

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# راهنمای هنرآموز عملیات دستگاهها در صنایع شیمیایی

گروه مواد و فرآوری

رشته صنایع شیمیایی

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

پایه دهم دوره دوم متوسطه

۱۳۹۵



وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

- نام کتاب: عملیات دستگاه‌ها در صنایع شیمیایی ۲۱۰۹۱۶
- پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: طیبه کنشلو، اعظم صفاری، بهرام قنبری، رابعه شیخزاده، سیدرضا سیف محدثی، قاسم حاجی قاسمی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
- مدیریت آماده‌سازی هنری: سیدرضا سیف محدثی، سپهر صدیقی، پریسا ظاهری، فرناز فرشاد، سجاد کریمی مزیدی و طیبه کنشلو (اعضای گروه تألیف)
- شناسه افزوده آماده‌سازی: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
- نشانی سازمان: ایمان اوجیان (طراح یونیفورم) سمیه نصری (طراح جلد) یلدا ابوسعیدی (صفحه آرا) سید مرتضی میرمجیدی (رسام)
- ناشر: تهران: خیابان ایرانشهرشمالی، ساختمان شماره آموزش و پرورش (شهید موسوی) تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۹۲۶۶ ه ۸۸۳، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹ وبسایت: www.chap.sch.ir
- چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران-کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (دارو پخش) تلفن: ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵ دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ - ۳۷۵۱۵
- سال انتشار و نوبت چاپ: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاصی» چاپ اول ۱۳۹۵

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هر گونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایشی، اقتباسی، تلخیصی، تبدیلی، ترجمه، عکسبرداری، نقاشی، تهیه قلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



دست توانای معلم است که چشم انداز آینده ما را ترسیم می کند.

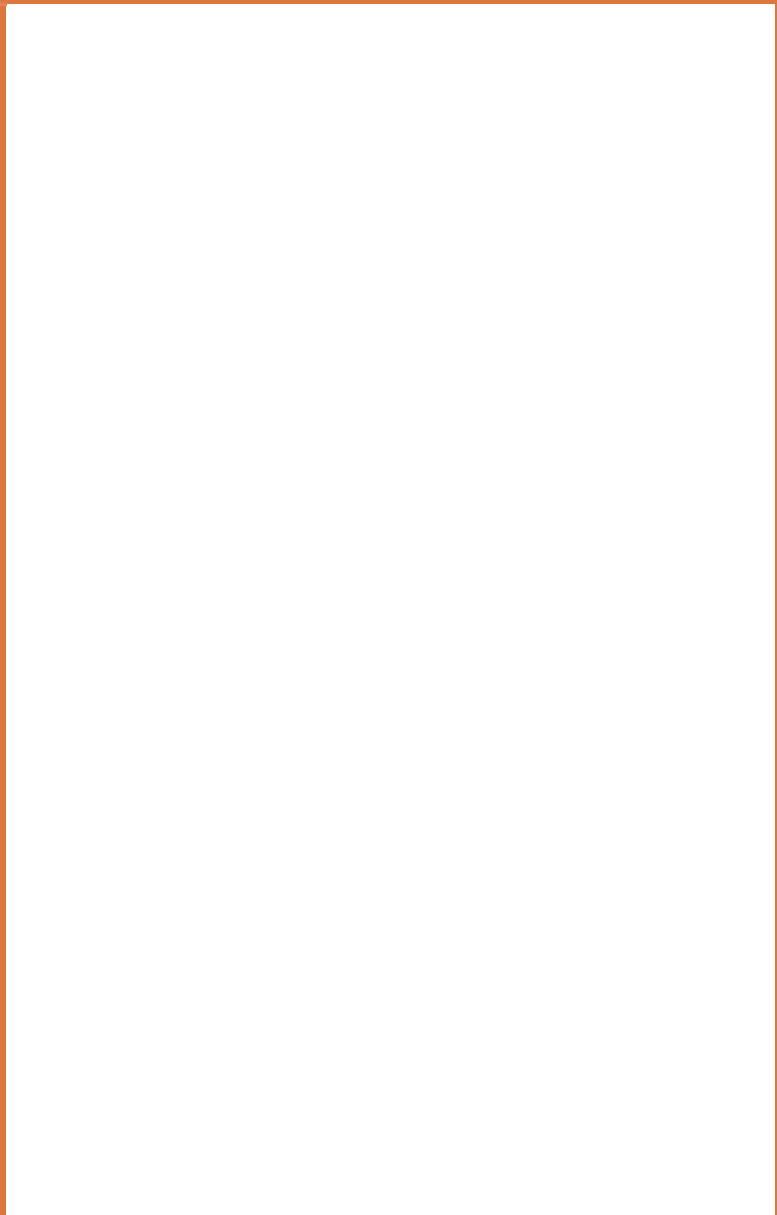
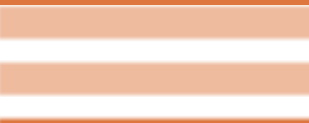
۸.....	کلیات.....
۲۴.....	راهبردهای یاددهی - یادگیری.....
۳۶.....	فصل اول: محاسبات در صنایع شیمیایی.....
۵۴.....	فصل دوم: دستگاه‌های حرارتی.....
۸۸.....	فصل سوم: دستگاه‌های دوار.....
۱۱۲.....	فصل چهارم: راکتور و مخازن.....
۱۳۴.....	فصل پنجم: دستگاه‌های جدا کننده.....
۱۵۸.....	استاندارد فضا.....
۱۶۸.....	ارزشیابی.....
۱۹۸.....	منابع.....

## سخنی با هنرآموزان گرامی

موضوع اولین هدف عملیاتی سند تحول بنیادین آموزش و پرورش مربوط به پرورش تربیت یافتگانی است که با درک مفاهیم اقتصادی در چارچوب نظام معیار اسلامی از طریق کار و تلاش و روحیه انقلابی و جهادی، کارآفرینی، قناعت و انضباط مالی، مصرف بهینه و دوری از اسراف و تبذیر و با رعایت وجدان، عدالت و انصاف در روابط با دیگران در فعالیتهای اقتصادی در مقیاس خانوادگی، ملی و جهانی مشارکت می‌نمایند. همچنین سند برنامه ملی درسی جمهوری اسلامی ایران «حوزه تربیت و یادگیری کار و فناوری» به قلمرو و سازماندهی محتوای این آموزش‌ها پرداخته است. در برنامه‌های درسی فنی و حرفه‌ای علاوه بر اصول دین محوری، تقویت هویت ملی، اعتبار نقش یادگیرنده، اعتبار نقش مرجعیت معلم، اعتبار نقش پایه‌ای خانواده، جامعیت، توجه به تفاوت‌های فردی، تعادل، یادگیری مادام‌العمر، جلب مشارکت و تعامل، یکپارچگی و فراگیری، اصول تنوع بخشی آموزش‌ها و انعطاف‌پذیری به آموزش بر اساس نیاز بازار کار، اخلاق حرفه‌ای، توسعه پایدار و کاهش فقر و تولید ثروت، شکل‌گیری تدریجی هویت حرفه‌ای توجه شده است.

مطالبات اسناد بالادستی، تغییرات فناوری و نیاز بازار کار داخل کشور و تغییر در استانداردها و همچنین توصیه‌های بین‌المللی، موجب شد تا الگوی مناسب که پاسخگوی شرایط مطرح شده باشد طراحی و برنامه‌های درسی بر اساس آن برنامه‌ریزی و تدوین شوند. تعیین سطوح شایستگی و تغییر رویکرد از تحلیل شغل به تحلیل حرفه و توجه به ویژگی‌های شغل و شاغل و توجه به نظام صلاحیت حرفه‌ای ملی، تلفیق شایستگی‌های مشترک و غیر فنی در تدوین برنامه‌ها از ویژگی‌های الگوی مذکور و برنامه‌های درسی است. بر اساس این الگو فرایند برنامه‌ریزی درسی آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و مهارتی در دو بخش دنیای کار و دنیای آموزش طراحی شد. بخش دنیای کار شامل ده مرحله و بخش دنیای آموزش شامل پانزده مرحله است. نوع ارتباط و تعامل هر مرحله با مراحل دیگر فرایند به صورت طولی و عرضی است، با این توضیح که طراحی و تدوین هر مرحله متأثر از اعمال موارد اصلاحی مربوط به نتایج اعتباربخشی آن مرحله یا مراحل دیگر می‌باشد.

توصیه سند تحول بنیادین و برنامه درسی ملی بر تدوین اجزای بسته آموزشی جهت تسهیل و تعمیق فعالیت‌های یاددهی یادگیری، کارشناسان و مؤلفان را بر آن داشت تا محتوای آموزشی مورد نظر را در شبکه‌ای از اجزای یادگیری با تأکید بر برنامه درسی رشته، برنامه‌ریزی و تدوین نمایند. کتاب راهنمای هنرآموز از اجزای شاخص بسته آموزشی است و هدف اصلی آن توجیه و تبیین برنامه‌های درسی تهیه





کلیات

تعاریف و اصطلاحات



## ■ رویکرد برنامه درسی ملی

منظور از این اصطلاح، جهت‌گیری آموزش‌های مدرسه‌ای بر اساس فلسفه تربیتی نظام حاکم بر جامعه و انتظارات رهبران، مردم و نهادها از برنامه درسی ملی است. این رویکرد، رویکرد فطرت‌گرای توحیدی نام دارد که مقصد عالی آن، شکوفایی گرایش‌های الهی در انسان و تربیت انسان خلیفه الله است.

## ■ دنیای کار

شامل کار مزدی، پیگیری حرفه و شغل در زندگی در همه جنبه‌های زندگی اجتماعی است. دنیای کار از دنیای آموزش و زندگی شخصی متمایز است. دنیای کار اعم از زندگی شغلی، بازار کار، محیط واقعی کار و بنگاه‌های اقتصادی است.

## ■ محیط کار

موقعیتی است که افراد در آن کار می‌کنند و گستره‌ای وسیع از فضاها از خانه تا کارخانه بزرگ را شامل می‌شود.

## ■ بنگاه اقتصادی

محلی که در آن فعالیت‌های اقتصادی مبتنی بر استاندارد ملی طبقه‌بندی فعالیت‌های اقتصادی صورت می‌گیرد.

## ■ صلاحیت حرفه‌ای

مجموعه‌ای از شایستگی‌های حرفه‌ای است که با توجه به سطح، نوع و وسعت آنها به سطوح دیگر تقسیم خواهند شد.

## ■ آموزش و تربیت فنی و حرفه‌ای (TVET)

آموزش و تربیت در قلمرو دنیای کار جهت زمینه‌سازی، آمادگی، نگهداشت و ارتقاء شغلی و حرفه‌ای را گویند. آموزش و تربیت فنی و حرفه‌ای واژه‌ای جامع است که به جنبه‌های از فرآیند آموزشی و تربیتی، دربرگیرنده، مطالعه فناوری‌ها و علوم وابسته، کسب نگرش‌ها و مهارت‌های عملی، فهم و دانش مرتبط با حرفه‌ها را در بخش‌های گوناگون اقتصادی و زندگی اجتماعی، علاوه بر آموزش عمومی، ارجاع و اطلاق می‌شود. این واژه اعم از آموزش فنی و حرفه‌ای رسمی، غیررسمی و سازمان نیافته است. همچنین این آموزش‌ها شامل طیف وسیعی از فرصت‌های توسعه مهارت‌ها است که با بافت‌های ملی و محلی هماهنگ می‌گردد. یادگیری برای یاد گرفتن و رشد سواد و مهارت‌های محاسبه، مهارت‌های عرضی (غیر فنی) و مهارت‌های شهروندی نیز از مولفه‌های جدایی‌ناپذیر آموزش و تربیت فنی و حرفه‌ای می‌باشند.

### ■ شغل (Job)

واژه شغل "استخدام شدن برای ارائه خدمت و یا برای مدتی خاص" می‌باشد. شغل محدود به زمان و فرد کارفرما است. شغل مجموعه از کارها و وظایف مشخص است که در یک جایگاه خاص تعریف می‌شود. یک شخص ممکن است در یک حرفه در زمان‌های گوناگون مشاغل متفاوت داشته باشد.

### ■ حرفه (Occupation)

مجموعه‌ای از مشاغل دنیای کار است که شباهت معقولانه‌ای از نظر کارها، دانش و توانایی‌های مورد نیاز دارد. حرفه مشغولیت اصلی فرد در طول زندگی است. استاندارد حرفه‌ای، حداقل‌های مورد انتظار دنیای کار در یک حرفه را نشان می‌دهد. حرفه مرتبط با فرد و نقش وی در بازار و دنیای کار است (مانند حسابدار، خانه‌دار، جوشکار، پرستار، مهندس ساختمان). اکثر حرفه‌ها در بخش‌های مختلف وجود دارد در حالی که برخی از حرفه‌ها (مهندس معدن) مربوط به بخش خاصی است. یک حرفه مجموعه‌ای از مشاغل است که شباهت معقولانه‌ای از نظر کارها، دانش و توانایی‌های مورد نیاز دارد.

### ■ وظیفه (Duty)

وظیفه عبارت است از مسئولیت و نقش اصلی مشخصی را که در یک جایگاه شغلی یا حرفه برای شخص در نظر می‌گیرند، وظیفه نام دارد. برای مثال از وظایف اصلی یک تعمیرکار خودرو میتوان به تعمیر سیستم مولد قدرت، تعمیر سیستم انتقال قدرت و ... اشاره کرد. از تکنسین مکاترونیک انتظار می‌رود نگهداری و تعمیرات سیستم‌های کنترل عددی را به عنوان وظیفه انجام دهد.

### ■ تکلیف کاری (Task)

یک تکلیف کاری فعالیت مشخصی است که دارای ابتدا و انتها می‌باشد و شامل مراحل منطقی است. معمولاً هر وظیفه به چندین تکلیف کاری تقسیم می‌شود. به طور مثال از یکی از تکالیف کاری وظیفه «تعمیر سیستم مولد قدرت»، تنظیم سیستم جرقه می‌باشد.

### ■ شایستگی<sup>۱</sup>

مجموعه‌ای اثبات شده از دانش، مهارت و نگرش مورد نیاز جهت انجام یک تکلیف کاری، بر اساس استاندارد را، شایستگی گویند. شایستگیها در حوزه آموزش‌های فنی و حرفه‌ای به سه دسته شایستگیهای فنی، غیرفنی و عمومی تقسیم‌بندی می‌شوند.

## ■ سطح شایستگی انجام کار

صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطح صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، انجام هر کار ممکن است با کیفیت مشخصی در محیط کار مورد انتظار باشد. سطح کیفی شناخته شده از یک شخص در محیط کار را سطح شایستگی مورد انتظار و نیاز گویند. سطح شایستگی انجام کار معیار اساسی ارزشیابی می‌باشد. در بین کشورهای مختلف نظام سطح‌بندی شایستگی گوناگونی وجود دارد اما نظام چهار سطحی معمول‌ترین آنها به نظر می‌رسد.

## ■ چارچوب صلاحیت ملی (NQF)

چارچوبی است که صلاحیت‌ها، مدارک و گواهینامه‌های در سطوح و انواع مختلف را به صورتی منسجم و همگون براساس مجموعه از معیارها و شاخص‌های توافق شده به هم ارتباط می‌دهد. در این چارچوب به مهارت و تجربه در کنار دانش ارزش ویژه‌ای داده می‌شود. زمان و مکان یادگیری ارزش کمتری دارد.

## ■ سطح صلاحیت (Level of Qualification)

سطح صلاحیت عبارت است از سطح حرفه یا شغلی در چارچوب صلاحیت‌های حرفه‌ای ملی که تکلیف کاری باید در آن طراحی و تدوین گردد. نظام‌های سطح‌بندی گوناگونی در بین کشورها وجود دارد، سطح صلاحیت مهندسی (حرفه‌ای) پنج در نظر گرفته شده است که به طبع آن تکنسین فنی یا حرفه‌ای دارای سطح چهار می‌باشد. صلاحیت حرفه‌ای در اروپا EQF به ۸ سطح تقسیم‌بندی شده است.

