپ پیچی در شکل ۱۷-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۷-۳- پمپ پیچی

- ۱- Gear Pumps
- ۲- Screw Pumps
- ۳- Vane Pumps

شیوه عملکرد پمپ پره‌ای در شکل ۳-۱۸ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۸- شیوه عملکرد پمپ پره‌ای

با راهنمایی مربی دو نوع پمپ جابه‌جایی مثبت را از نظر ظاهری و قطعات با هم مقایسه کنید؟

فعالیت  
کارگاهی ۳



نکته ایمنی ۲



زمانی که پمپ جابه‌جایی مثبت در حال کار کردن است، باید از باز بودن دریچه خروجی پمپ اطمینان حاصل کرد. چنانچه مسئول بهره‌برداری بخواهد، اقدام به بستن مجرای خروجی پمپ کند، باید مطمئن شود که مجرای خروجی دیگری برای تخلیه مایع وجود دارد. در غیر این صورت بر قطعات پمپ فشار وارد می‌شود و ممکن است الکتروموتور پمپ بسوزد یا پمپ از کار بیفتد و یا سوختن فیوز و ترکیدن محفظه و لوله‌ها و سایر معایب را در پی داشته باشد.



## ۳-۶ پدیده حفره‌زایی

پدیده حفره‌زایی در صنعت به «کاویتاسیون» معروف است. کاویتاسیون در لغت به معنای ایجاد حفره یا حفره‌زایی است. پیش از توضیح پدیده کاویتاسیون لازم است به دمای جوش و فشار بخار مایعات اشاره شود. نقطه جوش مایعات به فشار محیطی بستگی دارد که مایع در آن قرار دارد؛ مثلاً آب در فشار یک اتمسفر در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس می‌جوشد که این دما در فشار ۵/۰ اتمسفر در حدود ۸۰ درجه سلسیوس است. یعنی با کاهش فشار محیط، دمای جوش آب کاهش می‌یابد و برعکس.

هرگاه در هنگام جریان مایع در داخل یک پمپ، فشار مایع در نقطه‌ای از فشار تبخیر مایع در دمای مربوط به آن کمتر شود، حباب‌های بخار در فاز مایع به وجود می‌آیند، این حباب‌های کوچک همراه با مایع به نقاط دارای فشار بالاتر منتقل می‌شوند و می‌ترکند و باعث ایجاد آسیب به بدنه و پروانه پمپ می‌شوند. این پدیده مخرب در پمپ‌ها را کاویتاسیون می‌نامند. پدیده کاویتاسیون برای پمپ بسیار خطرناک است و پس از مدت کوتاهی پره‌ها و پوسته پمپ را از بین می‌برد؛ بنابراین باید از به وجود آمدن چنین پدیده‌ای در پمپ جلوگیری کرد. کاویتاسیون همواره با صداهای منقطع شروع می‌شود و سپس در صورت ادامه کاهش فشار در دهانه ورودی پمپ، بر شدت این صداها افزوده می‌شود. صدای کاویتاسیون مخصوص و مشخص است و شبیه برخورد گلوله‌هایی به یک سطح فلزی است. هم‌زمان با تولید این صداها پمپ به ارتعاش در می‌آید. در انتها این صداهای منقطع به صداهایی شدید و پیوسته تبدیل می‌شود و در همین حال بازده پمپ به شدت کاهش می‌یابد. شکل ۳-۱۹ آسیب دیدگی پروانه پمپ در اثر پدیده کاویتاسیون را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۹- آسیب دیدگی پروانه پمپ در اثر پدیده کاویتاسیون

فیلم آموزشی مربوط به پدیده کاویتاسیون را مشاهده کنید و در پایان گزارش آن را تهیه کنید.

فیلم ۴



در ایران شرکت‌های توانمند بسیاری وجود دارند که در زمینه ساخت پمپ‌های باکیفیت فعالیت می‌کنند. هم‌اینک در بیشتر صنایع کشور از این پمپ‌ها استفاده می‌شود.



تفاوت میان هم زدن و مخلوط کردن چیست؟

فرایند هم‌زدن به مفهوم ایجاد کردن حرکت و آشفتگی در مایع یا جامد است. یکی از اهداف هم‌زدن، مخلوط کردن دو یا چند ماده است. اختلاط می‌تواند به منظور انجام دادن یک تغییر فیزیکی یا شیمیایی باشد. در بیشتر صنایع شیمیایی و در بسیاری از صنایع دیگر از عملیات اختلاط استفاده می‌شود. در صنایع غذایی، دارویی، کاغذ، لاستیک، پلاستیک و حتی گاز و پتروشیمی عملیات مخلوط کردن کاربرد دارد. در اغلب واکنش‌های چند فاز، شیوه، شدت و مدت زمان اختلاط مواد در بازده واکنش تأثیر چشمگیر دارد. اگر اختلاط به شکل مطلوب انجام نشود، برخورد میان مولکول‌های مواد واکنش دهنده به شکل مطلوب انجام نمی‌شود و در نتیجه یا واکنش انجام نخواهد شد یا بازده آن کمتر از حد انتظار خواهد بود.

نکته مهم آن است که در بسیاری از فرایندها هم‌زدن شدید یا طولانی مدت، علاوه بر اتلاف انرژی بر کیفیت محصول اثر نامطلوب می‌گذارد؛ برای مثال در فرایند تشکیل بلور یا بعضی فرایندهای زیست‌شناسی، افزایش توان هم‌زدن باعث شکسته شدن دانه‌های بلور یا صدمه دیدن ریزاندامگان و کاهش کیفیت محصول می‌شود، همچنین در بسیاری از واکنش‌های شیمیایی اگر زمان اختلاط بیش از حد طولانی شود، محصول شروع به تجزیه شدن می‌کند و به مواد ناخواسته تبدیل می‌شود. بدین ترتیب بازده واکنش کاهش می‌یابد.

هدف از هم‌زدن چیست و هم‌زدن در فرایندهای مختلف با چه اهدافی انجام می‌شود؟ با ذکر مثال بحث کنید.



### انواع اختلاط

عملیات اختلاط بدون توجه به ماهیت صنعتی آن به شش گروه تقسیم‌بندی می‌شود:

- اختلاط دو یا چند محلول (یک فاز)؛
- اختلاط دو یا چند مایع نامحلول (چند فاز)؛
- تعلیق جامد در مایع؛
- پخش گاز در مایع؛
- اختلاط سه فاز (جامد، مایع و گاز)؛
- اختلاط جامدات.



جدول زیر را کامل کنید.

کاربردها	هدف از هم‌زدن	فرایند اختلاط
		دو یا چند محلول (یک فاز)
		دو یا چند مایع نامحلول (چند فاز)
		تعلیق جامد در مایع
		پخش گاز در مایع
		اختلاط سه فاز
		اختلاط جامدات

## ۸-۳ انواع مخلوط‌کن‌ها

مخلوط‌کننده‌ها را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم‌بندی کرد:

۱- مخلوط‌کننده‌های فاز مایع که در آنها حداقل یک فاز مایع وجود دارد؛

۲- مخلوط‌کننده‌های فاز جامد که در آنها فاز مایع یا گاز وجود ندارد.