## ■ برنامه درسی آموزش و تربیت فنی و حرفه‌ای

برنامه درسی آموزش و تربیت فنی و حرفه‌ای مجموعه‌ای از استانداردهای دنیای کار، اهداف، محتوا، روش‌ها، راهبردهای یاددهی-یادگیری، تجهیزات، زمان، فضا، استاندارد شایستگی‌ها، مواد آموزشی، استاندارد ارزشیابی است که دانش‌آموز(هنرجو)، کار آموز یا مربی را برای رسیدن به آن اهداف در حوزه آموزش‌های فنی و حرفه‌ای هدایت می‌نماید. دامنه شمول برنامه درسی در حوزه آموزش‌های فنی و حرفه‌ای، دنیای کار و دنیای آموزش را در بر می‌گیرد.

معمولاً در نظام‌های آموزش‌های فنی و حرفه‌ای کشورها سه نوع استاندارد، متصور می‌شوند:

- ۱- استاندارد شایستگی حرفه‌ای؛ شایستگی یا مهارت، که توسط متولیان صنعت، بازار کار و اتحادیه‌ها، صنوف و ... تهیه می‌شود. در این استاندارد، وظایف، کارها و صلاحیت‌های هر شغل یا حرفه مورد توجه قرار می‌گیرند.

- ۲- استاندارد ارزشیابی؛ براساس استاندارد شایستگی حرفه‌ای و دیگر عوامل مؤثر توسط گروه‌های مشترکی از حوزه‌های گوناگون تهیه می‌شود و منجر به اعطای گواهینامه یا مدرک صلاحیت حرفه‌ای می‌گردد.

۳- استاندارد آموزشی (برنامه درسی)؛ بر اساس استانداردهای شایستگی حرفه و ارزشیابی توسط ارائه‌دهندگان آموزش‌های فنی و حرفه‌ای تهیه می‌گردد. در این استاندارد و اهداف دروس، محتوا، راهبردهای یاددهی-یادگیری، تجهیزات آموزشی و ... در اولویت قرار دارد.

### ■ آموزش مبتنی بر شایستگی

رویکردی در آموزش فنی و حرفه‌ای است که تمرکز بر شایستگی‌های حرفه‌ای دارد. شایستگی‌ها را به عنوان پیامدهای آموزشی در نظر می‌گیرد و فرایند نیازسنجی، طراحی و تدوین برنامه درسی و ارزشیابی بر اساس آنها انجام می‌شود. شایستگی‌ها می‌توانند به شایستگی‌های فنی (در یک حرفه یا مجموعه‌ای از حرفه‌ها)، غیرفنی و عمومی دسته‌بندی شوند. رسیدن فراگیران به حداقلی از همه شایستگی‌ها به عنوان هدف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای در این رویکرد مورد توجه قرار می‌گیرد.

### ■ استاندارد شایستگی حرفه

استاندارد شایستگی حرفه تعیین‌کننده فعالیت‌ها، کارها، ابزارها و شاخص‌هایی برای عملکرد در یک حرفه می‌باشد.

### ■ هویت حرفه‌ای:

برآیند مجموعه‌ای از باورها، گرایش‌ها، اعمال و صفات فرد در مورد حرفه است. بنابراین بدلیل تغییرات این مجموعه در طول زندگی حرفه‌ای، هویت حرفه‌ای قابلیت تکوین در مسیر تعالی را دارد.

### ■ گروه تحصیلی-حرفه‌ای (چند رشته‌ای تحصیلی-حرفه‌ای)

چند رشته تحصیلی - حرفه‌ای که در کنار هم قرار می‌گیرند تا فراگیر را برای انتخاب مبتنی بر علائق، تصحیح در موقعیت بر اساس استعداد و حرکت در مسیر زندگی با توجه به استانداردهای راهنمایی و هدایت تحصیلی-حرفه‌ای به صورت منطقی یاری می‌رساند. چند رشته‌ای‌ها ممکن است با توجه به شرایط و امکانات منطقه‌ای هم خانواده، غیر هم خانواده، شایستگی‌های بزرگ مبتنی بر گروه‌های فرعی حرفه و شایستگی‌های طولی برای کسب کار باشد. گروه‌بندی تحصیلی-حرفه‌ای باعث شکل دهی هویت حرفه‌ای و تکوین آن در طول زندگی خواهد شد.

### ■ رشته تحصیلی-حرفه‌ای

مجموعه‌ای از صلاحیت‌های حرفه‌ای و عمومی است که آموزش و تربیت بر اساس آن اجرا و ارزشیابی می‌گردد.

## ■ اهداف توانمند سازی

اهداف توانمندسازی اهدافی است که بر اساس شایستگی‌ها، استانداردها و عملکرد و اقتضائات یاددهی- یادگیری جهت کسب شایستگی‌ها توسط دانش‌آموزان تدوین می‌گردد. اهداف توانمند ساز با توجه به رویکرد شکوفایی فطرت شامل پنج عنصر: تعقل، ایمان، علم، عمل و اخلاق و چهار عرصه ارتباط متربی با خود، خدا، خلق و خلقت است که با محوریت ارتباط با خدا تعریف، تبیین و تدوین می‌شوند. - باتوجه به این‌که آموزش و تربیت فنی و حرفه‌ای و مهارتی فرایند تکوین و تعالی هویت حرفه‌ای متربیان است و هویت متربیان برآیند نوع ارتباط آنان با خدا، خود، خلق و خلقت می‌باشد، بنابراین اهداف تربیت با توجه به این عرصه‌ها قابل تبیین خواهد بود، این عرصه‌ها به گونه‌ای جامع، یکپارچه و منطقی کلیه ساحت‌های تربیتی<sup>۱</sup> را در برمی‌گیرد.

## ■ یادگیری یک‌پارچه و کل نگر

: یادگیری همه جانبه، یادگیری یک موضوع از ابعاد مختلف. در برنامه درسی ملی به ارتباط عناصر اهداف درسی و تربیتی و عرصه‌های چهارگانه گفته می‌شود.

## ■ یادگیری

: فرایند ایجاد تغییرات نسبتاً پایدار در رفتار یادگیرنده، یادگیری ممکن است از طریق تجربه عینی (از طریق کار، تمرین و ...)، به صورت نمادین (از طریق اشکال، اعداد و نمادها)، به شیوه نظری (توضیحات کلی) یا به شیوه شهودی (ذهنی یا روحانی) صورت گیرد.

## ■ فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته

فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته بر اساس اصول حاکم بر انتخاب راهبردهای یاددهی - یادگیری در شاخه فنی و حرفه‌ای طراحی می‌گردد. در تدوین فعالیت‌های یادگیری در دروس مختلف شاخه فنی و حرفه‌ای بر اساس برنامه درسی ملی ایران و حوزه یادگیری کار و فناوری، دیدگاه فناورانه حاکم خواهد بود. انتخاب فعالیت‌های یاددهی- یادگیری در فرایند آموزش به کمک مواد و رسانه‌های یادگیری به منظور تحقق

---

۱- ساحت‌های تعلیم و تربیت بر اساس سند تحول بنیادین آموزش و پرورش، عبارتند از: اعتقادی، عبادی و اخلاقی، اجتماعی و سیاسی، زیستی و بدنی، زیباشناختی و هنری، اقتصادی و حرفه‌ای و علمی و فناورانه.

شایستگی‌ها بر اساس اصولی از قبیل تقویت انگیزه دانش‌آموزان، درک و تفسیر پدیده‌ها در موقعیت‌های واقعی دنیای کار، فعال نمودن دانش‌آموزان استوار است.

## ■ محتوا

محتوی آموزشی مبتنی بر اهداف توانمند ساز و فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته می‌باشد. محتوی مبتنی بر ارزش‌های فرهنگی و تربیتی و سازوار با آموزه‌های دینی و قرآنی، مجموعه‌ای منسجم و هماهنگ از فرصت‌ها و تجربیات یادگیری است که زمینه شکوفایی فطرت الهی، رشد عقلی و فعلیت یافتن عناصر و عرصه‌ها را به صورت پیوسته فراهم می‌آورد. همچنین محتوی دربرگیرنده مفاهیم و مهارت‌های اساسی و ایده‌های کلیدی مبتنی بر شایستگی‌های مورد انتظار از دانش‌آموزان است و بر گرفته از یافته‌های علمی و معتبر بشری می‌باشد. تناسب محتوی با نیازهای حال و آینده، علایق، ویژگی‌های روانشناختی دانش‌آموزان، انتظارات جامعه اسلامی و زمان آموزش از الزامات محتوی است.

## ■ بسته تربیت و یادگیری

بسته تربیت و یادگیری، به مجموعه‌ای هماهنگ از منابع، مواد و رسانه‌های آموزشی اطلاق می‌شود که در یک بسته واقعی یا به صورت اجزایی هماهنگ با نشان و برند مؤسسه تولیدکننده تهیه و برای یک یا چندپایه تحصیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر باگسترش فن‌آوری‌های نوین و ICT، بسته آموزشی با نرم‌افزارهای آموزشی، لوح فشرده و سایت‌های اینترنتی تکمیل می‌شود. طراحی و تهیه بسته یادگیری بر اساس ماکت بسته تربیت و یادگیری انجام می‌پذیرد. بسته تربیت و یادگیری می‌تواند شامل گسترهای ازمناح و رسانه‌های آموزشی یا حاوی تعدادی کتاب و کتابچه، برگه‌های کار، لوح فشرده، فیلم آموزشی و حتی برخی وسایل کمک آموزشی و ابزارها باشد. در کنار بسته سخت‌افزاری، استفاده از امکانات نرم‌افزاری و اینترنت نیز می‌تواند به تکمیل یک بسته‌ی آموزشی کمک کند. می‌توان بسته تربیت و یادگیری را به دو گروه کلی شامل منابع اصلی و منابع تکمیلی تقسیم نمود. منابع اصلی شامل کتاب راهنمای معلم، کتاب درسی، کتاب کار دانش‌آموز و کتاب ارزشیابی می‌شوند.

لذا بسته تربیت و یادگیری شامل:

- ۱- کتاب درسی؛ ۲- راهنمای معلم؛ ۳- کتاب همراه هنرجو ۴- کتاب کار ۵-
- نرم‌افزار دانش‌آموز؛ ۶- فیلم هنرجو ۷- شبیه سازها؛ ۸- فیلم معلم؛ ۹- پوستر و غیره می‌باشد.

جدول شایستگی غیر فنی (سطح ۱)

ردیف	شایستگی محوری	سطح	محتوی
۱	تفکر منطقی	۱	شناسایی حقایق و اصول- شناسایی مسأله-به کارگیری قوانین / اصول در فرآیند / مراحل کار-استخراج اطلاعات/ داده‌ها -استفاده از علم منطقی برای طراحی و ترسیم نتایج
۲	تفکر انتقادی	۱	تعریف تفکر انتقادی- نقش تفکر انتقادی در بهبود مداوم عملکرد- مزایای استفاده از تفکر انتقادی-تعیین بهترین تجربه‌های کاری- گام‌هایی برای یک متفکر انتقادی شدن
۳	تفکر و نگرش سیستمی	۱	تشخیص سیستم‌های سازمانی فناوریانه، اجتماعی -فهم اصول/ اصطلاحات سیستم- درک سلسله مراتب سازمانی - پیگیری فرآیندها/ مراحل کار- پاسخ به درخواست‌های سیستم- جمع‌آوری داده‌ها - شناسایی مغایرت‌های سیستم - تنظیم فعالیت‌های سیستم - نظارت بر عملکرد سیستم - عیب‌یابی مشکلات و نقصان سیستم - فهم بهبود مداوم سیستم - شناسایی بهبودهای سیستماتیک - ارائه پیشنهاد برای اصلاح/ بهبود سیستم - تعیین مولفه‌هایی که باید مورد اصلاح و یا بهبود قرار گیرند.
۴	تفکر خلاق	۱	برقراری ارتباط بین پدیده‌های قدیم و جدید - تشخیص الگوها و روابط فردی و اجتماعی- پارگراف‌بندی، خلاصه‌سازی مطالب - به نمایش گذاردن فرآیند تفکر خلاق در هنگام حل مسأله- به اجرا گذاشتن تکنیک‌های بارش مغزی
۵	یادگیری مادام‌العمر	۱	درک فرآیند یادگیری، بازخوانی قوانین/ مفاهیم و اصول پایه- طراحی مبتنی بر تجارب و دانش قبلی، شناسایی روش‌های یادگیری انفرادی- انتخاب / بکارگیری ابزارهای یادگیری - تفسیر و به کارگیری روش‌های یادگیری جدید - تفسیر نمادها، نمودارها و نمودارهای تصویری - سوال نمودن- تشخیص کمبودها - جستجو دانش- برطرف نمودن کمبودها
۶	کار با داده‌ها و اطلاعات (فارسی- لاتین)	۱	انتخاب / به دست آوردن داده‌ها یا اطلاعات مربوط به کار شناسایی داده‌های موردنیاز- شناسایی اطلاعات /داده‌ها - پیش‌بینی نتایج - شناسایی فرآیندها - انتخاب طبقه‌بندی از بردن فرآیندهای جدید برای اطلاعات جدید درک اطلاعات - دقت اطلاعات - ایجاد ارتباط دقیق بین اطلاعات موجود - تفسیر اطلاعات - آماده نمودن خلاصه‌های (چکیده‌ها) اصلی - آماده نمودن گزارش‌های اصلی - انتخاب روش‌های معاشرت درک صحیح استفاده از رایانه - واردکردن اطلاعات پایه به رایانه - بکارگیری نرم افزارهای چندگانه / یکپارچه - مکانیسم‌بندی اطلاعات - بازیابی اطلاعات ذخیره‌شده

جدول شایستگی غیر فنی (سطح ۱)

ردیف	شایستگی محوری	شرح	محتوی
۷	بکار بردن فناوری مناسب	۱	شناخت فناوری‌های موجود - شناسایی فناوری‌های مناسب - فهم نیازمندی‌های کار - فهم نتایج تکنولوژیکی (فناورانه) - درک کاربردهای فناورانه - پیگیری مراحل صحیح اجرای کار-داشتن درک درست از عملکرد/ تعامل فناوری - کارکردن با فناوری برای به دست آوردن نتایج مورد انتظار - برنامه‌ریزی برای نگهداری مراحل کار- اجرای روش‌های مشخص نگهداری- شناسایی نشانه‌ها (نقاط آزمایش) برای نگهداری- شناسایی و اصلاح در اشکالات/ نقصان‌ها - عیب‌یابی
۸	محاسبه و کاربست ریاضی	۱	به کار بردن علم ریاضی - تکنیک‌ها، فرمول‌ها و فرآیندها - ثبت نتایج حاصله - خلاصه کردن داده‌ها (اطلاعات ریاضی)- ترجمه اطلاعات ریاضی
۹	ارتباط موثر	۱	نشان دادن واکنش مناسب به دیگران - کمک داوطلبانه و مشتاقانه به دیگران- علاقمندی فعال برای مساعدت به دیگران- ایجاد رابطه‌ی دوستانه با دیگر کارگران و مشتریان - با دقت گوش کردن- پرهیز از ارتباطات غیر کلامی (غیرگفتاری)- پاسخگویی به ارتباطات کلامی و غیر کلامی (غیر گفتاری)- تأیید کردن ارتباطات
۱۰	کار تیمی	۱	ایفای کامل نقش به عنوان عضو تیم - شناسایی مثبت به وسیله تیم- حضوری فعال در فعالیت‌های تیمی- انجام کارها و وظایف محوله اطاعت از قوانین تیمی- شرکت فعال در فعالیت‌های تیمی - داوطلب شدن برای انجام وظایف خاص- کمک به اعضای تیم فهم استانداردها- رعایت استانداردها - تشویق دیگران برای پذیرش مفاهیم جدید - تعهد به خردورزی و تعالی- هدایت به وسیله ارائه مثال - تفسیر موقعیت‌های جدید - تشخیص تفاوت‌ها / اصول‌ها - فهم جنبه‌های قانونی تبعیض- ابزار حساسیت به ترس/ نگرانی‌ها/ تنوع کاری - احترام به حقوق دیگران - ابراز آگاهی از تنوع کاری
۱۱	اخلاق حرفه‌ای	۱	شناسایی مسائل اخلاقی- شناسایی ارزش‌های اجتماعی و فردی- ابزار صداقت- نمایش وفاداری و حسن نیت- پذیرش مسئولیت در ارتباط با رفتارهای فردی- حضور منظم - به نمایش گذاشتن و اثبات حضور به موقع و وقت‌شناسی - انجام وظایف و کارهای محوله - پیروی از قوانین/ خط مشی/ مراحل - نمایش و بکارگیری سطح خوبی از تمرکز ذهنی- داوطلب شدن برای فعالیت‌های جدید و خاص - انجام صحیح کارها با حداقل نظارت - توجه به جزئیات کار- به نمایش گذاشتن اشتیاق/ خوش‌بینی/ ابتکار