**مخلوط‌کننده‌های فاز مایع:** در این نوع دستگاه حداقل یک فاز مایع وجود دارد و در کنار آن فازهای دیگر هم می‌توانند حضور داشته باشند. پرکاربردترین دستگاه برای مخلوط‌شدن در فاز مایع، مخزن مجهز به هم‌زن مکانیکی<sup>۱</sup> است. طرح ساده‌ای از این مخلوط‌کن در شکل ۳-۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۰ طرح ساده‌ای از مخلوط‌کن ساده

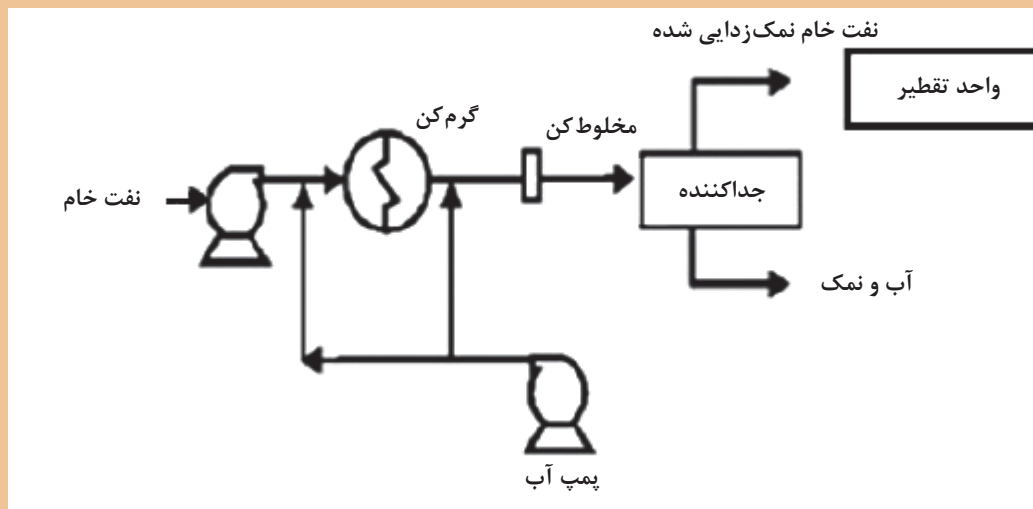
کف مخازن مجهز به هم‌زن به شکل محدب طراحی می‌شود، به نظر شما دلیل آن چیست؟





علاوه بر مخازن مجهز به همزن مکانیکی، مخلوط‌کن‌های ساکن یا داخلی<sup>۱</sup> نیز برای اختلاط مایع در مایع یا پخش جامدات و گازها در مایعات استفاده می‌شوند. این نوع همزن دارای قطعات متحرک نیست و از نظر ساختمان ساده و هزینه آن در مقایسه با سایر مخلوط‌کن‌ها مناسب‌تر است. این مخلوط‌کننده‌ها در گستره وسیعی از گران‌روی قابل استفاده هستند و حتی در مخلوط کردن (بسپارهای) مذاب نیز می‌توان از آنها استفاده کرد. هدف از استفاده از این نوع همزن، دستیابی به توزیع یکنواختی از غلظت و دما است. در این مسیر مواد در داخل لوله‌ای که در آن موانعی برای اختلاط بیشتر پیش‌بینی شده است، وارد و با حرکت به سمت انتهای لوله به تدریج مخلوط می‌شوند. بیش از ۳۰ نوع متفاوت از این نوع مخلوط‌کننده (با آرایش‌های مختلفی از موانع) وجود دارد.

فرایند نمک‌زدایی از نفت خام در پالایشگاه‌ها پیش از فرایند تقطیر و پالایش نفت به منظور جداسازی ترکیبات نمکی از نفت به منظور کاهش خوردگی انجام می‌گیرد. به این منظور نفت را با آب مخلوط می‌کنند و این ترکیبات از فاز آلی وارد فاز آبی می‌شوند و در یک جداکننده این دو فاز از هم جدا می‌شوند. به این ترتیب ترکیبات نمکی از نفت خام جدا می‌گردد. با توجه به مطالب عنوان شده، برای فرایند زیر یک همزن مناسب انتخاب کنید:



یک نمونه از مخلوط‌کن‌های ساکن در شکل ۲۱-۳ نشان داده شده است. مزیت این مخلوط‌کن‌ها قابلیت استفاده در فرایندهای پیوسته است.



شکل ۲۱-۳- مخلوط‌کن ساکن

### مخلوط‌کننده‌های فاز جامد

مخلوط کردن جامدات به سه دسته اصلی تقسیم‌بندی می‌شوند:  
اختلاط به روش نفوذ: در این روش ضمن انجام دادن یک حرکت دورانی، ذرات جامد در یکدیگر نفوذ می‌کنند. یک نمونه از این دستگاه‌ها مخلوط‌کن V شکل است که در شکل ۲۲-۳ نمایش داده شده‌است.



شکل ۲۲-۳- دستگاه مخلوط‌کن V شکل

اختلاط به روش جابه‌جایی: در این روش با حرکت انتقالی پودر انواع جامدات، عمل مخلوط‌کردن انجام می‌شود؛ به عنوان مثال می‌توان به دستگاه‌های مخلوط‌کن روبانی و دستگاه مخلوط‌کن مارپیچ عمودی اشاره کرد که ساختمان آنها در شکل‌های ۲۳-۳ و ۲۴-۳ نمایش داده شده‌است.



شکل ۲۳-۳- دستگاه مخلوط‌کن روبانی



شکل ۲۴-۳- دستگاه مخلوطکن ماریج عمودی

اختلاط به روش ایجاد سیالیت: اگر مقداری جامد را به صورت پودر در یک ظرف استوانه‌ای بریزد و از میان آنها گاز عبور دهید، به تدریج با افزایش سرعت گاز و متناسب با سنگینی پودر، ذرات جامد از جای خود بلند می‌شوند و حالت سیالیت پیدا می‌کنند. در این حالت سرعت گاز به حدی است که در ذرات جامد آشفستگی و اختلاط لازم را پدید آورد؛ اما قادر نیست که ذرات را با خود همراه کند و از ظرف خارج نماید. یک نمونه از دستگاه‌های مخلوطکن بستر سیال<sup>۱</sup> در شکل ۲۵-۳ نمایش داده شده است.



شکل ۲۵-۳- دستگاه مخلوطکن بستر سیال

فیلم آموزشی مخلوط‌کننده بستر سیال را مشاهده کنید و سپس گزارش آن را تهیه کنید.