جدول شایستگی غیر فنی (سطح ۱)

ردیف	شایستگی محوری	سطح	محتوی
۱۲	آموزش دیگران	۱	شناسایی عملکردها/ نگرش‌های ضعیف - ارائه مدل‌های جدید در نگرش‌ها/ عملکردها - داشتن مدرکی درست در مواد آموزشی تدریس شده - شناسایی نیازهای آموزشی و تربیتی - هدایت وظایف خاص تربیتی و آموزشی- هدایت و سرپرستی سایر افراد برای به کارگیری مهارت‌های مربوطه
۱۳	مستندسازی	۱	گزارش‌نویسی فعالیت‌های روزانه، مستندسازی فعالیت و برنامه‌های روزانه، ایجاد سوابق، تکمیل فرم‌های و جداول با توجه به دستورالعمل‌های کاری، پابندی به مستندسازی در نظام کنترل کیفیت (به صورت دیجیتالی یا غیر از آن)
۱۴	مدیریت منابع	۱	شروع به کار به موقع - پیروی از جدول زمان‌بندی - انجام مجموعه‌ی وظایف محوله - مدیریت موثر زمان - تنظیم جدول‌های زمانی منطبق با نیازهای مسئول بخش - دریافت و هزینه پول‌ها به صورت کاملاً دقیق - تطبیق رسیدها با پرداخت‌های روزانه ثبت دقیق پرداخت‌ها و هزینه‌ها - استفاده از مواد و تجهیزات با روش‌های صحیح - تهیه و تأمین تدارکات و تجهیزات مورد نیاز برای اجرای کار خاص - تأمین تدارکات و تجهیزات - توزیع تدارکات و تجهیزات - تشخیص وظایف شغلی - (کارهای مربوط به شغل) - توزیع وظایف کاری- تطبیق استعدادها با موقعیت‌های شغلی- تجزیه و تحلیل وظایف شغلی - واگذاری مسئولیت‌ها
۱۵	مدیریت کار و کیفیت	۱	شناسایی نقاط قوت/ ضعف فردی- شناسایی نیاز برای بهبود فردی- آمادگی فردی برای خود کنترلی - پذیرش مسئولیت برای رفتارهای فردی- پذیرش نقدهای سازنده
۱۶	کارآفرینی	۱	شناخت مشاغل مرتبط با رشته شغلی- شناخت محصولات تولیدی - ارائه‌ی راه حل‌های مناسب - انتخاب بنگاه کسب و کار- ارائه طرح تحلیلی در راستای اهمیت و ضرورت کارآفرینی- برقراری ارتباطات اثربخش در جهت ارتقاء ویژگی‌ها کارآفرینانه

جدول شایستگی غیر فنی (سطح ۲)

ردیف	شایستگی محوری	سطح	محتوی
۱	تفکر منطقی	۲	تجزیه و تحلیل منطق‌های قوانین / مفاهیم - تست کردن اطلاعات و داده‌ها برای مناسب‌سازی و سنجش دقت کار- تجزیه و تحلیل موقعیت/ اطلاعات - در نظریه‌های خطرات/ استلزامات - ترکیب نقطه‌نظرهای متفاوت- آزمون اطلاعات/ داده‌ها - تجزیه و تحلیل دلایل یا راه حل‌های ممکن- طراحی عملیات توصیه شده
۲	تفکر انتقادی	۲	بهره برداری و استفاده از تفکر انتقادی- کاربرد تفکر انتقادی در محیط و شرایط گوناگون کاری
۳	تفکر و نگرش سیستمی	۲	تجزیه و تحلیل ساختار/ پابایی سیستم- تشخیص نقاط قوت و محدودیت سیستم- تجزیه و تحلیل فعالیت‌های سیستم - تشخیص نوسانات عملکردی - شناسایی انحرافات عملکردی تجزیه و تحلیل اهداف/ موانع سیستم - آزمون کردن بهبودها/ اصلاحات و پیشنهادها داده شده
۴	تفکر خلاق	۲	تولید راه حل‌های خلاق- بکارگیری راه‌حل‌های خلاق برای موقعیت‌های جدید
۵	یادگیری مادام‌العمر	۲	تجزیه و تحلیل کاربرد ابزارهای یادگیری، جستجوی ابزارهای یادگیری جدید - ساخت ابزارهای یادگیری- مطالعه مستقل- پژوهش- خود ارزیابی - موافقت با ارزشیابی خارجی- شناسایی دقیق کمبودهای شایستگی
۶	کار با داده‌ها و اطلاعات (فارسی- لاتین)	۲	تجزیه و تحلیل داده‌ها- تلفیق داده‌های چندگانه- مخالفت با داده‌های متناقض- تجزیه و تحلیل سازمان اطلاعات- انتقال اطلاعات در فرمت‌ها (قالب‌های مناسب)- خلاصه کردن/ تلفیق اطلاعات- تجزیه و تحلیل اطلاعات- طراحی نمودارها / چارت‌ها - پردازش اطلاعات - تفسیر داده‌ها- یکپارچه کردن سکوه‌های آموزش چندگانه - به کارگیری شبکه‌ها - تعدیل/ ویرایش اطلاعات
۷	بکار بردن فناوری مناسب	۲	تجزیه و تحلیل رابطه‌ی بین کار/ فناوری - ارائه پیشنهادها و راه‌حل‌های فناورانه ساده - تجزیه و تحلیل بازده‌های فناوری - سنجیدن و آزمون رابطه‌ی بین کار/ فناوری - ارزشیابی عملکردهای فناورانه- تجزیه و تحلیل نقص‌ها
۸	محاسبه و کاربست ریاضی	۲	مهارت انجام و حل مسائل ریاضی با استفاده از تکنیک‌ها، فرمول‌ها و فرآیندها - ترجمه مفاهیم و اطلاعات ریاضی
۹	ارتباط موثر	۲	اصلاح رفتار متناسب با اقتضانات محیطی- نمایش فهم و همدردی با دیگران- اعتقاد داشتن و متعهد بودن به توسعه اجتماعی- تفسیر (ترجمه‌ی) ارتباطات و مکالمات- مشخص کردن ارتباطات کلامی- ارتباطات کلامی تأثیر گذار

جدول شایستگی غیر فنی (سطح ۲)

ردیف	شایستگی محوری	تعداد	محتوی
۱۰	کار تیمی	۲	ایفای کامل نقش به عنوان سازنده تیم- ابراز تعهد و مسئولیت‌های فردی- تلاش برای بهبود وظایف تیمی- تشویق/ حمایت اعضای تیم- تشویق دیگران برای توسعه ظرفیت‌های فردی- اشتیاق / نگرش‌های مثبت- تولید ایده‌های کوچک و بزرگ- تشخیص ارزش تنوع کاری-تشویق/ حمایت فردی- حمایت و تشویق فرآیند کاری صحیح و درست- مبارزه مسئولانه با تبعیض در فعالیت یا عملیات‌ها
۱۱	اخلاق حرفه‌ای	۲	نمایش تعهد به توسعه‌ی فردی (شخصی) اجتماعی- تجزیه و تحلیل مجموعه‌ای از رفتارها و تصمیم‌های اخلاقی در محیط کار- توصیه و تأکید بر مجموعه‌ای از رفتارهای اخلاقی و عملکردی- کنترل و پایش استانداردهای عملکردی- پیگیری وظایف محوله- ابراز تعهد به سازمان متبوع- به نمایش گذاشتن تلاش و پشتکار قابل توجه- اطمینان از کیفیت کار انجام شده - وجدان کاری
۱۲	آموزش دیگران	۲	فراهم آوردن بازخوردهای تقویتی سازنده
۱۳	مستند سازی	۲	مستندسازی فرآیندها و فعالیت‌ها در نظام کنترل کیفیت- بازنگری، تجدید نظری مدارک، سوابق، فرم‌ها و گزارش‌ها فعالیت‌ها، دستورالعمل‌ها کاری و شرح تفصیلی فرآیندها - اطمینان از آخرین تغییرات و بازنگری‌ها - تهیه صورت جلسات کاری- ترویج رویه‌های مستندسازی (به صورت دیجیتالی یا غیر از آن)
۱۴	مدیریت منابع	۲	اولویت‌بندی کردن وظایف و کارهای روزانه - آماده کردن جدول‌های زمان‌بندی کار - نظارت/ تنظیم مراحل انجام کار (وظایف)- نگهداری و تعادل بین درآمدها و هزینه‌ها- تطبیق حساب‌ها و هزینه‌ها- نگهداری از لیست (سیاهه) تجهیزات (فهرست اموال) نظارت بر بکارگیری صحیح و ایمن مواد و تجهیزات- ارزیابی دانش/ مهارت‌های شخصی- تعیین کیفیت و کمیت نوع کار (حجم کار)- نظارت بر اجرای کار
۱۵	مدیریت کار و کیفیت	۲	چیدمان صحیح اهداف واقعی/ اهداف معین و مشخص- به نمایش گذاردن ابزار تعهد به بهبود فردی- به کارگیری مهارت‌های خود مدیریتی/ مدیریت فردی- تجزیه و تحلیل و سازگار سازی اهداف با یکدیگر
۱۶	کارآفرینی	۲	جستجوگری شغلی- انتخاب مسیر شغلی کارآفرینانه - خلق ایده‌های کسب و کار - توانایی سازماندهی بنگاه‌های کسب و کار-

جدول شایستگی غیر فنی (سطح ۳)

ردیف	شایستگی محوری	سطح	محتوی
۱	تفکر منطقی	۳	خلق و توسعه‌ی قوانین و مفاهیم جدید- همسان‌سازی قوانین و مفاهیم برای کاربردهای جدید- اعتباربخشی اصول/ قوانین- قضاوت در مورد قوانین منطقی و شایستگی‌های قانونی- تولید راه حل‌های چندگانه- ارزیابی و راه حل‌های چندگانه- فرمول‌بندی طرح عمل- پیش‌بینی خروجی‌ها و نتایج احتمالی مبتنی بر تجارب و دانش قبلی - قضاوت در مورد شمول تقدم و تأخر مطالب -قضاوت در مورد اهداف/ نتایج - تعیین پارامترهای تصمیم‌گیری - تولید/ ارزیابی راه حل‌ها- ساختن/ اجرای طرح‌های عملیاتی- ارزیابی/ تنظیم طرح‌های عملیاتی- قضاوت اثربخشی/روایی راه‌حل‌ها
۲	تفکر انتقادی	۳	ارزشیابی و قضاوت در مورد مهارت تفکر انتقادی دیگران- ارائه الگوهای جدید در روش‌های تفکر انتقادی
۳	تفکر و نگرش سیستمی	۳	ارزشیابی ساختار / پایایی سیستم- ارزشیابی فرآیند / مراحل کار- قضاوت اثر بخشی/ کارایی سیستم- تنظیم ساختار/ سازمان سیستم- ارزشیابی عملکرد سیستم - ابداع طرح برای نظارت / درستی کار سیستم - اصلاح (تعدیل) فرآیند/ مراحل کار - بررسی فعالیت‌های سیستم - قضاوت در مورد کیفیت خدمات/ تولیدات- توسعه طرح‌های سیستمی/ سیستم چندگانه/ سیستم جدید- ایجاد چالش برای رسیدن به تعادل سیستمی- تنظیم اصلاح سیستم - اطمینان از کنترل کیفیت
۴	تفکر خلاق	۳	تولید راه حل‌های کم نظیر و بی نظیر- فرمول‌بندی کردن طرح‌ها، ایده‌ها و رویکردهای جدید- سازماندهی فرآیندها و عملیات جدید- قضاوت و ارزش‌گذاری خلاقیت - ترغیب فعال با استفاده از عبارات خلاق
۵	یادگیری مادام العمر	۳	ساخت فرمول/ انتخابات استراتژی یادگیری، ترکیب کردن روش‌های یادگیری-ایجاد (توسعه)/ ارزشیابی روش‌های یادگیری جدید، اعتبار بخشی فرایند یادگیری-اشتیاق زیاد در یادگیری- پیگیری فعال در کسب فرصت‌های یادگیری- مطالعه نقادانه- ارزشیابی و قضاوت رشد توسعه یادگیری دیگران
۶	کار با داده‌ها و اطلاعات (فارسی- لاتین)	۳	جستجوی منابع اطلاعاتی جدید- ایجاد فرایند جمع‌آوری داده‌ها- اعتباربخشی تناسب بین داده‌ها/ اطلاعات- قضاوت در خصوص پیامدها/ نتایج- ارزیابی، دقت داده‌ها- ارزشیابی ارتباط بین داده‌ها مدیریت مجدد سیستم‌های اطلاعاتی- پیشنهاد/ فرمول‌بندی کردن فرآیندهای جدید- طراحی سیستم‌های سازمانی جدید - ارزشیابی اثر بخشی فرایندها - ارزشیابی طراحی سیستم اطلاعات - قضاوت در مورد روش‌های توزیع اطلاعات سازماندهی گزارش‌های فنی- یکپارچگی روش‌های چند ارتباطی- فرمول‌بندی پروپوزال‌ها/ پیشنهادهای

جدول شایستگی غیر فنی (سطح ۳)

ردیف	شایستگی محوری	سطح	محتوی
			طراحی سخنرانی توسط چند رسانه‌ای‌ها- ارزشیابی تحلیل نیازها- ارزشیابی دقت اطلاعات- ارزشیابی گزارش‌ها- سازماندهی اطلاعات و گزارش‌ها- تبدیل قالب اطلاعات به قالب‌های جدید - ترکیب نمایش چند رسانه‌ای‌ها در سخنرانی - تحلیل مسایل عملیاتی - بررسی دقت داده‌ها- طراحی برنامه‌ها/ شبکه‌ها/ گرافیک‌ها - ارزشیابی نحوه‌ی به کارگیری رایانه - قضاوت در مورد دقت اطلاعات
۷	بکار بردن فناوری مناسب	۳	پیشنهاد کاربری برای فناوری‌های جدید- تلفیق سیستم‌ها با فناوری - پیش‌بینی نتایج به کارگیری فناوری - همسازسازی فناوری برای کاربردهای پیچیده چندگانه- طراحی فناوری‌های جدید- ارزشیابی کاربردهای فناوری‌ها- تلفیق سیستم‌های فناوری‌ها- تفسیر/ ارزشیابی داده‌های به دست آمده- اجراء ارتقاء یا تغییر فناوری- ایجاد راه حل‌های فناوری‌ها توسعه/ تغییرات فناوری‌ها- تولید راه حل‌های فناوری‌ها- اطمینان از کنترل کیفیت - قضاوت کاربردهای فناوری‌ها
۸	محاسبه و کاربست ریاضی	۳	سازماندهی اطلاعات ریاضی- مشخص کردن متغیرها و ثابت‌های ریاضی - خلق دستورالعمل‌های جدید ریاضی - پیش‌بینی پاسخ‌های احتمالی در ریاضیات- ارزشیابی اطلاعات و کاربردهای علم ریاضی
۹	ارتباط موثر	۳	کار فعال برای شناسایی و رفع موانع اجتماعی- داشتن شوق مشارکت / مذاکره- ابراز آگاهی / مسئولیت پذیری اجتماعی- ارزش نهادینه به رای و عقاید دیگران / آزادی بیان- مقایسه نقطه نظرهای متفاوت- ارتباطات کلامی به مفهوم (نتیجه) مورد نظر- تجزیه و تحلیل ارتباطات کلامی- کیفیت بخشی اطلاعات دریافتی- طبقه‌بندی عقاید مختلف- ارزش‌گذاری برای ابراز عقاید (آزادی بیان)
۱۰	کار تیمی	۳	ایفای کامل نقش به عنوان رهبر تیم- مسئولیت پذیر بودن جهت انجام اهداف تیمی- داشتن درک درست از تواناییها/ محدودیت‌ها - حل مشکلات و مصائب - مسئولیت‌پذیری در قبال چالش‌ها و سیاست‌ها - ایجاد تحرک در سایر افراد تیم- ارزشیابی فعالیت‌های تیمی- ترغیب دیگران برای معکوس نمودن ایده‌ها/ رفتارهای منفی- توسعه نقاط قوت و کم کردن ضعف‌ها- یکی کردن موقعیت‌ها/ نقطه نظرات متفاوت- قدرتمند کردن افراد/ تیم‌ها برای به دست آوردن بهترین‌ها - قضاوت انواع رهبری - تنظیم خط مشی- ایجاد چالش برای شناسایی/ رفع موانع - ارزیابی/ اصلاح خط مشی/ مراحل کار- قضاوت در مورد تبعیض و رفتارهای ناروا