فیلم ۵





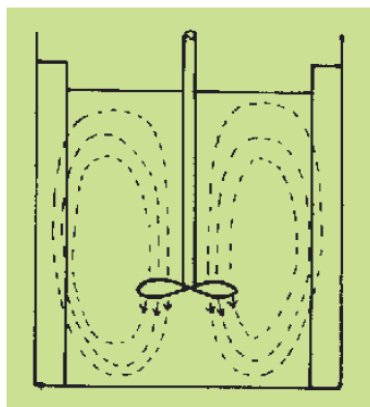
## ۳-۹ نقش پره‌ها در اختلاط و انواع آنها

انواع پره‌ها به شکل‌های مختلف برای هم‌زدن مایعات به کار برده می‌شوند. متداول‌ترین پره‌ها عبارت‌اند از: **پره‌های ملخی**<sup>۱</sup>: این نوع پره از متداول‌ترین انواع پره‌ها است. شکل ۳-۲۶ نمایی از این پره‌ها را نشان می‌دهد. از این نوع اغلب برای معلق کردن ذرات جامد در داخل سیال استفاده می‌شود و در گستره وسیعی از سرعت می‌تواند کار کند. این نوع پره برای مایعاتی با گرانروی کم به کار می‌رود. پره‌های ملخی به‌علت ایجاد جریان‌های پایدار، در مخزن‌های بسیار بزرگ کارایی خوبی دارند و قیمت آنها مناسب است.



شکل ۳-۲۶- پره ملخی

شکل ۳-۲۷ مسیر حرکت سیال را به هنگام دوران یک پره ملخی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود این نوع پره، سیال را در امتداد محور به جریان می‌اندازد و به همین خاطر به این نوع پره جریان محوری نیز می‌گویند.



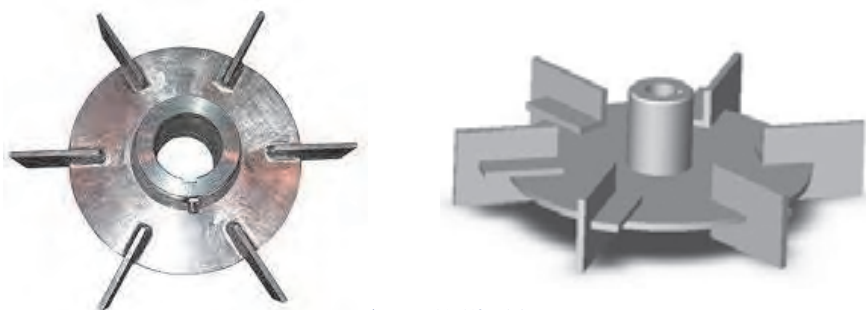
شکل ۳-۲۷- نمای جریان محوری در پره ملخی

در مواردی برای ایجاد آشفستگی بیشتر در مخزن و از بین بردن نقاط ساکن در گوشه‌های آن، هم‌زن را خارج از مرکز استوانه مخزن قرار می‌دهند. شکل ۳-۲۸ طرز قرار گرفتن هم‌زن در این حالت و تأثیر آن را نشان می‌دهد.



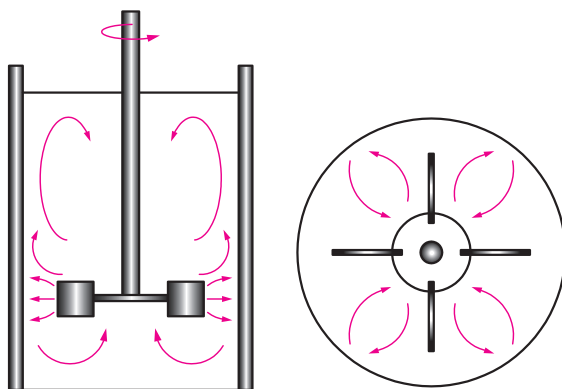
شکل ۳-۲۸- قرار دادن همزن خارج از مرکز و افزایش آشفته‌گی سیال

پره‌های توربینی<sup>۱</sup>: شکل ۳-۲۹- نمایی از این پره‌ها را نشان می‌دهد. در صنایع شیمیایی به‌خصوص برای مخلوط کردن گاز در مایع، این نوع پره مناسب‌ترین انتخاب است و در گستره وسیعی از سرعت می‌تواند کار کند. پره‌های توربینی در بازه گسترده‌ای از سیالات با گرانروی مختلف کاربرد دارد.



شکل ۳-۲۹- پره‌های توربینی

شکل ۳-۳۰- نشان می‌دهد که چگونه یک پره توربینی سیال را به جریان می‌اندازد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با حرکت این پره، سیال در امتداد شعاع ظرف (عمود بر محور) حرکت می‌کند و به همین دلیل به این نوع پره، جریان شعاعی نیز گفته می‌شود.



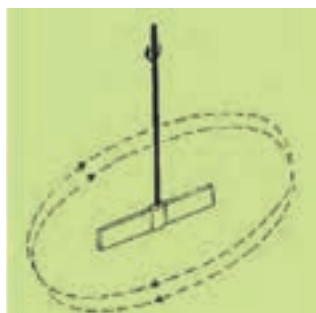
شکل ۳-۳۰- نمای بالایی و جانبی جریان شعاعی در پره توربینی

**پره پارویی<sup>۱</sup>:** شکل ۳-۳۱ نمایی از پره‌های پارویی را نشان می‌دهد. این نوع پره از یک محور و یک پره به شکل پارو تشکیل شده است. در طیف وسیعی از گران‌روی‌ها مناسب است و به سادگی خراب نمی‌شود. از لحاظ قیمت ارزان و ساخت آن ساده است. در ظرف‌های عمیق چند پارو روی یک محور نصب می‌شود. یکی از مهم‌ترین کاربردهای این نوع از پره‌ها، استفاده برای انتقال گرما است.



شکل ۳-۳۱- پره‌های پارویی

شکل ۳-۳۲، چگونگی حرکت سیال را به هنگام چرخش پره پارویی نشان می‌دهد. این پره سیال را مماس بر دایره مسیر به جریان می‌اندازد. به همین دلیل به این نوع پره، جریان مماسی نیز می‌گویند.



شکل ۳-۳۲- نمای جریان مماسی در پره پارویی

فیلم آموزشی پره‌های پارویی را مشاهده کنید و در پایان گزارش آن را تهیه کنید.

فیلم ۶



**پره‌های لنگری<sup>۲</sup> و حلزونی<sup>۳</sup>:** شکل ۳-۳۳ نمایی از پره‌های لنگری و حلزونی را نشان می‌دهد. این دو نوع پره برای هم‌زدن مایعات با گران‌روی زیاد و حتی خمیرها به کار می‌روند. فاصله این پره‌ها با دیواره ظرف کم است و به این ترتیب با چرخش خود از چسبیدن سیال به دیواره‌های ظرف جلوگیری می‌شود. سرعت دوران این نوع هم‌زن‌ها نسبتاً پایین است.

- ۱- Paddle
- ۲- Anchor
- ۳- Helical



شکل ۳-۳۳- پره حلزونی و پره لنگری

فیلم آموزشی انواع پره‌ها و مقایسه عملکرد آنها را مشاهده کنید و در پایان گزارش آن را تهیه کنید.

فیلم ۷



با راهنمایی مربی خود انواع پره‌ها را از نظر ظاهری و عملکرد با هم مقایسه کنید و جدول زیر را تکمیل کنید:

موارد کاربرد	نوع پره
	ملخی
	توربینی
	پارویی
	لنگری
	حلزونی

فعالیت گروهی ۱





- ۱- پیش از شروع به کار هم‌زن‌ها از محکم بودن اتصالات اطمینان حاصل کنید.
- ۲- دقت کنید که بخش موتور هم‌زن خیس نشود و در صورت خیس شدن سریعاً آن را خشک کنید.
- ۳- از دست زدن به دستگاه در هنگام کار خودداری کنید، هیچ‌گاه هم‌زن را به سمت دوستان خود نگیرید و از شوخی کردن در هنگام کار پرهیز کنید. به خاطر داشته باشید که گاه یک شوخی دوستانه می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری در پی داشته باشد.
- ۴- پس از پایان کار پره‌ها را تمیز کنید و در جای خود قرار دهید.

### ۳-۱۰ سانتریفیوژها

اولین بار یک مهندس ارتش انگلیس، بنیامین رابینز (۱۷۰۷-۱۷۵۱) بازوی چرخشی را اختراع کرد که میزان جابه‌جایی جسم‌ها را اندازه می‌گرفت. در سال ۱۸۶۴ آنتونی پراندی اولین سانتریفیوژ به معنای کنونی را برای جدا کردن شیر و خامه اختراع کرد. در سال ۱۸۷۹ گوستاو لاوال اولین جداساز خودکار و تجاری را ساخت. شکل ۳-۳۴ اولین سانتریفیوژ قرن هفدهم را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۴- سانتریفیوژ اولیه در قرن ۱۷

سانتریفیوژ دستگاهی است که در آن با استفاده از نیروی گریز از مرکز مواد را از یکدیگر جدا می‌کند. معمولاً دستگاه سانتریفیوژ را برای جدا کردن ذرات جامد از یک مایع و یا تقسیم مخلوط مایعات با چگالی متفاوت به اجزای مختلف آن به کار می‌گیرند. سانتریفیوژها برای مخلوط‌هایی مناسب هستند که یا شامل ذرات ریز جامداند و یا مایعاتی دارند که چگالی آنها نزدیک به هم است و به راحتی جدا نمی‌شوند.

معرفی و عملکرد سانتریفیوژها را مشاهده کنید و در پایان گزارش آن را تهیه کنید.

فیلم ۸



با توجه به فیلم، مزیت استفاده از سانتریفیوژ به روش ته نشینی ساده چیست؟ در مورد عملکرد سانتریفیوژ بحث کنید؟

پرسش ۱

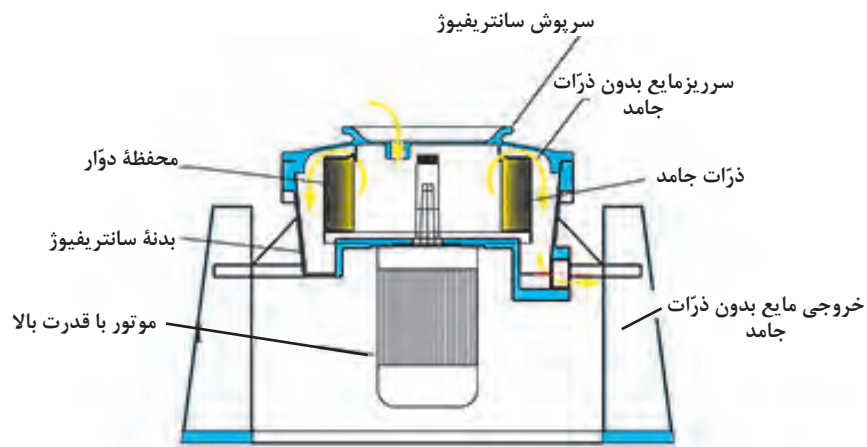


چند نمونه از کاربردهای سانتریفیوژها را در زندگی نام ببرید؟

فکر کنید ۴



شکل ۳-۳۵ اجزای یک نمونه سانتریفیوژ صنعتی را نشان می دهد:



شکل ۳-۳۵ - اجزای یک نمونه سانتریفیوژ صنعتی

نمونه هایی از کاربردهای سانتریفیوژها عبارتند از:

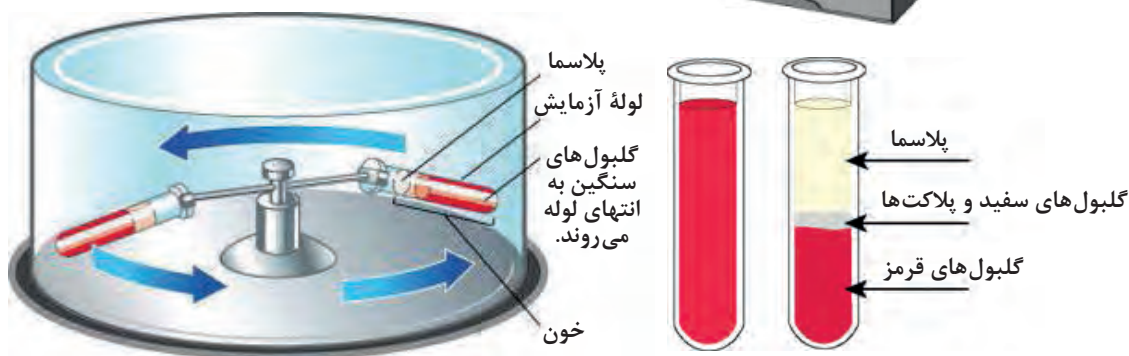
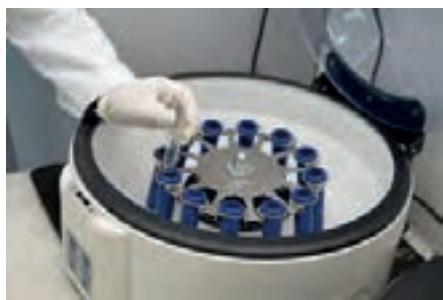
- ۱- جداسازی ذرات گرد و غبار از هوا؛
- ۲- خشک کردن بلورها؛
- ۳- جداسازی امولسیون های مایعات و یا مخلوط های مایع و جامد؛
- ۴- کاربرد در صنایع غذایی مانند روغن های گیاهی، آبمیوه ها، جداسازی خامه از شیر.



به کمک مربی خود قطعات یک دستگاه سانتریفیوژ را بررسی کنید.

### سانتریفیوژهای آزمایشگاهی

یکی دیگر از موارد استفاده از سانتریفیوژ، در پزشکی، و تجزیه و تحلیل نمونه‌های خونی است. زمانی که نمونه خونی در دستگاه سانتریفیوژ قرار می‌گیرد، دستگاه شروع به چرخش بسیار سریع می‌کند و در ادامه، عناصر سازنده خون از یکدیگر جدا می‌شوند؛ طوری که گلبول‌های قرمز در لایه پایینی و گلبول‌های سفید و پلاکت‌ها در لایه میانی و پلاسما در لایه بالایی قرار می‌گیرند (شکل ۳-۳۶).