جدول شایستگی غیر فنی (سطح ۳)

ردیف	شایستگی محوری	سطح	محتوی
۱۱	اخلاق حرفه‌ای	۳	برخورد مسئولانه با فعالیت‌ها/ تصمیم‌های غیر اخلاقی- تنظیم و طبقه‌بندی مجموعه‌ای از رفتارهای اخلاقی در کار- قضاوت در خصوص تصمیم‌گیری و رفتارهای عملکردی- به نمایش‌گذاری مراقبت‌های و مسئولیت‌های اجتماعی- قضاوت و ارزشیابی در مورد مسئولیت‌پذیری دیگران
۱۲	آموزش دیگران	۳	توسعه‌ی مناسب مراحل آموزش- تشویق فراگیران برای یادگیری مستقل- قضاوت در مورد متغیرهای آموزشی- تسهیل فرآیندهای آموزش- تشویق همه افراد برای فراگیری بیشتر
۱۳	مستند سازی	۳	مستندسازی نظام کیفیت با توجه به سطوح نظام نامه، روش‌های اجرایی- استقرار نظام مستندسازی با توجه به نظام نامه کیفیت شامل بازنگری، تجدید نظر و تأیید مدارک و سوابق (به صورت دیجیتالی یا غیر از آن)
۱۴	مدیریت منابع	۳	آماده نمودن و سازماندهی جداول چندگانه زمان‌بندی کار- مدیریت یکسان جدول زمانی و خطوط زمان‌بندی کار- توصیه به اجرا و تنظیم جدول‌های زمان‌بندی کار- ارزشیابی چهارچوب زمان‌بندی پروژه‌ها- اصلاح و تنظیم چهارچوب زمانی انجام پروژه‌ها- تهیه جدول چگونگی بودجه‌ها (پروپوزال)- نظارت بر حساب‌های چندگانه -ارائه توصیه برای تنظیم بودجه‌ها- پیش‌بینی هزینه‌های پروژه یا دپارتمان- ارزیابی/ بازنگری بودجه‌های سازمانی- پیش‌بینی منابع و هزینه‌های مالی - حسابرسی حساب‌ها- شناسایی مواد و تجهیزات مورد نیاز برای آینده - هماهنگ‌سازی/ کیفیت/ اثر بخشی/ ایمنی تجهیزات - هماهنگی تهیه، توزیع و ذخیره مواد و تجهیزات -تخمین نیازها و تسهیلات لازم برای اجرای پروژه‌ها - آماده نموده درخواست‌های روزانه (۲ بار در روز)- پیشنهاد اخراج/ تغییر شغل/ جایگزین کارکنان- پیشنهاد طرح توسعه/ کاهش/ جایگزینی/ صرفه‌جویی (بهینه‌سازی اوقات کار)- پیش‌بینی حجم کارهای آینده- ارائه طرح‌های ارتقاء کارکنان- ارزشیابی اجرا (عملکرد) کارکنان
۱۵	مدیریت کار و کیفیت	۳	تعدیل و اصلاح مناسب اهداف- پیگیری شدید برای دستیابی و حصول به اهداف- ارزیابی تکوینی و مداوم خود- جستجوی فعالانه برای کسب موقعیت‌های جدید در راستای توسعه‌ی شخصی
۱۶	کارآفرینی	۳	توانایی مدیریت بنگاه‌های کسب و کار - توانایی آماده سازی و بروز رسانی منابع جهت راه‌اندازی بنگاه کوچک کسب و کار- توانایی تهیه طرح کسب و کار- نیازسنجی از بازار کار

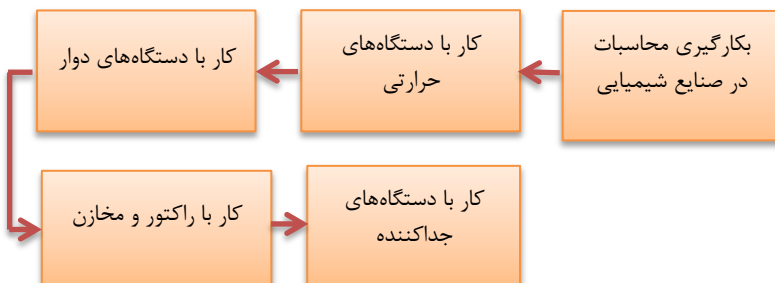




## راهبردهای یاددهی – یادگیری



درس عملیات دستگاه‌ها در صنایع شیمیایی یک درس کارگاهی می‌باشد که برای سال دهم تدوین و تألیف گردیده است و مجموعه‌ای از شایستگی‌های فنی و غیرفنی می‌باشد. این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک واحد یادگیری تشکیل شده است و عبارتند از: بکارگیری محاسبات در صنایع شیمیایی - کار با دستگاه‌های حرارتی - کار با دستگاه‌های دوار - کار با راکتور و مخازن - کار با دستگاه‌های جداکننده و همچنین شایستگی‌های غیر فنی نظیر: اخلاق حرفه‌ای - مدیریت منابع - کار گروهی - مستند سازی - محاسبه و کاربست ریاضی می‌باشد. این شایستگی‌ها بر اساس پنج شغل: متصدی بکارگیری محاسبات در صنایع شیمیایی - متصدی دستگاه‌های حرارتی - متصدی دستگاه‌های دوار - متصدی کار با راکتور و مخازن - متصدی دستگاه‌های جداکننده تدوین شده است و هنرجو پس از احراز صلاحیت در این درس می‌تواند به این پنج شغل، مشغول به کار شود. همچنین آمادگی برای ورود به درس دیگر در پایه یازدهم را پیدا می‌کند.



مسیر یادگیری درس سال دهم - عملیات دستگاه‌ها در صنایع شیمیایی

واحد‌های یادگیری	مراحل یادگیری
بکارگیری محاسبات در صنایع شیمیایی	بکارگیری یکاها و ابعاد
	تبدیل یکاها
	موازنه مواد ورودی و خروجی به یک سیستم
کار با دستگاه‌های حرارتی	کار با مبدل‌های حرارتی
	کار با برج‌های خنک‌کننده
	کار با خشک‌کن‌ها
کار با دستگاه‌های دوار	کار با پمپ‌ها
	کار با مخلوط‌کن‌ها
	کار با سانتریفوژها
	کار با دستگاه‌های کاهش اندازه
کار با راکتور و مخازن	تعیین سرعت واکنش
	کار با راکتورهای شیمیایی
	کار با مخازن ذخیره
کار با دستگاه‌های جداکننده	بکارگیری روش‌های جداسازی در صنایع شیمیایی
	کار با برج‌های تقطیر
	کار با برج‌های استخراج

## مراحل آموزش

هنرآموزان باید درس عملیات دستگاه‌ها در صنایع شیمیایی را به صورت تئوری (نظری) و عملی آموزش دهند و مراحل زیر را برای آموزش مطلوب تر و مناسب تر، مدنظر قرار دهند:

- ۱- آمادگی
- ۲- ارائه مطالب
- ۳- کاربرد
- ۴- ارزشیابی

## مرحله اول - آمادگی

هنرآموز باید نسبت به مطالبی که می‌خواهد ارائه دهد تسلط کاملی داشته باشد و روش تدریس و ترتیب ارائه مطالب را از قبل به طور دقیق تنظیم و برای کلاس آماده نماید. نخستین هدف در مرحله آمادگی جلب توجه و ایجاد انگیزه و رغبت می‌باشد. برای تحقیق این هدف راه‌های ذیل پیشنهاد می‌گردد:

الف- در تدریس خویش از وسایل کمک آموزشی، بازدید، اجرای همزمان عملی در ارائه مطالب تئوری (نظری) و غیره استفاده نماید.

ب- از تجربیات خود همراه با مثال‌هایی در ارتباط با موضوع تدریس استفاده نماید.

ج- در ارائه مطالب خود از روش یادگیری بصری (بر مبنای دیدن) بیشتر استفاده کند.

از تجربیات هنرجویان و آنچه در محل زندگی آنها انجام می‌شود در ارتباط با موضوع تدریس حداکثر بهره برداری را نماید.

هنرآموز باید کاربرد مطالب مورد تدریس را برای مشاغل آینده هنرجویان تجزیه و تحلیل نماید. این عملکرد به ما کمک می‌کند که هنرجویان مشتاقانه به مطالب گوش فرا دهند و به ضرورت نیاز آن درس پی ببرند. مفاهیم اساسی مرحله آمادگی در دستورات عمل‌های زیر خلاصه می‌شود:

۱- به ایجاد رغبت به یادگیری در هنرجویان پردازد.

۲- مطالب مورد تدریس را با شغل آینده هنرجویان ارتباط دهید.

۳- مطالبی را برای هنرجویان آماده نمایید که برای آنان قابل فهم باشد.

۴- از زمینه ذهنی هنرجویان به عنوان ابزار تدریس استفاده کنید.

## مرحله دوم - ارائه مطالب

در مرحله قبل یعنی مرحله آمادگی، هنرآموز مطالب و محتوای مورد تدریس را آماده کرده و از میان روش‌های مختلف تدریس، روشی را انتخاب کرده است و در این مرحله مطالب و محتوای درس را با توجه به بهترین روش تدریس با در نظر گرفتن تعداد هنرجویان به صورت عملی ارائه می‌دهد.

هنرآموز باید در ارائه مطالب از شیوه‌های سمعی و بصری استفاده نماید چرا که برخی از هنرجویان از طریق دیدن و برخی از طریق شنیدن، بهتر یاد می‌گیرند.

به طور خلاصه در این مرحله هنرآموز باید:

۱- به ارائه مطالب جدید پردازد.

۲- مهارت‌ها و دانش‌ها را تشریح و تحلیل نماید.

۳- روش کار خویش را دقیقاً برای هنرجویان توضیح دهد.

۴- از مناسب‌ترین روش تدریس در ارتباط با موضوع درسی استفاده نماید.

## مرحله سوم – کاربرد (کاربست)

در این مرحله هنرجو باید مطالب و مهارت‌هایی را که یاد گرفته به کلاس و به هنرآموز ارائه دهد. در حالی که هنرجو در حال انجام دادن و ارائه مطالب است، هنرآموز باید به هنرجو کمک کند تا اشکالاتش برطرف گردد. در دروس عملی هنرجو عملاً کار را انجام می‌دهد و در دروس تئوری (نظری) به صورت شفاهی و یا کتبی مرحله به مرحله دروس تدریس شده توسط هنرآموز را با کلام خویش بیان می‌نماید.

توجه داشته باشید که ملاک شما برای تشخیص این‌که هنرجو یان مهارت‌های فنی و ذهنی دروس شما را فرا گرفته‌اند انجام کار عملی فردی و ارائه درس به صورت شفاهی یا کتبی می‌باشد. زیرا اگر هنرجو کاری را یک‌بار درست انجام داد، ممکن است آن را به طور تصادفی و یا از روی حدسی و احتمال انجام داده باشد، اما اگر مجدداً وی را آزمایش نمایید و هر دو پاسخ را صحیح مشاهده نمودید، عملکرد شما از اعتبار عملی برخوردار خواهد بود. در ضمن در این مرحله اگر هنرجویان اشکالاتی داشتند، هنرآموز باید درس را تکرار کرده و به رفع معضلات هنرجویان بپردازد. خلاصه مطالب مرحله سوم چنین است:

- ۱- هنرجو باید مطالبی را که توسط هنرآموز فرا گرفته است در کلاس ارائه دهد.
- ۲- هنرآموز به هنرجویان کمک می‌کند تا دچار یادگیری غلط و لغزش عملی نگردند.
- ۳- در صورت ضرورت هنرآموز درس را تکرار می‌نماید.
- ۴- هنرآموز ادراک هنرجویان را از طریق سؤالات گوناگون می‌سنجد و به سؤالات هنرجویان نیز پاسخ می‌دهد.
- ۵- نشانه استنباط و ادراک هنرجویان از مهارت‌های فنی و ذهنی حداقل دوبار انجام صحیح و درست کار یا حل مسئله می‌باشد.

## مرحله چهارم – ارزشیابی

در این مرحله از جریان تدریس، هنرجو باید مورد ارزیابی رسمی و نهایی قرار گیرد. برخلاف مرحله سوم، در این مرحله یعنی در طی ارزشیابی و یا امتحان نباید هیچ گونه کمکی به هنرجویان صورت گیرد.

- امتحان و سنجش هنرجویان به طور کلی به نتایج زیر منجر می‌شود:
- ۱- بطور دقیق تعیین می‌نمایید که هنرجویان تا چه حد مطالب را فرا گرفته‌اند و سطح دانش، درک و کاربرد آنان تا چه میزان است.
  - ۲- نقاط ضعف هنرجویان را برای شما روشن می‌سازد.
  - ۳- موجب تقویت آنچه هنرجویان فرا گرفته‌اند می‌شود.
  - ۴- به نوبه خود به عنوان یک عامل انگیزش در یادگیری تلقی می‌گردد.

## سایر نکات

به هنرآموزان توصیه می‌شود در طول دوره آموزش درس عملیات دستگاه‌ها در صنایع شیمیایی به نکات ذیل توجه نمایند:

- ۱- نکات ایمنی و بهداشتی را رعایت نمایید.
- ۲- توجه به حفظ محیط زیست و توسعه پایدار داشته باشید.
- ۳- اصول اخلاقی را رعایت نمایید.
- ۴- با هنرجویان ارتباط عاطفی برقرار نمایید.
- ۵- گزارش‌های هنرجویان را مطالعه و در صورت نیاز اصلاح نمایید.
- ۶- با طرح سؤال‌های مناسب قوه تخیل هنرجویان را تحریک و تقویت نمایید.
- ۷- به سؤال‌های هنرجویان به دقت گوش داده و به آنها پاسخ دقیق و مستدل دهید.
- ۸- در حین انجام کارهای عملی، نحوه کار آنان را با دقت زیرنظر داشته و در صورت نیاز یادداشت برداری کنید.
- ۹- فرصت دهید تا هنرجویان پیشرفت یادگیری خود را به نمایش بگذارند.
- ۱۰- رفتارهای پسندیده را با تحسین کردن و غیره تشویق کنید.
- ۱۱- هنرجویان را به مشارکت در بحث‌های گروهی و اظهارنظر و نقد کارهای یکدیگر تشویق کنید.
- ۱۲- از هنرجویان بخواهید مطالب مرتبط با درس را از کتابها و مجله‌ها و سایت‌های مختلف در اینترنت انتخاب کنند و به کلاس بیاورند و در صورت مناسب بودن در کلاس درس ارائه و یا روی تابلوی واحد آموزشی نصب کنند.
- ۱۳- به هنرجویان کمک کنید تا گروه‌های مطالعه تشکیل داده و در مورد موضوعات تعیین شده در کتاب تحقیق نمایند.
- ۱۴- درس را با یک معما، سؤال، تصویر، فیلم، طرح مسئله یا شکل و سایر مواردی که به موضوع درس مربوط می‌شود آغاز کنید تا هنرجویان برای آموختن درس جدید آماده شوند.
- ۱۵- در هر جلسه از روش‌های متفاوت و متنوعی استفاده کنند.

## دستورالعمل اجرایی تدریس

کتاب راهنمای هنرآموز شامل مواردی مانند مطرح نمودن سؤال، بحث گروهی، نمایش فیلم آموزش، نمایش فیلم رعایت نکات ایمنی، انجام کار عملی و ... می‌باشد. در این قسمت سعی شده برای تدریس این موارد دستورالعمل کمی تهیه گردد و در هر قسمت از متن کتاب که به آنها اشاره شد، روش تدریس به دستورالعمل مربوطه رجوع داده شود و از تکرار موارد جلوگیری به عمل آید.

دستورالعمل‌های مربوطه عبارتند از:

- ۱- دستورالعمل فیلم آموزشی
- ۲- دستورالعمل نحوه کار عملی در کارگاه
- ۳- دستورالعمل پرسش و پاسخ
- ۴- دستورالعمل رعایت نکات ایمنی
- ۵- ...

### دستورالعمل نمایش فیلم آموزشی موجود در متن کتاب

ابتدا هنرآموز فیلم آموزشی طبق متن کتاب را در کلاس نمایش می‌دهد. پس از اتمام فیلم از هنرجویان می‌خواهد نظرات و برداشتهای خود را از فیلم نمایش داده شده در کلاس ارائه نمایند.

هنرآموز پس از شنیدن نظرات هنرجویان در صورت وجود اشکال، با نمایش مجدد قسمت‌هایی از فیلم، بحث گروهی به کمک هنرجویان و ارائه توضیحات نسبت به برطرف نمودن اشکالات اقدام می‌کند.

در ادامه هنرآموز مجدد فیلم را نمایش داده و پس از هر قسمت مشخص از فیلم بسته به تشخیص خود، فیلم را متوقف کرده و توضیحات کامل و جامع را در ارتباط با آن قسمت فیلم ارائه می‌دهد. سپس نمایش فیلم را از نقطه توقف مجدد شروع کرده و در صورت نیاز در هر قسمت بنابر تشخیص خود فیلم را متوقف کرده و توضیحات لازم را ارائه می‌دهد. این کار آنقدر ادامه داده تا فیلم به پایان برسد. سپس از هنرجویان می‌خواهد نتیجه‌گیری خود را از فیلم نمایش داده شده در قالب گزارش یا چند سطر به هنرآموز ارائه دهند.

هنرآموز پس از بررسی نتیجه‌گیری‌های ارائه شده در صورت وجود اشکال به کمک بحث گروهی با تعامل هنرجویان و ارائه توضیحات تکمیلی نسبت به رفع اشکال اقدام می‌نماید.

### دستورالعمل اجرایی برای کار عملی

ابتدا هنرآموز ابزار، تجهیزات و مواد مصرفی مربوط به کار عملی را به صورت عینی به هنرجویان معرفی نموده و سپس به صورت عملی مراحل انجام کار را مطابق با موارد ذکر شده در کتاب به همراه روش صحیح انجام کار عملی با ابزار و تجهیزات در حضور هنرجویان با ذکر توضیحات و نکات ایمنی مربوط به هر مرحله انجام می‌دهد. پس از نمایش عملی انجام کار هنرجویان را به چند گروه تقسیم کرده و از هر گروه می‌خواهد به طور مجزا کار مشابه با نمایش عملی را انجام داده و نتیجه را به هنرآموز ارائه دهند. سپس از هر گروه می‌خواهد کار گروه‌های دیگر را که به پایان رسانیده‌اند، مجدد انجام داده و نتیجه را به هنرآموز ارائه دهند، به‌طوری‌که در پایان، تمام گروه‌ها، همه کارها را حداقل یک‌بار به صورت عملی انجام داده و نتیجه را به

هنرآموز ارائه دهند. هنرآموز پس از بررسی کارهای هر گروه، در صورت وجود اشکال با ارائه توضیحات و ذکر علت و روش جلوگیری از بروز اشکال هنرجویان را در مسیر صحیح هدایت می‌کند.

## دستورالعمل اجرایی پرسش و پاسخ

در قسمت‌هایی از کتاب درسی که شامل سؤال می‌باشند، هنرآموز سئوالات را در کلاس مطرح نموده و از هنرجویان می‌خواهد نظرات و پاسخ‌های خود را در کلاس ارائه دهند. سپس به صورت بحث گروهی با تعامل هنرجویان پاسخ‌های ارائه شده را مورد نقد و بررسی قرار داده و موارد ناصحیح را مشخص و با ارائه توضیحات تکمیلی و یا بحث گروهی با کمک هنرجویان نسبت به رفع اشکال اقدام می‌نماید.

## دستورالعمل رعایت نکات ایمنی و بهداشتی

در ابتدای هر جلسه کار عملی هنرآموز رعایت نکات ایمنی و بهداشتی مربوط به آن کار عملی را بیان می‌کند. سپس از هنرجویان می‌خواهد به صورت گروهی دلایل موارد و نکات ایمنی و بهداشتی را مشخص کرده و ارائه نمایند. در صورت وجود اشکال هنرآموز با ارائه توضیحات و ذکر دلایل نسبت به رفع اشکال اقدام می‌نماید.

## دستورالعمل گزارش کارگاه

پس از انجام هر جلسه کارگاه، هنرآموز از هنرجویان می‌خواهد، گزارش کار انجام شده را تهیه و به هنرآموز ارائه دهند. در جدول زیر قواعد گزارش نویسی به اختصار توضیح داده شده است.

ردیف	قواعد گزارش نویسی
۱	عنوان آزمایش، تاریخ انجام دادن آزمایش و نام آزمایش کننده آورده شود.
۲	<b>هدف آزمایش:</b> هدف کلی از اجرای آزمایش می‌بایست به روشنی بیان شود و در صورت لزوم به اهداف جزئی‌تر نیز می‌توان اشاره کرد.
۳	<b>تئوری:</b> محتوای برخی از گزارش‌ها اغلب شامل اطلاعات تئوری گسترده‌ای درباره کاربرد و موضوع گزارش است. این بخش خواننده را قادر می‌سازد تا مفاهیم تجربی را دریابد و تفسیر مناسبی از داده‌ها در اختیار داشته باشد.
۴	<b>وسایل و مواد مورد نیاز:</b> اطلاعات کافی درباره‌ی دستگاه و ابزارآلات به کار برده شده در آزمایش و روش استفاده از آن‌ها تهیه شود تا خواننده با چگونگی کار آشنا گردد.
۵	<b>روش آزمایش:</b> روش انجام آزمایش همراه با مشاهدات آزمایش کننده باید از ابتدا تا انتها، در گزارش نوشته شود. مشاهده‌های خود را آن‌طور که به دست می‌آیند. دور از حدس و استنباط شخصی، ثبت کنید و امانت را در گزارش دادن رعایت کنید. بهتر است که آزمایش را در حال انجام، توصیف کنید. خلاصه برداری پایانی ممکن است به تنظیم گزارش مطلوبی نیانجامد.
۶	<b>انجام محاسبات و رسم نمودار:</b> چنانچه به پردازش و محاسبه داده‌های آزمایش نیاز باشد، محاسبات مربوط به آزمایش باید در گزارش به تفصیل ذکر شود. در تهیه گزارش علاوه بر توضیحاتی که نوشته می‌شود، استفاده از جداول و نمودارها باعث درک بیشتر خواننده شده و در بعضی موارد بسیار ضروری است.
۷	<b>نتیجه‌گیری:</b> خطاهای مربوط به آزمایش اعم از خطاهای بصری، دستگاه‌های آزمایش، خطاهای محیطی، دقت محاسبات و هر فرض ساده شونده‌ای که باعث ایجاد اختلاف در نتایج آزمایش و تئوری آزمایش می‌شود باید در انتهای کار تحلیل شوند تا میزان صحت و سقم آزمایش مشخص گردد. با توجه به این‌که بسیاری فقط بخش‌های هدف و نتیجه‌گیری گزارش را می‌خوانند، ضروری است بخش نتیجه‌گیری با دقت بیش‌تری نوشته شود.
۸	منابع مورد استفاده: منابع مورد استفاده‌ی نویسنده برای تهیه‌ی گزارش باید در انتهای کار به صورت فهرست فراهم آید تا خواننده منابع و اطلاعات بیش‌تری را در زمینه گزارش تهیه شده در اختیار بگیرد. درج منابع و مراجع در گزارش دلیل بر مستند بودن گزارش است. نوشتن منابع در انتهای گزارش به شرح ذیل است: نویسنده، عنوان، ناشر، سال



## نحوه ارزشیابی هنرجویان

شاخص‌های ارزشیابی پیشرفت تحصیلی در برنامه‌های درسی جدید به شرح زیر است:

- ۱ - در نظر گرفتن مشاهده عملکرد هنرجو
- ۴ - در نظر گرفتن پرسش شفاهی، کتبی - عملکردی
- ۵ - ارزشیابی تکوینی
- ۶ - ارزشیابی پایانی
- ۷ - در نظر گرفتن مسایل اخلاقی و انسانی در ارزشیابی
- ۸ - توجه به اصل انصاف و عدالت در ارزشیابی
- ۱۰ - مقایسه هر دانش‌آموز با خود
- ۱۱ - تناسب ارزشیابی با تجارب یادگیری تعیین شده
- ۱۲ - مشارکت دادن هنرجویان در ارزشیابی
- ۱۳ - استفاده از روش‌های متنوع ارزشیابی، متناسب با اهداف و تجارب یادگیری

نحوه ارزشیابی درس عملیات دستگاه‌ها در صنایع شیمیایی ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی می‌بایست برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هر یک از پودمان‌ها است.

### در ارزشیابی پایانی هر فصل

- ❖ شایستگی‌های فنی مراحل انجام کار در نظر گرفته شود.
- در شایستگی‌های غیر فنی، مدیریت زمان، مدیریت مواد و تجهیزات، مسئولیت‌پذیری توجه شود.
- در مورد رعایت موارد ایمنی، لازم است که هنرجویان به رعایت نکات ایمنی در هر قسمت از کار ملزم شوند.
- در تمامی مراحل کار توجه به حفظ محیط زیست و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی سرلوحه کار قرار گرفته و به آن توجه ویژه شود.

ارزشیابی شایستگی .....

شرح کار:			
استاندارد عملکرد:			
شاخص‌ها:			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:			
شرایط:			
ابزار و تجهیزات:			
معیار شایستگی:			
نمره هنرجو	حداقل نمره قبولی از ۳	مرحله کار	ردیف
			۱
			۲
			۳
			۴
			۵
			۶
	۲	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	
*	میانگین نمرات		
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			

بودجه‌بندی زمانی و مکانی درس عملیات دستگاه‌ها در صنایع شیمیایی

مکان	نحوه ارائه	زمان		محتوای قابل ارائه	فصل	ردیف
		عملی	نظری			
✓ کلاس ✓ کارگاه	کتاب	۹	۶	بکارگیری یکاها و ابعاد	محاسبات در صنایع شیمیایی	اول
	درسی	۱۲	۸	تبدیل یکاها		
	تصویر - پوستر - فیلم	۱۵	۱۰	موازنه مواد ورودی و خروجی به یک سیستم		
✓ کلاس ✓ کارگاه	کتاب	۱۵	۱۰	کار با مبدل‌های حرارتی	دستگاه‌های حرارتی	دوم
	درسی	۹	۶	کار با برج‌های خنک‌کننده		
	تصویر - پوستر - فیلم	۱۲	۸	کار با خشک‌کن‌ها		
✓ کلاس ✓ کارگاه	کتاب درسی تصویر - پوستر - فیلم	۹	۶	کار با پمپ‌ها	دستگاه‌های دوار	سوم
		۹	۶	کار با مخلوط‌کن‌ها		
		۹	۶	کار با سانتریفیوژها		
		۹	۶	کار با دستگاه‌های کاهش اندازه		
✓ کلاس ✓ کارگاه	کتاب	۹	۶	تعیین سرعت واکنش	مخازن	چهارم
	درسی	۱۵	۱۰	کار با راکتورهای شیمیایی		
	تصویر - پوستر - فیلم	۱۲	۸	کار با مخازن ذخیره		
✓ کلاس ✓ کارگاه و آزمایشگاه	کتاب	۱۲	۸	بکارگیری روش‌های جداسازی	دستگاه‌های جداکننده	پنجم
	درسی	۱۲	۸	در صنایع شیمیایی		
	تصویر پوستر - فیلم	۱۲	۸	کار با برج‌های تقطیر کار با دستگاه‌های استخراج		

## فصل اول

### محاسبات در صنایع شیمیایی



در رشته صنایع شیمیایی، روش‌های صنعتی برای تبدیل مواد اولیه به محصول با بهای قابل فروش بحث می‌شود. وظیفه متخصصین صنایع شیمیایی با توجه به توسعه سریع چشمگیر این صنعت در طراحی، راه‌اندازی و بهره‌برداری می‌باشند لذا برای درک و حل مسائلی که در ایجاد تکنولوژی پیش خواهد آمد، لازم است اصول اساسی محاسبات را در صنایع شیمیایی فراگرفت و کاربرد آن را تمرین نمود.

## واحد یادگیری<sup>۱</sup>

### بکارگیری محاسبات در صنایع شیمیایی

**مقدمه:** هنرجویان واحد یادگیری "بکارگیری محاسبات در صنایع شیمیایی" را در سه مرحله "بکارگیری یکاها و ابعاد، تبدیل یکاها و موازنه مواد ورودی و خروجی به یک سیستم" آموزش می‌بینند.

برای این منظور ارائه مطالب تئوری با مثال‌های حل شده و فعالیت‌های محاسباتی با تمرین‌های آورده شده در نظر گرفته شده است. لازم است جهت کامل شدن فرایند یاددهی و یادگیری نظارت دقیق بر فعالیت‌های هنرجویان صورت گیرد.

هنرآموزان توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش بینی شده، به شایستگی‌های غیر فنی این واحد یادگیری نظیر: اخلاق حرفه‌ای (حضور منظم - حضور به موقع و وقت شناسی، ...) مدیریت منابع (شروع به کار به موقع - مدیریت موثر زمان و ...)، کار تیمی (حضور فعال در فعالیت‌های تیمی - انجام کارها و وظایف محوله، ...)، محاسبه و ریاضی و مستندسازی (گزارش نویسی و ...) توجه داشته باشند.

### مرحله ۱: بکارگیری یکاها و ابعاد

فعالیت ساخت یافته ۱: بیان کمیت‌های اصلی و فرعی را با ذکر مثال‌های مختلف

### کمیت‌ها و یکاها

تمرین ۱: بعد قد دانش‌آموز چیست؟  
چون قد دانش‌آموز از جنس طول است لذا بعد قد دانش‌آموز همان (L) است.

تمرین ۲: ارتفاع ساختمانی ۲۰ متر است. کمیت، یکا و بعد را مشخص کنید  
کمیت، یکا و بعد ارتفاع ساختمان عبارتند از:  
کمیت: طول      یکا: متر      بعد: L

## انواع کمیت‌ها

تمرین ۳: چهار کمیت فرعی را نام ببرید.  
 فعالیت ساخت یافته ۲: معرفی سیستم یکاهای بین‌المللی با کمک مثال‌های مختلف

جدول ۱-۱ - سیستم یکاهای کمیت‌های اصلی

سیستم	طول	جرم	زمان	مقدار ماده (مول)	دما
(متریک) (SI)	(متر) (m)	(کیلوگرم) (kg)	(ثانیه) (sec)	(کیلومول) (kmol)	سلسیوس (°C)
(CGS)	سانتی‌متر (cm)	گرم (g)	ثانیه (sec)	گرم مول (gmol)	سلسیوس (°C)
انگلیسی	فوت (ft)	پوند (lb)	ثانیه (sec)	پوند مول (lbmol)	فارنهایت (°F)

بعد کمیت‌های اصلی در تمام سیستم‌های متداول یکاها یکسان بوده و همانطور که بیان شد با حروف بزرگ انگلیسی نمایش داده می‌شوند. در جدول شماره ۲-۱، بعد کمیت‌های اصلی نشان داده است.

جدول شماره ۲-۱ - ابعاد کمیت‌های اصلی

کمیت	طول	وزن	زمان	دما	مول
بعد	L	M	T	$\theta$	N

فعالیت ساخت یافته ۳: انجام محاسبات ریاضی مربوط به کمیت‌های اصلی و فرعی را با ذکر مثال.

## انجام محاسبات ریاضی با کمیت‌ها

تمرین ۴: رابطه ابعادی شتاب و نیرو را تعیین نماید.