شکل ۳-۳۶- سانتریفیوژ آزمایشگاهی



- ۱- پیش از قرار دادن لوله‌ها در دستگاه سانتریفیوژ آزمایشگاهی، ابتدا آنها را از نظر ترک یا شکستگی کنترل کنید.
- ۲- لوله‌ها را به صورت برابر و متقارن در سانتریفیوژ قرار دهید به طوری که با هم متعادل باشند. در غیر این صورت باعث ارتعاش، سایش و شکستن لوله‌ها می‌شود.
- ۳- پیش از روشن کردن دستگاه از قفل بودن در آن اطمینان حاصل کنید و در پایان کار پیش از توقف کامل سانتریفیوژ، در دستگاه را باز کنید و لوله‌ها را به آرامی بیرون بیاورید.

### استفاده از سانتریفیوژها در صنعت

در صنایع مختلف، سانتریفیوژهای صنعتی با موتورهای قوی و در اندازه بزرگ برای جداسازی مواد به کار می‌رود (شکل ۳۷-۳). استفاده در صنعت هوانوردی، صنایع غذایی، شیمیایی و صنایع هسته‌ای از جمله کاربردهای صنعتی سانتریفیوژها است.



شکل ۳۷-۲- سانتریفیوژ صنعتی



فرض کنید که مخلوطی از آب، نفت و ذرات معلق جامد دارید، برای جداسازی آنها از دو روش ته‌نشینی و سانتریفیوژ کردن استفاده می‌شود، چیدمان فازها را در دو حالت رسم کنید.



## ۳-۱۱- دستگاه‌های کاهش اندازه مواد

یکی دیگر از دستگاه‌های صنعتی، دستگاه کاهش اندازه مواد است که در شکل ۳-۳۸ نشان داده شده است.



شکل ۳-۳۸- دستگاه کاهش اندازه مواد

فیلم دستگاه‌های کاهش اندازه مواد را مشاهده کنید و در پایان گزارش آن را تهیه کنید.

فیلم ۹



به نظر شما، هدف از کاهش اندازه ذرات در صنایع شیمیایی چیست؟

بحث کنید ۴



معمولاً واژه کاهش اندازه درباره مواد جامد شکسته شده که به ذرات کوچک‌تر تبدیل شده‌اند، به کار می‌رود. در صنایع مختلف، کاهش اندازه جامدات با روش‌های مختلف و برای اهداف گوناگون انجام می‌شود. به‌طور مثال در صنایع معدن، قطعات بزرگ سنگ معدن را به اندازه‌های کوچک‌تر خرد می‌کنند؛ در صنایع داروسازی مواد شیمیایی مختلف را آسیاب می‌کنند؛ در صنایع بازیافت، قطعات پلاستیکی و کاغذی را به اندازه‌های معین برش می‌دهند.

مهم ترین روش های کاهش اندازه عبارت اند از:

- ۱- تحت فشار قرار دادن جامد بین دو سطح ( متراکم کردن )
- ۲- ضربه زدن به ماده جامد
- ۳- ساییدن جامد بین دو سطح
- ۴- برش دادن جامد

برای هر یک از روش های کاهش اندازه، یک مثال بیان کنید.

بحث کنید ۵



استفاده از هاون چینی در آزمایشگاه برای کاهش اندازه ذرات، مطابق با کدام یک از روش های بالا است؟

پرسش ۳



هاون چینی و شیوه حرکت دست برای کاهش اندازه جامدات

زمانی که اندازه قطعات جامد درشت باشد، از روش متراکم کردن استفاده می شود. برای تولید ذراتی با اندازه متوسط و ریز از روش ضربه زدن و برای تولید ذرات خیلی نرم و ریز از روش سایش استفاده می شود. برای تولید ذرات با شکل و اندازه معین، روش برش دادن به کار گرفته می شود.

به نظر شما استفاده از روش برش دادن، برای چه نوع موادی مناسب است؟

پرسش ۴



## ویژگی‌های دستگاه‌های کاهش اندازه عبارت‌اند از:

- ۱- ظرفیت بالایی داشته باشد؛
  - ۲- مصرف انرژی کمی داشته باشد؛
  - ۳- اندازه ذرات تولید شده توسط آن یکنواخت باشد.
- دستگاه‌های کاهش اندازه معمولاً راندمان پایینی دارند. یعنی به ازای مصرف انرژی بالا محصول حاصل از آنها اندازه‌های یکسانی ندارند. ذراتی با اندازه‌های بزرگ تا اندازه‌های خیلی کوچک تولید می‌شوند. وجود ذرات بسیار ریز در این دستگاه‌ها غیر قابل کنترل است ولی می‌توان آن را به کمترین مقدار ممکن رساند.

## ۱۲-۳ طبقه‌بندی دستگاه‌های کاهش اندازه

طبقه‌بندی دستگاه‌های کاهش اندازه در شکل ۳-۳۹ آورده شده است.



شکل ۳-۳۹- طبقه‌بندی دستگاه‌های کاهش اندازه

## خردکن‌ها

فیلم آموزشی خردکن‌ها را مشاهده کنید و در پایان گزارش آن را تهیه کنید.

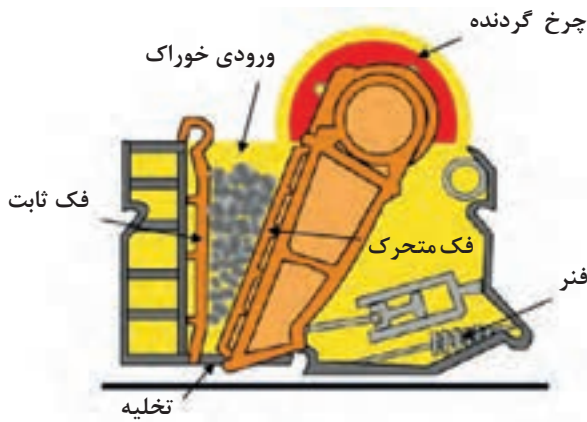
فیلم ۱۰



خردکن‌ها ماشین‌هایی با سرعت کم هستند و برای خرد کردن جامدات بزرگ و تبدیل آنها به ذراتی با اندازه‌های ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متر به کار می‌روند. در ادامه درباره دو نوع از معمول‌ترین خردکن‌ها توضیح داده می‌شود.

## خردکن فکی

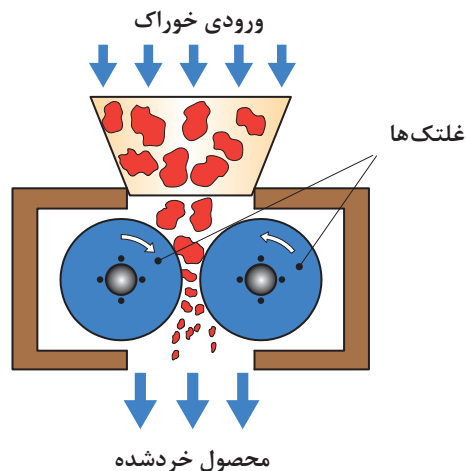
در این نوع خردکن (شکل ۳-۴۰)، خوراک (سنگ معدن) بین دو فک که با یکدیگر شکل V می‌سازند، قرار می‌گیرد. یکی از فک‌ها ثابت است که تقریباً عمودی است و دیگری متحرک است و در یک صفحه افقی عقب و جلو می‌رود. سطح فک‌ها می‌تواند صاف یا شیاردار باشد. کلوخه‌هایی که بین فک‌ها گیر می‌افتند، تحت نیروی فشاری بزرگی قرار می‌گیرند و شکسته می‌شوند و در فضای تنگ‌تری می‌ریزند و با بسته شدن فک دوباره خرد می‌شوند. پس از کاهش اندازه ذرات به اندازه کافی، از قسمت پایین دستگاه به پایین می‌ریزند. فک‌ها در هر دقیقه ۲۵۰ تا ۴۰۰ بار باز و بسته می‌شوند. گلوگاه این نوع خردکن با توجه به کاهش اندازه مطلوب، قابل تنظیم است.



شکل ۳-۴۰- خردکن فکی

## خردکن غلتکی

قسمت‌های اصلی این خردکن از دو غلتک فلزی سنگین تشکیل شده است که روی محور افقی موازی می‌چرخند. شکل ۳-۴۱ نشان‌دهنده این نوع خردکن‌هاست. قطعات بزرگ‌تر وارد غلتک می‌شوند و پس از خرد شدن از پایین خارج می‌شوند. دو غلتک معمولاً به طرف یکدیگر و با سرعت مساوی می‌چرخند.



شکل ۳-۴۱- خردکن غلتکی

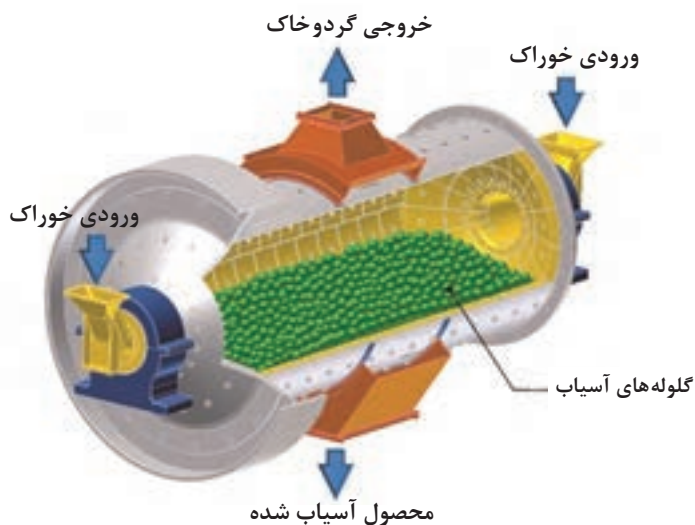
قطر غلتک‌ها را معمولاً زیاد و فاصله بین آنها را کم در نظر می‌گیرند؛ به طوری که این نوع خردکن‌ها قادرند که قطعات بزرگ را به قطعات کوچک‌تر تبدیل کنند. قطر این نوع غلتک‌ها از ۶۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر تغییر می‌کند و معمولاً با سرعت ۵۰ تا ۳۰۰ دور در دقیقه می‌چرخند.

طبیعی است که اندازه خرده‌های به دست آمده بستگی به فاصله بین غلتک‌ها دارد. در این نوع خردکن‌ها مقدار کمی محصول نرم، به صورت پودر نیز تولید می‌شود. در خردکن‌های غلتکی نیروی اعمال شده از غلتک‌ها بسیار بالاست. وقتی مواد غیر قابل خرد شدن وارد این دستگاه بشوند، برای جلوگیری از صدمات وارده به غلتک‌ها معمولاً یکی از غلتک‌ها را به فنر متصل می‌کنند.

### آسیاب‌ها

**آسیاب‌ها:** محصولات خروجی خردکن‌ها معمولاً خوراک ورودی آسیاب‌ها را تشکیل می‌دهد و هدف آسیاب‌ها در واقع خرد کردن ذرات متوسط و تولید ذرات ریزتر است. در این جا تنها به تشریح نمونه مرسوم آسیاب‌ها پرداخته می‌شود که بیشتر در صنایع شیمیایی کاربرد دارد.

**آسیاب دوآر:** شکل ۳-۴۲ آسیاب دوآر را نشان می‌دهد. این آسیاب از یک استوانه دوآر تشکیل شده است که در حالت ساکن، حدود نیمی از حجم داخل آن را با مواد ساییده پر می‌کنند. جنس این استوانه معمولاً از فولاد است که برای جلوگیری از سایش، سطح داخلی آن را از ورقه‌های فولاد سخت، چینی، سیلیس و یا حتی لاستیک می‌پوشانند. این استوانه با سرعت کم به دور محور افقی خود می‌چرخد. مواد ساییده آسیاب دوآر می‌تواند به صورت میله یا ساچمه از جنس‌های فلزی، لاستیکی و یا چرمی باشد. حتی گاهی از سنگ‌های چخماق یا گلوله‌هایی از جنس چینی به عنوان مواد ساییده استفاده می‌کنند.



شکل ۳-۴۲- آسیاب دوآر

آسیاب‌های دوار می‌توانند هم به صورت پیوسته<sup>۱</sup> و هم به صورت ناپیوسته<sup>۲</sup> کار کنند. در آسیاب‌های ناپیوسته مقدار معینی از ذرات درشت را از دهانه استوانه به داخل آن می‌ریزند، سپس دهانه استوانه را می‌بندند و آسیاب را برای مدتی طولانی می‌چرخانند. پس از آن آسیاب را متوقف می‌کنند و محصولات آن را خارج می‌کنند. در آسیاب‌های پیوسته، اجسام با حرکت مستمر و یکنواخت از مسیر مشخصی وارد و پس از آسیاب شدن از مسیر دیگری خارج می‌شوند. اساس کار آسیاب‌های دوار بر این است که در اثر حرکت چرخشی استوانه مواد ساینده از کنار استوانه تا نزدیک سقف استوانه بالا می‌آیند و در آنجا در اثر نیروی وزن روی ذراتی که در کف استوانه است، فرو می‌افتند. در بعضی از آسیاب‌های دوار به جای گلوله از میله به عنوان عامل ساینده استفاده می‌شود. در آسیاب‌های میله‌ای دوار، قسمت اعظم خرد شدن در اثر فشار و سایش در هنگام غلتیدن میله‌ها روی یکدیگر انجام می‌گیرد، ولی در آسیاب‌های ساچمه‌ای دوار یا قلوه سنگی دوار قسمت اعظم خرد شدن در اثر برخورد در هنگام ریزش قلوه سنگ‌ها یا گلوله‌ها از بالای استوانه صورت می‌گیرد. در آسیاب‌های گلوله‌ای معمولاً قطر استوانه را حدود ۳ متر و طول آنها را حدود ۳/۵ متر در نظر می‌گیرند. قطر گلوله‌ها بین ۲/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر تغییر می‌کند.