ابتدا لازم است تعریف سرعت، شتاب و نیرو را برای هنرجویان بیان نمایید.  
 الف) با توجه به تعاریف شتاب و نیرو، رابطه ابعادی این دو کمیت عبارتند از:  
 طبق تعریف شتاب عبارت است از میزان سرعت در واحد زمان یعنی:

$$\text{شتاب} = \frac{\text{سرعت}}{\text{زمان}}$$

و کمیت سرعت نیز برابر است با مسافت طی شده در واحد زمان یعنی:

$$\text{سرعت} = \frac{\text{مسافت طی شده}}{\text{زمان}}$$

با توجه به بعد سرعت:

$$\text{بعد سرعت} = \frac{L}{T} = LT^{-1}$$

بعد شتاب برابر است با:

$$\text{بعد شتاب} = \frac{LT^{-1}}{T} = LT^{-2}$$

(ب) تعریف نیرو:

نیرو در علم فیزیک به معنی هل دادن یک شیء و یا کشیدن آن، لذا نیرو باعث می‌شود یک شیء شتاب بگیرد. واحد اندازه‌گیری نیرو، نیوتن است که یک نیوتن نیروی مورد نیاز برای یک جسم به جرم یک کیلوگرمی است که به میزان یک متر بر مجذور ثانیه شتاب بگیرد. بنابراین:

$$\text{شتاب} \times \text{جرم} = \text{نیرو}$$

لذا بعد نیرو عبارت است از:

$$\text{نیرو} = M(LT^{-2}) = MLT^{-2}$$

**تمرین ۵:** یکای کمیت‌های فرعی سرعت، شتاب و نیرو را در سیستم SI (متریک) تعیین کنید.

با توجه به روابط سرعت، شتاب و نیرو، خواهیم داشت:

سرعت: متر بر ثانیه (m/sec)

شتاب: متر بر مجذور ثانیه (m/sec<sup>2</sup>)

نیرو: کیلو گرم در متر بر مجذور ثانیه (kg m / sec<sup>2</sup>)

**تمرین ۶:** یکای کمیت‌های فرعی سرعت، شتاب و نیرو را در سیستم یکای انگلیسی بدست آورید.

با توجه به روابط سرعت، شتاب و نیرو، خواهیم داشت:

سرعت: فوت بر ثانیه (ft/sec)

شتاب: فوت بر مجذور ثانیه (ft/sec<sup>2</sup>)

نیرو: پوند در فوت بر مجذور ثانیه (lb ft / sec<sup>2</sup>)

تمرین ۷: یکای کمیت‌های انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل را در دو سیستم یکای SI (متریک) و انگلیسی بدست آورید.

$$\text{انرژی جنبشی} = \frac{1}{2} (\text{جرم}) (\text{سرعت})^2$$

$$\text{ارتفاع (شتاب) (جرم)} = \text{انرژی پتانسیل}$$

با توجه به روابط انرژی پتانسیل و جنبشی:

$$\text{انرژی جنبشی: کیلوگرم در مجذور متر بر ثانیه}^2 [\text{kg} \cdot (\text{m}/\text{sec})^2]$$
$$\text{انرژی پتانسیل: کیلوگرم در متر بر مجذور ثانیه در متر} [\text{kg} \cdot (\text{m}/\text{sec}^2) \cdot \text{m}]$$

تمرین ۸: بعد انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل را تعیین نمایید.

با توجه به روابط انرژی پتانسیل و جنبشی:

انرژی جنبشی:

$$\text{بعد انرژی جنبشی} = M \left( \frac{L}{T} \right)^2 = ML^2 T^{-2}$$

انرژی پتانسیل:

$$\text{بعد انرژی پتانسیل} = M \left( \frac{L}{T^2} \right) L = ML^2 T^{-2}$$

همانطور که مشاهده می‌شود چون کمیت‌های انرژی جنبشی و پتانسیل هر دو از جنس انرژی می‌باشند لذا بعد کمیت‌های انرژی پتانسیل و جنبشی یکسان است.

## مرحله ۲: تبدیل یکاها

فعالیت ساخت یافته ۴: بیان روش تبدیل یکای کمیت‌ها با مثال‌های مناسب.

تبدیل یکاها:

بحث گروهی: چگونه می‌توان حاصل عملیات زیر را بدست آورد؟

الف) سه متر + بیست سانتی متر (ب) دوکیلوگرم + صدگرم

برای تعیین حاصل جمع مثال فوق چه راه‌هایی به ذهن‌تان می‌رسد؟

الف) کمیت‌هایی قابل جمع می‌باشند که هم جنس یا هم بعد باشند لذا سه متر و بیست سانتی متر هر دو از جنس طول می‌باشند لذا با هم جمع می‌شوند ولی در



صورتی با هم جمع می‌شوند که هم واحد باشند. پس باید متر را به سانتی متر تبدیل نمود یا سانتی متر را به متر تبدیل نمود.  
با توجه رابطه متر و سانتی متر: "هر یک متر برابر است با یک صد سانتی متر"

$$3\text{ m} = 3 \times 100 = 300\text{ cm} \longrightarrow 300\text{ cm} + 20\text{ cm} = 320\text{ cm}$$

ب) ابتدا باید کیلوگرم را به گرم تبدیل نمود و یا گرم را به کیلوگرم تبدیل نمود.  
با توجه رابطه کیلوگرم و گرم: "هر یک کیلوگرم برابر است با یک هزار گرم"

$$2\text{ Kg} = 2 \times 1000 = 2000\text{ g} \longrightarrow 2000\text{ g} + 100\text{ g} = 2100\text{ g}$$

تمرین ۹: سرعت خودرو را در مثال بالا بر حسب فوت بر ساعت و اینچ بر دقیقه حساب کنید.  
ضرائب تبدیل‌های مورد نیاز:

$$1\text{ ft} = 0.3048\text{ m}$$

$$1\text{ ft} = 12\text{ in}$$

$$1\text{ h} = 60\text{ min}$$

$$\text{سرعت خودرو} = 100 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \times \frac{1000\text{ m}}{1\text{ Km}} \times \frac{1\text{ ft}}{0.3048\text{ m}} = 3280.83 / 98 \frac{\text{ft}}{\text{h}}$$

$$\text{سرعت خودرو} = 100 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \times \frac{1000\text{ m}}{1\text{ Km}} \times \frac{1\text{ ft}}{0.3048\text{ m}} \times \frac{12\text{ in}}{1\text{ ft}} \times \frac{1\text{ h}}{60\text{ min}} = 65616 / 79 \frac{\text{in}}{\text{min}}$$

تمرین ۱۰: هواپیمائی با سرعت  $500 \frac{\text{ft}}{\text{sec}}$  در حال حرکت می‌باشد، سرعت این هواپیما را بر حسب  $\frac{\text{ft}}{\text{h}}$  و  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  بدست آورید.

ضرائب تبدیل‌های مورد نیاز:

$$1\text{ km} = 1000\text{ m}$$

$$1\text{ ft} = 0.3048\text{ m}$$

$$1\text{ ft} = 12\text{ in}$$

$$1\text{ h} = 60\text{ min}$$

$$\text{سرعت هواپیما} = 500 \frac{\text{ft}}{\text{sec}} \times \frac{0.3048\text{ m}}{1\text{ ft}} \times \frac{1\text{ Km}}{1000\text{ m}} \times \frac{60\text{ sec}}{1\text{ min}} \times \frac{60\text{ min}}{1\text{ h}} = 548 / 6 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

$$\text{سرعت هواپیما} = 500 \frac{\text{ft}}{\text{sec}} \times \frac{60 \text{ sec}}{1 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 1,800,000 \frac{\text{ft}}{\text{h}}$$

تمرین ۱۱: توسط یک لوله روزانه  $4 \text{ m}^3$  آب به داخل یک مخزن ریخته می‌شود، محاسبه کنید در هر دقیقه چند سانتی متر مکعب آب داخل مخزن ریخته می‌شود؟  
ضرائب تبدیل‌های مورد نیاز:

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$1 \text{ day} = 24 \text{ h}$$

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min}$$

= شدت جریان آب ورودی به مخزن

$$= 4 \frac{\text{m}^3}{\text{day}} \times \left( \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^3 \times \frac{1 \text{ day}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 2777.7 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

فعالیت ساخت یافته ۵: انجام تبدیل یکاهای کمیت‌های مختلف در صنایع شیمیایی

## تبدیل یکاها در صنایع شیمیایی

انجام محاسبات در صنایع شیمیایی از اهمیت خاصی برخوردار است. در این قسمت نحوه تبدیل یکاها در کمیت‌های متداول صنایع شیمیایی نظیر مول، جرم اتمی و جرم مولکولی، کسر جرمی (جزء جرمی)، کسر مولی (جزء مولی)، کسر حجمی (جزء حجمی) و ... را با مثال‌های مختلف ارائه دهید.

فعالیت ساخت یافته ۶: تعیین اجزای مواد تشکیل‌دهنده یک مخلوط با انجام محاسبات ریاضی

## آنالیز (تجزیه)

اگر مخلوطی (یا محلولی) از مواد در فاز مایع، جامد و یا گاز وجود داشته باشد، تعیین درصدهای جرمی (مولی یا حجمی) اجزاء تشکیل‌دهنده مخلوط را آنالیز آن مخلوط می‌نامند.

تمرین ۱۲: محلولی حاوی ۲۰ درصد مولی آب و ۸۰ درصد مولی سدیم هیدروکسید (NaOH) می‌باشد. جرم مولکولی این محلول را محاسبه نمایید.

با توجه به معلوم بودن درصد مولی اجزاء، از رابطه شماره (۷-۱) می‌توان استفاده نمود، ولی در ابتدا می‌بایست جرم مولکولی و کسر مولی هر جزء در این مخلوط را تعیین نمود.

یادآوری: کسر مولی از حاصل تقسیم درصد مولی بر عدد ۱۰۰ بدست می‌آید.

مواد	درصد مولی	(Y) کسر مولی	(Mw) جرم مولکولی
آب	۲۰	$\frac{20}{100} = 0/2$	۱۸
سدیم هیدروکسید	۸۰	$\frac{80}{100} = 0/8$	۴۰
جمع	۱۰۰	۱/۰	----

$$Mw_{\text{محلول}} = Mw_{\text{آب}} y_{\text{آب}} + Mw_{\text{سدیم هیدروکسید}} y_{\text{سدیم هیدروکسید}}$$

$$= 18 + 0/2 + 40 \times 0/8$$

$$= 3/6 + 32 = 35/6$$

تمرین ۱۳: هوا شامل ۲۱ درصد مولی اکسیژن ( $O_2$ ) و ۷۹ درصد مولی نیتروژن ( $N_2$ ) می‌باشد. مطلوب است جرم مولکولی متوسط هوا؟

با توجه به معلوم بودن درصد مولی اجزاء، از رابطه شماره (۷-۱) می‌توان استفاده نمود، ولی در ابتدا می‌بایست جرم مولکولی و کسر مولی هر جزء در این مخلوط را تعیین نمود.

یادآوری: کسر مولی از حاصل تقسیم درصد مولی بر عدد ۱۰۰ بدست می‌آید.

مواد	درصد مولی	(Y) کسر مولی	(Mw) جرم مولکولی
اکسیژن	۲۱	$\frac{21}{100} = 0/21$	۳۲
نیتروژن	۷۹	$\frac{79}{100} = 0/79$	۲۸
جمع	۱۰۰	۱/۰	----

عملیات دستگاه‌ها در صنایع شیمیایی

$$\begin{aligned}
 Mw_{\text{هو}} &= Mw_{\text{اکسیژن}} Y_{\text{اکسیژن}} + Mw_{\text{نیتروژن}} Y_{\text{نیتروژن}} \\
 &= 32 + 0/21 + 28 \times 0/79 \\
 &= 6/72 + 22/12 = 28/84
 \end{aligned}$$

تمرین ۱۴: آنالیز گاز خروجی یک دودکش در یک کارخانه صنایع شیمیایی در جدول آورده شده است، جرم مولکولی این گاز را محاسبه نمایید.

گازهای دودکش	درصد مولی
کربن منوکسید (CO)	۵
کربن دی‌اکسید (CO <sub>۲</sub> )	۱۵
گوگرد دی‌اکسید (SO <sub>۲</sub> )	۵
بخار آب (H <sub>۲</sub> O)	۴۰
اکسیژن (O <sub>۲</sub> )	۶
نیتروژن منوکسید (NO)	۵
نیتروژن (N <sub>۲</sub> )	۲۴



جواب) با توجه به معلوم بودن درصد مولی اجزاء، از رابطه شماره (۷-۱) می‌توان استفاده نمود، ولی در ابتدا می‌بایست جرم مولکولی و کسر مولی هر جزء در این مخلوط را تعیین نمود.  
**یادآوری:** کسر مولی از حاصل تقسیم درصد مولی بر عدد ۱۰۰ بدست می‌آید.

مواد	درصد مولی	کسر مولی (g)	جرم مولکولی (Mw)
کربن منوکسید	۵	$\frac{5}{100} = 0/05$	۲۸
کربن دی‌اکسید	۱۵	$\frac{15}{100} = 0/15$	۴۴
گوگرد دی‌اکسید	۵	$\frac{5}{100} = 0/05$	۶۴

جرم مولکولی (Mw)	کسر مولی (g)	درصد مولی	مواد
۱۸	$\frac{40}{100} = 0/4$	۴۰	بخار آب
۳۲	$\frac{6}{100} = 0/06$	۶	اکسیژن
۳۰	$\frac{5}{100} = 0/05$	۵	نیتروژن منوکسید
۲۸	$\frac{24}{100} = 0/24$	۲۴	نیتروژن
-	۱/۰	۱۰۰	جمع

$$Mw_{\text{دودکش}} = Mw_{CO} y_{CO} + Mw_{CO_2} y_{CO_2} + Mw_{SO_2} y_{SO_2} + Mw_{H_2O} y_{H_2O} + Mw_{O_2} y_{O_2} + Mw_{NO} y_{NO} + Mw_{N_2} y_{N_2}$$

$$= 28 \times 0/05 + 44 \times 0/15 + 64 \times 0/05 + 18 \times 0/4 + 32 \times 0/06 + 30 \times 0/05 + 28 \times 0/24 = 25/66$$

تمرین ۱۵: با توجه به برچسب مواد غذایی، دارویی و شوینده در کالاهایی که خرید می‌کنید در سه نمونه کالا مقدار ماده‌ای را که در حد ppm است، بیان کنید.

راهنمایی: با استفاده از برچسب مواد غذایی و دارویی و شوینده‌ها چند نمونه توسط هنجاریان ارائه شود.

تمرین ۱۶: میزان حداکثر مجاز گوگرد در گازوئیل ppm ۱۰ وزنی می‌باشد، در یک تانکر حاوی ۲۵۸۰۰۰ کیلوگرم گازوئیل، چند کیلوگرم گوگرد وجود دارد؟

گازوئیل (kg)	میزان مجاز گوگرد (kg)
۱۰۰۰۰۰۰	۱۰
۲۵۸۰۰۰	X = ۲/۵۸kg

گوگرد موجود در گازوئیل برابر خواهد بود: ۲/۵۸ کیلوگرم

تمرین ۱۷: میزان حد مجاز یک ماده سمی در پساب یک کارخانه شیمیایی ppm ۰/۰۱ است. روزانه ۵۰۰۰ هزار کیلوگرم از این پساب وارد رودخانه می‌شود، مطلوب است:

الف) در هر روز چند کیلوگرم از این ماده سمی وارد رودخانه می‌شود؟  
 ب) در هر روز چند پوند از این ماده سمی وارد رودخانه می‌شود؟  
 تمرین ۱۷: با توجه به تعریف ppm خواهیم داشت:

میزان مجاز گوگرد (kg)	پساب کارخانه (kg)
۰/۰۱	۱۰۰۰۰۰۰
$X = ۰/۰۰۵ \text{ kg}$	۵۰۰۰

الف)  $۰/۰۰۵ =$  کیلوگرم در روز از ماده سمی وارد رودخانه می‌شود.  
 ب)

$$۰/۰۰۵ \text{ Kg} \times \frac{۱ \text{ lb}}{۰/۴۵۳ \text{ Kg}} = ۰/۰۱۱ \text{ lb}$$

### غلظت

غلظت یک ماده عبارت است از مقدار جرم (یا مول) آن ماده در حجم معینی از (محلول) در محاسبات صنایع شیمیایی واحدهای غلظت عبارتند از:

واحدهای غلظت جرمی	$\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	$\frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$
واحدهای غلظت مولی	$\frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{g mol}}{\text{cm}^3}$	$\frac{\text{lb mol}}{\text{ft}^3}$

تمرین ۱۸: حداکثر مواد اسیدی کننده در (آب لیمو) در نکتار (شربت) هلو، گلابی و سیب طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۱۳، ۵۰۰ ppm است اگر هدف تولید ۱۵۰۰۰ کیلوگرم شربت هلو باشد، حداکثر مجاز مواد اسیدی کننده آن چند کیلوگرم است؟  
 با توجه به تعریف ppm:

حداکثر ماده اسیدی (kg)	نکتار هلو (kg)
۵۰۰	۱۰۰۰۰۰۰
$X = ۷/۵ \text{ kg}$	۱۵۰۰۰

تمرین ۱۹: حداکثر مواد اکسیدکننده (آزودی کرینامید) در تهیه آرد برای انواع شیرینی و کیک ppm ۴۵ است (مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۴۹۴) در یک محموله آرد به جرم ۲۷۰۰۰ کیلوگرم اگر میزان ماده اکسیدکننده آن ۲ کیلوگرم باشد، آیا این مقدار ماده اکسیدکننده در حد مجاز است؟  
تمرین ۱۹

آرد (kg)	حداکثر ماده اکسیدکننده (kg)
۲۷۰۰۰	۲
۱۰۰۰۰۰۰	$X = 74 / 0.7 \text{ kg}$

میزان مجاز ماده اکسیدکننده ppm ۴۵ است پس این مقدار ماده اکسیدکننده بیشتر از حد مجاز است.