شکل ۴۳-۳- نمایی از سطح مقطع آسیاب دوار (گلوله‌ای)

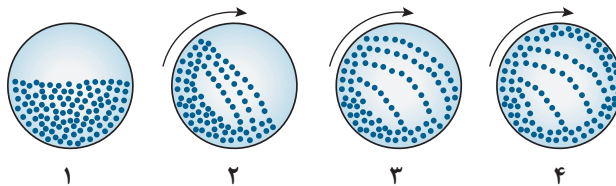
گلوله‌ها در اثر حرکت استوانه به طرف بالا حمل می‌شوند و هر چه آسیاب با سرعت بیشتری بچرخد، گلوله‌ها تا ارتفاع زیادتری بالا می‌روند و هر چه گلوله‌ها از ارتفاع بیشتری سقوط کنند، شدت اصابت با کف آسیاب افزایش می‌یابد و بازده آسیاب کردن بالاتر می‌رود. باید به این نکته توجه کرد که اگر سرعت آسیاب کردن از حدی بگذرد دیگر گلوله‌ها ریزش نمی‌کنند و در استوانه فقط از نقطه‌ای به نقطه دیگر منتقل می‌شوند. در این حالت در آسیاب نیروی گریز از مرکز بر نیروی جاذبه غالب می‌شود. سرعت این مرحله را سرعت بحرانی می‌گویند. در حالت بحرانی عمل خرد شدن انجام نمی‌گیرد، لذا سرعت آسیاب در شرایط عملیاتی همواره باید کمتر از سرعت بحرانی باشد.

۱- Continuous

۲- Batch



شکل زیر سطح مقطع یک آسیاب گلوله‌ای را نشان می‌دهد که نیمی از آن با گلوله‌های سائیده پر شده است. این آسیاب شروع به چرخش می‌کند و سرعت آن افزایش می‌یابد در شکل سرعت چرخش آسیاب تا اندازه‌ای است که تعدادی از گلوله‌ها به دیواره آسیاب چسبیده و ریزش نمی‌کنند. به نظر شما علت آن چیست؟ و چه تاثیری بر بازده آسیاب دارد؟



یک کارخانه سیمان را در نظر بگیرید. تحقیق کنید آسیاب استفاده شده در این کارخانه از چه نوعی است و چگونه کار می‌کند. گزارش تهیه شده را در کلاس ارائه دهید.

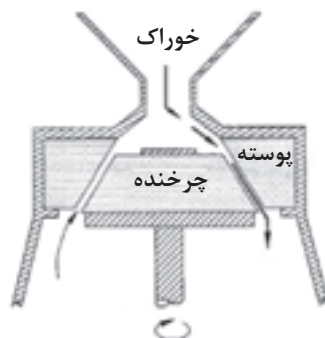


## آسیاب‌های بسیار نرم‌کن

بسیاری از پودرهای تجاری باید شامل ذراتی باشند که اندازه آنها به طور میانگین ۱ تا ۲۰ میکرومتر است. به آسیاب‌هایی که جامدات را تا این اندازه خرد می‌کنند، آسیاب‌های بسیار نرم‌کن یا فوق‌ریز گفته می‌شود، یک نوع از این آسیاب‌ها آسیاب کلوییدی است.

## آسیاب کلوییدی

در این نوع آسیاب، برخلاف دستگاه‌های کاهش اندازه اشاره شده، خوراک به صورت یک محلول کلوییدی است. بدین صورت که ابتدا جسم جامد را درون یک مایع به صورت کلویید درمی‌آورند و سپس خوراک مایع بین سطح چرخنده و پوسته که فاصله نزدیکی دارند، جریان می‌یابد. شکل ۳-۴۴ طرح ساده‌ای از آسیاب کلوییدی را نشان می‌دهد.

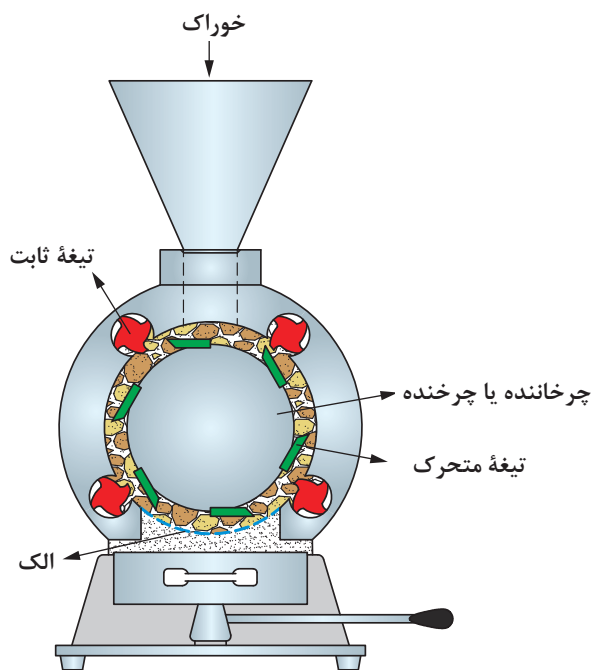


شکل ۳-۴۴ طرح ساده‌ای از آسیاب کلوییدی

به‌طور مثال در صنایع غذایی ذرات چربی موجود در شیر را به این روش به ذراتی بسیار ریز تبدیل می‌کنند و در نتیجه شیر تبدیل به امولسیون پایدار می‌شود و چربی آن جدا نمی‌شود.

**ماشین‌های برش:** در بعضی از مواقع که قطعات جامدات بسیار محکم (مانند فولاد و آهن) و یا انعطاف‌پذیر (مانند پلاستیک، پارچه و کاغذ) هستند، اعمال فشار، ضربه یا سایش منجر به کاهش اندازه آنها نمی‌شود. این نوع مواد توسط ماشین‌های برش به‌وسیله تیغه‌های برنده به قطعات ریزتر تبدیل می‌شوند. در شکل ۳-۴۵ یک نمونه از ماشین‌های برش نشان داده شده است. این ماشین برش دارای یک محفظه استوانه‌ای است که درون آن چرخاننده‌ای با سرعت ۲۰۰ تا ۹۰۰ دور در دقیقه می‌چرخد. روی این چرخاننده تعدادی تیغه یا کاردک از جنس فولادآبدیده نصب شده است که به فاصله نزدیکی از روی تیغه‌های ثابت موجود در سطح داخلی استوانه عبور می‌کند و عمل بریدن را انجام می‌دهند.

ذرات خوراک که از بالا وارد محفظه می‌شوند، چند صد بار در دقیقه برش می‌خورند و در پایین دستگاه از الکی با سوراخ‌های مناسب عبور می‌کنند. تیغه‌های متحرک با تیغه‌های ثابت می‌توانند موازی یا دارای زاویه باشند.



شکل ۳-۴۵- طرح ساده‌ای از ماشین برش

سازوکار استفاده شده در هر یک از دستگاه‌های کاهش اندازه زیر را مشخص کنید.