### مرحله ۳: موازنه مواد ورودی خروجی یک سیستم

فعالیت ساخت یافته ۷: بیان مفهوم موازنه مواد با مثال و تصویر

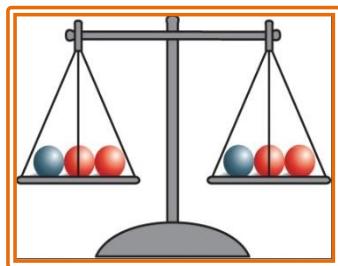
#### قانون بقای جرم

با توجه به جایگاه ویژه موازنه جرم در صنایع شیمیایی و ارتباط عمیق آن با سایر دروس اصلی این رشته، یادگیری این قسمت را ضروری جلوه می‌دهد.

#### سیستم و فرآیند

تمرین ۲۰: با دو مثال ساده، سیستم پایدار و غیر پایدار را توضیح دهید.

#### موازنه مواد



مطابق قانون بقای جرم، مجموع کل جرم موجود در جهان ثابت است پس در سیستم (شکل ۱-۱) همواره جرم کل ورودی برابر با جرم کل خروجی است.

$$\text{جرم کل خروجی} = \text{جرم کل ورودی} \quad 11-1$$

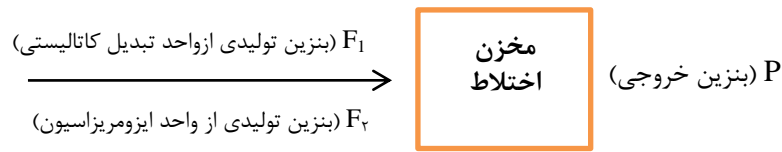
قانون بقای جرم برای یک ماده (مثلا ماده A) در سیستم مذکور عبارت است از:  
ورودی A مصرفی - جرم ماده A تولیدی + جرم ماده A خروجی - جرم ماده A ورودی  
جرم ماده A تجمع یافته =

فعالیت ساخت یافته ۸: انجام موازنه مواد در فرآیندهای فیزیکی

### موازنه مواد برای سیستم‌های بدون واکنش شیمیایی

تمرین ۲۲: در یک پالایشگاه ۸۹۰۰۰ کیلوگرم بنزین تولید شده است. معمولاً بنزین در پالایشگاه از دو واحد تبدیل کاتالیستی و ایزومریزاسیون بدست می‌آید. اگر در این پالایشگاه از واحد تبدیل کاتالیستی ۵۳۰۰۰ کیلوگرم بنزین تولید شده باشد، مقدار بنزین تولیدی در واحد ایزومریزاسیون چقدر است؟

با توجه به اینکه بنزین تولیدی در پالایشگاه از دو واحد فرآیندی تأمین می‌گردد لذا:



در این فرآیند فقط اختلاط اتفاق می‌افتد بنابراین تجمع و واکنش شیمیایی وجود ندارد و موازنه جرم حول مخزن اختلاط:

$$F_1 + F_2 = P$$

$F_1 = 89000 \text{ Kg}$  = بنزین تولیدی در پالایشگاه  
 $F_2 = 53000$  = بنزین تولیدی از واحد تبدیل کاتالیستی

$$53000 + F_2 = 89000 \longrightarrow F_2 = 36000 \text{ Kg}$$

بنابراین خواهیم داشت:

تمرین ۲۳: در مثال قبل (ص ۲۶ کتاب) اگر سود کاملاً خشک شود و میزان رطوبت آن صفر گردد.

مطلوب است:  
الف) میزان رطوبت تبخیر شده  
ب) میزان سود کاملاً خشک شده



پاسخ: اگر در فرایند خشک کردن، تمام رطوبت ماده مرطوب حذف شود خواهیم داشت:

موازنه جرم حول خشک کن عبارت است از:

$$P_1 + P_2 = 1000$$

اطلاعات جریان ورودی (F):

جرم (کیلوگرم)	کسر وزنی	درصد وزنی	مواد
$0.2 \times 1000 = 200$	$\frac{20}{100} = 0.2$	۲۰	سدیم هیدروکسید
$0.8 \times 1000 = 800$	$\frac{80}{100} = 0.8$	۸۰	رطوبت ( $H_2O$ )
۱۰۰۰	۱	۱۰۰	جمع

لازم به توضیح است که چون خشک شدن در این فرآیند کامل صورت گرفته، لذا میزان رطوبت در جریان خروجی  $P_1$ ، صفر است یعنی در جریان  $P_1$  فقط سدیم هیدروکسید وجود دارد.

لذا: موازنه سدیم هیدروکسید حول سیستم:

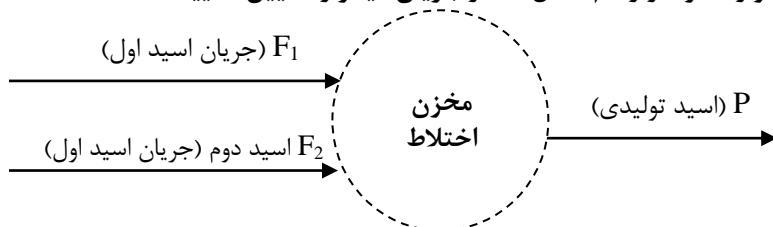
سدیم هیدروکسید خروجی = سدیم هیدروکسید ورودی

$$P_1 = 200 \text{ Kg} = \text{سدیم هیدروکسید خروجی} \rightarrow \text{سدیم هیدروکسید ورودی} = 200 \text{ Kg}$$

با استفاده از رابطه (۱)  $P_1 + P_2 = 1000$  خواهیم داشت:

$$P_2 = 1000 - 200 = 800 \text{ Kg}$$

تمرین ۲۴: برای تولید ۱۰۰۰ کیلوگرم سولفوریک اسید از دو جریان اسید که مقدار یکی از دو جریان ۶۵۰ کیلوگرم است استفاده می‌شود، با استفاده از موازنه مواد و رسم شکل مقدار جریان دیگر را تعیین نمایید.



اطلاعات مسئله:

$$F_1 = 650 \text{ Kg}$$

$$P = 1000 \text{ Kg}$$

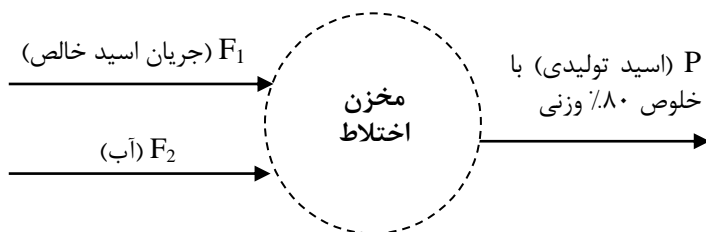
موازنه حول سیستم اختلاط (بدون واکنش شیمیایی و بدون تجمع):

$$F_1 + F_2 = P \Rightarrow 650 + F_2 = 1000$$

$$\Rightarrow F_2 = 1000 - 650 = 350$$

$$\Rightarrow F_2 = 350$$

تمرین ۲۵: برای تهیه ۱۰۰ کیلوگرم سولفوریک اسید با خلوص ۸۰ درصد وزنی سولفوریک اسید و مابقی آب، از یک جریان سولفوریک اسید خالص و یک جریان آب استفاده می‌شود. با استفاده از موازنه مواد و رسم شکل مقادیر هر دو جریان را تعیین نمایید.



$$P = 100 \text{ Kg}$$

اطلاعات مسئله:

اطلاعات جریان P:

مواد	درصد وزنی	کسر وزنی (x)	جرم (کیلوگرم)
اسید خالص	۸۰	$\frac{80}{100} = 0.8$	$0.8 \times 1000 = 800$
آب	۲۰	$\frac{20}{100} = 0.2$	$0.2 \times 1000 = 200$
جمع	۱۰۰	۱/۰	۱۰۰۰

موازنه اسید خالص حول سیستم:

کل اسید خالص خروجی = کل اسید خالص ورودی

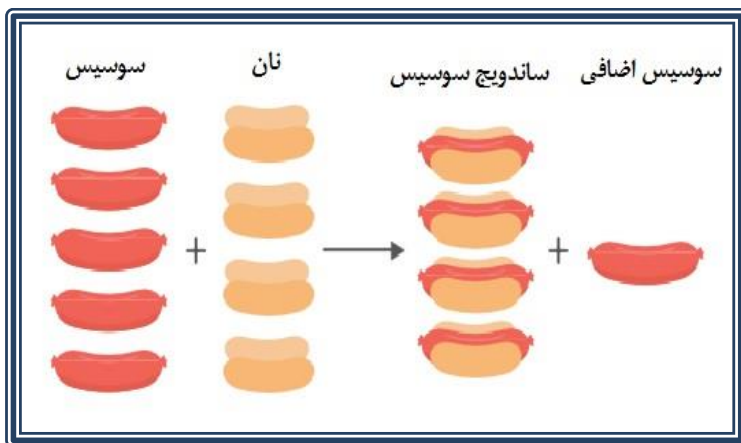
اسید خالص ورودی از  $F_2 =$  اسیدی خالص ورودی از  $F_1 +$  اسید خالص ورودی از  $F_1 =$  کل اسید خالص ورودی

کل اسید خالص خروجی = ۸۰ Kg

$F_1 = 80 \text{ Kg}$  = اسید خالص ورودی از  $F_1$

فعالیت ساخت یافته ۹: بیان مفهوم موازنه مواد در فرآیندهای شیمیایی

## موازنه مواد برای سیستم‌های با واکنش شیمیایی



برای سیستمی که درون آن یک واکنش شیمیایی اتفاق می‌افتد و در حالت پایا است موازنه‌های کلی و اجزاء صادق می‌باشد.

جرم کل مواد خروجی = جرم کل مواد ورودی

جرم ماده A مصرفی - جرم ماده A تولیدی + جرم ماده A خروجی - جرم ماده A ورودی = جرم ماده A تجمع یافته

البته لازم به توضیح است که برای یک واکنش شیمیایی ابتدا می‌بایست فرمول واکنش (معادله واکنش) را موازنه نمود سپس موازنه مواد را برای آن انجام داد.

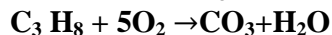
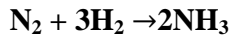
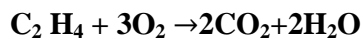
فعالیت ساخت یافته ۱۰: بیان مفهوم استوکیومتری در واکنش‌ها با مثال‌های مختلف

## موازنه واکنش‌های شیمیایی (استوکیومتری)

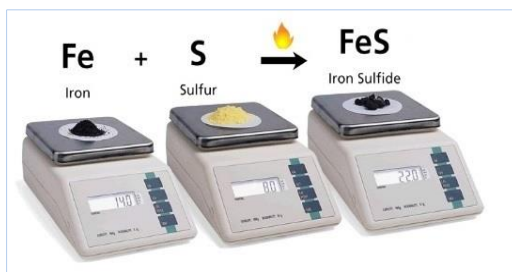
پس از نوشتن فرمول واکنش، اگر تعداد اتم‌های مواد مشابه در دو طرف واکنش یکسان باشند، آن واکنش را موازنه شده می‌نامند. بنا براین در واکنش‌های موازنه شده:

تعداد اتم‌های هر ماده در ترکیب شونده‌ها = تعداد اتم‌های همان ماده در محصولات

تمرین ۲۶: واکنش‌های زیر را موازنه نمایید.



فعالیت ساخت یافته ۲: انجام محاسبات استوکیومتری در واکنش‌ها



## ارزشیابی شایستگی فصل محاسبات در صنایع شیمیایی

شرح کار: انجام محاسبات طبق دستورالعمل، انجام موازنه مواد برای سیستم‌های داده شده			
استاندارد عملکرد: انجام عملیات ریاضی در محاسبات صنایع شیمیایی			
شاخص‌ها: <ul style="list-style-type: none"> <li>- داشتن دانش پایه ریاضی</li> <li>- توانایی تبدیل یکاهای اندازه‌گیری در سیستم‌های بین المللی</li> <li>- توانایی موازنه مواد در فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی</li> </ul>			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: جداول تبدیل یکاها در سیستم‌های اندازه‌گیری، ابزار عمومی			
شرایط: مکان: کلاس و کارگاه زمان: یک جلسه آموزشی ابزار و تجهیزات: جداول تبدیل یکاها در سیستم‌های اندازه‌گیری، ابزار عمومی			
<b>معیار شایستگی:</b>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	به کارگیری یکاها و ابعاد	۱	
۲	تبدیل یکاها	۲	
۳	موازنه مواد ورودی و خروجی به یک سیستم	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: داشتن دقت لازم در انجام محاسبات جهت جلوگیری از هدر رفت مواد و جلوگیری از افزایش هزینه‌ها ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی‌های غیر فنی: - اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربری ریاضی ۴- مستند سازی: گزارش نویسی	۲	
	میانگین نمرات		*

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

## فصل دوم

# دستگاه‌های حرارتی



در صنایع شیمیایی، همه فرآیندها در دمای محیط انجام نمی‌شوند. هنگامی که در بخشی از فرآیند دما بالا باشد، استفاده از دستگاه‌های حرارتی و آگاهی از طرز عملکرد آنها لازم است.

### کار با دستگاه‌های حرارتی

**مقدمه:** در این فصل هنرجویان با دستگاه‌های حرارتی نظیر مبدل‌های حرارتی، برج‌های خنک‌کننده و خشک‌کن‌ها آشنا می‌شوند. این فصل به صورت تئوری و عملی پیش‌بینی شده است. در ابتدا تئوری‌های مربوط به آن‌ها ارائه گردیده، سپس کار عملی آمده است. استفاده همزمان از فیلم‌های آموزشی پیش‌بینی شده و بازدید از مراکز صنعتی در فرآیند آموزش تأثیر بسزایی خواهد داشت.

بسیاری از فعالیت‌های این بخش به صورت گروهی پیش‌بینی شده است، بنابراین لازم است هنرآموزان با تقسیم‌بندی کلاس به گروه‌های مختلف و با نظارت و هدایت این گروه‌ها هنرجویان را به طور مستقیم در فرآیند یاددهی - یادگیری شرکت دهند.

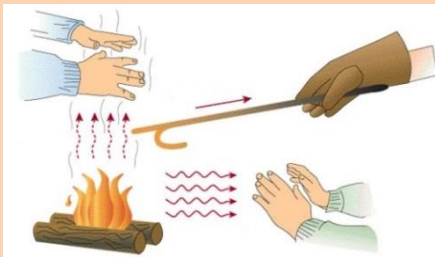
ضمناً یاد آوری می‌شود پس از انجام هر فعالیت کارگاهی ضروری است گزارش کار توسط هنرجویان تهیه و ارائه شود

### مرحله ۱: کار با مبدل‌های حرارتی

فعالیت ساخت یافته ۱: بیان نحوه عملکرد مبدل‌های حرارتی با کمک تصویر و فیلم انتقال حرارت

آتش چگونه دست ما را گرم می‌کند؟

بحث کلاسی



**پاسخ:** آتش از طریق تماس با اجسام جامدی که در معرض آتش قرار دارند، تماس گازهایی حاصل از سوخت با دست و همچنین از طریق انرژی تابشی شعله‌ها دست ما را گرم می‌کند..