پرسش ۶



اندازه دستگاه کاهش اندازه	متراکم کردن	برش دادن	ساییدن	ضربه زدن
خردکن فکی				
خردکن غلتکی				
آسیاب گلوله‌ای				
ماشین برش				



## عملکرد دستگاه‌های کاهش اندازه

انتخاب مناسب دستگاه کاهش اندازه و به‌کارگیری اقتصادی آن از اهمیت بالایی برخوردار است. بدین منظور نکات زیر را در به‌کارگیری از آنها باید رعایت کرد:

- ۱- خوراک ورودی به دستگاه اندازه مناسب آن دستگاه را داشته باشد و با سرعت یکنواختی وارد آن شود؛
- ۲- پس از کاهش اندازه ذرات به میزان مناسب، بلافاصله از دستگاه خارج شوند؛
- ۳- مانع از ورود مواد غیر قابل خردشدن به دستگاه شود؛
- ۴- در هنگام کار با مواد حساس به دما، گرمای حاصل از آسیاب کردن از آن گرفته شود، تا ماهیت مواد عوض نشود؛
- ۵- تمام دستگاه‌های جانبی از قبیل پمپ‌ها، دمنده‌ها، سردکن‌ها و جداکننده‌ها در شرایط عملیاتی مناسب کار کنند.

در دستگاه‌های کاهش اندازه ذرات جامد، کنترل گرد و غبار خروجی از دستگاه اهمیت بالایی دارد؛ مثلاً اگر ماده مورد نظر سمی باشد یا سازگار با محیط زیست نباشد، گرد و غبار حاصل از کاهش اندازه آن می‌تواند برای محیط زیست و انسان خطرناک باشد. یکی از روش‌های کنترل گرد و غبار، استفاده از صافی‌ها در خروجی دستگاه است.

پرسش ۷



فعالیت  
کارگاهی ۵



مواد لازم	وسایل لازم
خاک حاوی ذرات درشت و ریز	مجموعه الک‌ها با اندازه‌های مختلف، لرزاننده، ترازو و آسیاب گلوله‌ای

## روش کار

- ۱- مقداری خاک را که حاوی ذرات ریز و درشت است، تهیه کنید؛
- ۲- خاک را وزن کنید و جرم آن را یادداشت کنید؛
- ۳- الک‌های موجود در آزمایشگاه را تمیز کنید و به ترتیب اندازه مش<sup>۱</sup> از بزرگ به کوچک روی هم قرار دهید و به هم متصل کنید؛
- ۴- مجموعه الک‌ها را روی یک دستگاه لرزاننده قرار دهید و خاک را بر روی الک بالایی بریزید؛
- ۵- لرزاننده را روشن کنید تا به مدت ۳۰ دقیقه کار کند؛
- ۶- لرزاننده را خاموش کنید و الک‌ها را از هم جدا کنید؛
- ۷- جرم دانه‌های خاک باقی‌مانده بر روی هر الک را اندازه بگیرید و یادداشت کنید؛

۸- با توجه به تعریف کسر جرمی و درصد جرمی که در پودمان اول یاد گرفتید، جدول زیر را کامل کنید.

اندازهٔ مش الک	جرم خاک باقی‌مانده بر روی الک	کسر جرمی خاک باقی‌مانده روی الک	درصد جرمی خاک باقی‌مانده روی الک

۹- تمام خاک باقی‌مانده بر روی الک‌ها را جمع کنید و دوباره مخلوط کنید؛

۱۰- آسیاب گلوله‌ای موجود در آزمایشگاه را تمیز کنید و نصف حجم آن را با گلوله‌های سرامیکی پر کنید؛

۱۱- مقدار مناسبی از خاک را با توجه به حجم آسیاب گلوله‌ای موجود در آزمایشگاه بردارید و وزن کنید و به درون آسیاب بریزید؛

۱۲- آسیاب گلوله‌ای را با کمترین سرعت روشن کنید و به تدریج سرعت آن را افزایش دهید. توجه کنید که نیروی گریز از مرکز مانع از غلتیدن گلوله‌ها نشود. سرعت در حدی باشد که گلوله‌ها آزادانه بغلتند؛

۱۳- پس از مدت ۳۰ دقیقه آسیاب را خاموش کنید و خاک درون آن را خالی کنید؛

۱۴- خاک بدست‌آمده را دوباره با الک‌ها دانه‌بندی کنید و جدول زیر را کامل کنید؛

(بعد از آسیاب)

اندازهٔ مش هر الک	جرم خاک باقی‌مانده بر روی الک	کسر جرمی خاک باقی‌مانده روی الک	درصد جرمی خاک باقی‌مانده روی الک

۱۵- برای نشان دادن تأثیر آسیاب گلوله‌ای بر اندازهٔ ذرات، نمودار «درصد جرمی خاک باقی‌مانده روی الک» را بر حسب «اندازهٔ مش» رسم کنید.

۱۶- نمودارها را با هم مقایسه کنید و تأثیر آسیاب گلوله‌ای را توضیح دهید.



از وسایل ایمنی شخصی (دستکش، روپوش و عینک) استفاده کنید؛  
به هنگام کار با خاک حتماً از ماسک استفاده کنید؛  
قبل از روشن کردن آسیاب، از بسته بودن در آن اطمینان حاصل کنید.

### پرسش‌ها:

- ۱- به چه دلیل در صنعت از فرایندهای کاهش اندازه استفاده می‌شود؟
- ۲- سازوکارهای کاهش اندازه را نام ببرید.
- ۳- در صنعت بازیافت پلاستیک، پارچه و کاغذ از کدام سازوکار برای کاهش اندازه مواد استفاده می‌شود؟
- ۴- دستگاه‌های کاهش اندازه به چند دسته طبقه‌بندی می‌شوند؟ نام ببرید.
- ۵- دستگاه‌های کاهش اندازه مواد چه ویژگی‌هایی باید داشته باشند؟
- ۶- روش کار خردکن فکی را توضیح دهید.
- ۷- سازوکارهای اصلی کاهش اندازه در آسیاب دوآر کدام‌اند؟
- ۸- عملکرد آسیاب‌های دوآر در شرایط سرعت بحرانی به چه صورت است؟ و چه تأثیری بر بازده آسیاب دارد؟
- ۹- چه نکاتی را در به کارگیری دستگاه‌های کاهش اندازه باید در نظر گرفت؟

## ارزشیابی شایستگی پودمان دستگاه‌های دوار

### شرح کار:

- چگونگی استفاده از تجهیزات کارگاهی را بداند و کار داده‌شده 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:

- توانایی کار با پمپ‌ها، دستگاه‌های کاهش اندازه مواد، مخلوط‌کن‌ها و سانتریفیوژها مطابق با دستور کار.

### شاخص‌ها:

- رعایت مسایل 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:** وسایل ایمنی شخصی، پمپ‌ها، دستگاه‌های کاهش اندازه مواد، مخلوط‌کن‌ها و سانتریفیوژها.

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	کمترین نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	کار با پمپ‌ها	۲	
۲	کار با مخلوط‌کن‌ها	۲	
۳	کار با سانتریفیوژها	۱	
۴	کار با دستگاه‌های کاهش اندازه	۱	
<b>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</b> 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.			
<b>میانگین نمرات</b>			*

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