### نمایش فیلم



فیلم روش‌های انتقال حرارت را مشاهده نمایید و در مورد روش‌های به کار رفته جهت انتقال حرارت با همکلاسی‌های خود بحث نمایید.

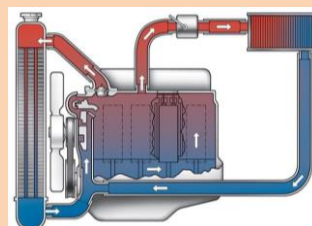
## مبدل‌های حرارتی

مبدل‌های حرارتی تقریباً پرکاربرترین عضو در فرآیندهای شیمیایی‌اند و می‌توان آن‌ها را در بیشتر واحدهای صنعتی ملاحظه کرد. آنها وسایلی هستند که امکان انتقال انرژی گرمایی بین دو یا چند سیال در دماهای مختلف را فراهم می‌کنند. این عملیات می‌تواند بین مایع-مایع، گاز-گاز و یا گاز-مایع انجام شود. مبدل‌های حرارتی به منظور خنک کردن سیال گرم و یا گرم کردن سیال با دمای پایین‌تر و یا هر دو مورد استفاده قرار می‌گیرند. مبدل‌های حرارتی در محدوده وسیعی از کاربردها استفاده می‌شوند. این کاربردهای شامل نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها، صنایع پتروشیمی، صنایع ساخت و تولید، صنایع فرآیندی، صنایع غذایی و دارویی، صنایع ذوب فلز، گرمایش، تهویه مطبوع، سیستم‌های تبرید و کاربردهای فضایی می‌باشند. مبدل‌های حرارتی در دستگاه‌های مختلف نظیر دیگ بخار، مولد بخار، کندانسور، اواپراتور، تبخیرکننده‌ها، برج خنک‌کن، پیش‌گرم‌کن فن‌کوئل، خنک‌کن و گرم‌کن روغن، رادیاتورها، کوره‌ها و ... کاربرد فراوان دارند

### بحث کلاسی



نحوه عملکرد شوفاژها و رادیاتور ماشین را مقایسه نموده و شرح دهید؟



**پاسخ:** در شوفاژها حرارت آب در گردش، هوای سرد بین پره‌های شوفاژ را گرم نموده و باعث گرم شدن محیط اطراف شوفاژ می‌گردند. همچنین حرارت جذب شده توسط آب خنک‌کن موتور در رادیاتورها که دارای پره‌ها زیادی هستند دفع می‌شود...

مبدل‌های حرارتی یکی از مهمترین تجهیزات حرارتی در اکثر فرآیندها می‌باشد. دو نوع کاربرد برای مبدل‌های حرارتی تعریف شده است:

۱- انتقال حرارت از سیال‌های utility



سیال‌های utility به سیال‌هایی گفته می‌شود که در یک چرخه قرار دارند و پس از انجام وظیفه خود، دوباره به واحد مبدا هدایت می‌گردد. از جمله سیال‌های utility می‌توان به آب خنک‌کننده (Cooling Water) و بخار آب اشاره نمود. لازم به ذکر است که بخار آب موجود در پالایشگاه‌های نفت، گاز و پتروشیمی به سه دسته فشار تقسیم‌بندی می‌شوند که به آن کم فشار (فشار کمتر از ۳/۵ بار گیج و دمای حدود ۱۵۰ درجه سلسیوس)، فشار متوسط (فشار کمتر از ۱۷/۵ بار گیج و دمای حدود ۲۰۰ درجه سلسیوس) و فشار بالا (فشار بالاتر از ۱۷/۵ بار گیج و دمای بالاتر از ۲۰۰ درجه سلسیوس) می‌گویند.

آب خنک‌کننده برای گرفتن گرما و کاهش دمای جریان‌های فرآیندی و بخار آب برای گرما دادن و افزایش دمای جریان‌های فرآیندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. انتقال حرارت بین آب و یا بخار آب با جریان‌های فرآیندی در مبدل‌های حرارتی انجام می‌پذیرد.

## ۲- انتقال حرارت بین دو جریان فرآیندی

یکی از مشخصه‌های اصلی در طراحی یک واحد فرآیندی، صرفه جویی در مصرف انرژی جهت کاهش هزینه است. یکی از مباحث مربوط به انتقال حرارت، Pinch Analysis و یا Pinch Technology می‌باشد. در این نحوه آنالیز، همه جریان‌هایی که لازم است سرد و یا گرم شوند، لیست می‌گردند و مقدار حرارتی که لازم است از آن گرفته و یا داده شود نیز مشخص می‌شود. آن گاه برای اینکه بیشترین صرفه جویی در مصرف انرژی صورت پذیرد، جریان‌هایی که مقدار حرارتی لازم برای گرفتن و دادن آن نزدیک به هم باشند را در یک مبدل حرارتی عبور می‌دهند تا انرژی از جریان گرم (که قرار است سرد شود) گرفته شده و به جریان سرد (که قرار است گرم شود) منتقل می‌شود. به همین دلیل به این نوع مبدل‌ها Process to Process گفته می‌شود.

## دانش افزایی

### نحوه عملکرد یک مبدل حرارتی

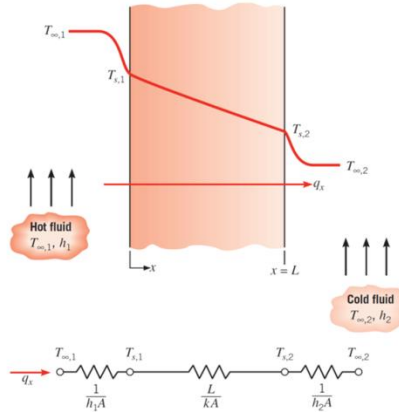
رابطه انتقال حرارت بین دو سیال سرد و گرم در مبدل‌های حرارتی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

$$Q'' = \frac{Q}{A} = U \times \Delta T$$

که در آن  $U$  ضریب کلی انتقال حرارت بر حسب  $(J/m^2 \cdot C)$  یا  $(J/m^2 \cdot K)$ ،  $A$  سطح انتقال حرارت بر حسب  $(m^2)$  و  $\Delta T$  بر حسب درجه کلوین و یا سانتیگراد می‌باشد و  $Q''$  شار حرارتی یا فلاکس نامیده می‌شود.

در شکل ۲-۱ نحوه انتقال حرارت از سیال گرم به سیال سرد از طریق دیواره جامد نشان داده شده است. برای انتقال حرارت در بخش سیال و یا جامد، یک مقاومت حرارتی وجود دارد. این مقاومت‌ها به صورت سری قرار دارند، زیرا انرژی سیال گرم می‌بایست از هر سه مقاومت عبور کرده تا به سیال سرد برسد.



شکل ۲-۱ نمای انتقال حرارت بین دو سیال سرد و گرم از طریق دیواره

انتقال حرارت از سیال گرم به سطح دیواره و از سطح دیواره به سیال سرد از طریق جابجایی و انتقال حرارت از سمت گرم دیواره به سمت سرد آن از طریق رسانایی صورت می‌پذیرد. در انتقال حرارت بین دو سیال سرد و گرم که در شکل ۱-۱ مشاهده می‌شود، مقاومت حرارتی ( $R$ ) و ضریب کلی انتقال حرارت ( $U$ ) به صورت زیر تعریف می‌گردند:

$$U = \frac{1}{RA} = \frac{1}{h_1 A_1} + \frac{L}{KA} + \frac{1}{h_2 A_2}$$

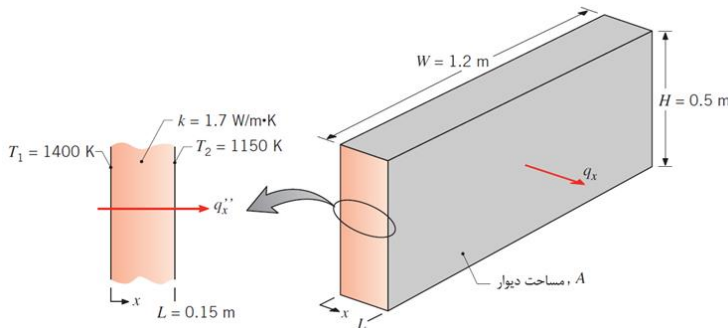
در رابطه فوق  $h$  ضریب انتقال حرارت جابجایی و  $K$  ضریب انتقال حرارت رسانایی دیواره جامد می‌باشد. ضریب  $h$  به سرعت سیال، چگالی، ظرفیت گرمایی ویژه ( $C_p$ )، گرانیوی سیال و همچنین ضریب انتقال حرارت رسانایی سیال بستگی دارد. در حالی که  $K$  برای هر ماده در دمای معین ثابت است. بنابراین،  $U$  به سطح انتقال حرارت، خواص سیال و جنس دیواره بستگی دارد.

## 1. Viscosity

ضریب انتقال حرارت جابجایی، گازها بسیار کوچکتر از مایعات می‌باشد. اغتشاش در سمت سیال مایع و گاز باعث افزایش  $h$  می‌شود.



تمرین: یک دیواره کوره صنعتی دارای ضریب انتقال حرارت رسانایی  $1/7 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  می‌باشد. دیواره داخلی و خارجی آن به ترتیب برابر با  $1400$  و  $1150$  درجه کلوین می‌باشد. مقدار شار حرارتی ( $Q''$ ) و میزان انتقال حرارت انجام شده ( $Q$ ) چقدر است؟



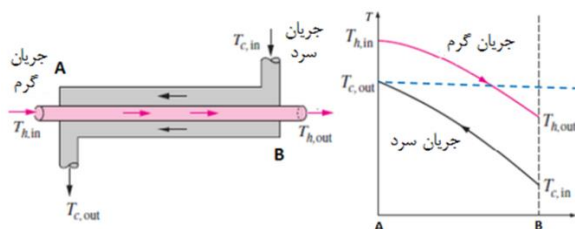
$$Q'' = k \frac{\Delta T}{L} = 1/7 \times \frac{1400 - 1150}{0.15} = 2833 \text{ W/m}^2$$

$$Q = (HW) \times Q'' = (0.5 \times 1.2) \times 2833 = 1700 \text{ W}$$

فعالیت ساخت یافته ۲: بیان انواع مبدل‌های حرارتی براساس نوع جریان و طرز کار آنها با کمک تصویر و فیلم

## انواع مبدل‌های حرارتی بر اساس نوع جریان

جریان‌های سرد و گرم در مبدل‌های حرارتی می‌توانند به سه صورت هم‌سو، ناهم‌سو و متقاطع از کنار یکدیگر عبور کنند. از این میان جریان‌های ناهم‌سو دارای بیشترین بازدهی برای انتقال حرارت می‌باشند، زیرا همانطور که در شکل ۲-۲ مشخص است، در این حالت اختلاف دما ( $T_h - T_c$ )، به عنوان نیروی محرکه انتقال حرارت، دارای مقداری مناسب در طول مبدل است و کاهش نمی‌یابد. همین نکته باعث می‌شود که نسبت به مبدل با جریان هم‌سو، برای انتقال حرارت یکسان مبدلی کوچکتر نیاز باشد.



شکل ۲-۲ جریان همسو در مبدل‌ها و تغییرات دما

فعالیت ساخت یافته ۳: بیان انواع مبدل‌های حرارتی براساس ساختمان آنها با کمک تصویر و فیلم

نمایش فیلم



مبدل‌های صفحه‌ای

فیلم مبدل‌های صفحه‌ای را ببینید و در مورد نحوه عملکرد آن بحث کنید.  
هدف: مشاهده طرز عملکرد مبدل‌های صفحه‌ای

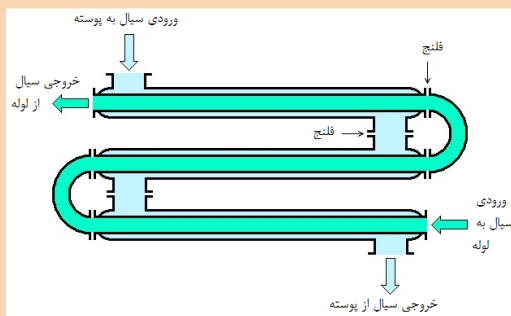
نمایش فیلم



مبدل‌های دو لوله‌ای

فیلم مبدل‌های دو لوله‌ای را ببینید و به هم‌سو و ناهم‌سو بودن جریان‌ها توجه نمایید. کدام یک کارایی و بازدهی بیشتری دارد؟  
هدف: مشاهده طرز عملکرد مبدل‌های دو لوله‌ای با جریان‌های هم‌سو و ناهم‌سو. همانگونه که قبلاً اشاره شد، جریان‌های ناهم‌سو دارای بازدهی بیشتری هستند.

در شکل زیر جریان‌ها به صورت هم‌سو، ناهم‌سو و یا متقاطع است؟ هر یک در کدام بخش اتفاق می‌افتد.

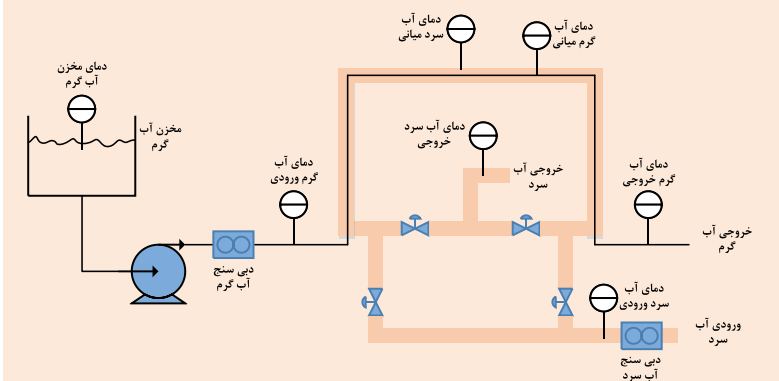


هدف از این سؤال، شناخت روش‌های عبور جریان‌های سرد و گرم از کنار یکدیگر است. در شکل جریان‌ها به دو صورت ناهمسو و متقاطع جریان دارند. بدین صورت که جریان عبورکننده در پوسته در محل عبور از هر یک از گذرها و ورود به گذر دیگر با جریان داخل لوله به صورت متقاطع هستند و در میان هر کی از گذرها به صورت ناهمسو می‌باشند.

### فعالیت ساخت یافته ۴: انجام کار کارگاهی با مبدل حرارتی دو لوله‌ای

**هدف:** هنر جویان با نحوه عملکرد مبدل‌های لوله‌ای به صورت عملی آشنا شده و راندمان مبدل‌ها را در جریان‌های همسو و ناهمسو مقایسه نمایند.

فعالیت  
کارگاهی



**پرسش ۱:** در این آزمایش شدت جریان و دمای آب سرد و گرم ورودی در هر دو حالت می‌بایست یکسان باشد. علت چیست؟

پرسش کلاسی



**پاسخ:** بتوان نتایج دو حالت همسو و ناهمسو را با هم مقایسه نمود.

**پرسش ۲:** در صورتی که مخزن آب در حال کار خالی شود چه مشکلی می‌تواند به وجود آید؟

**پاسخ:** این حالت به پمپ آسیب می‌رساند، به همین دلیل باید از این حالت جلوگیری نمود.

## مبدل حرارتی پوسته - لوله

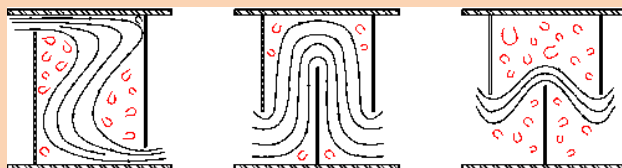
عمده مبدل‌های مورد استفاده در فرآیندها به صورت مبدل‌های پوسته - لوله می‌باشد. در این مبدل‌ها، دسته لوله درون پوسته مبدل قرار می‌گیرد و جریان ورودی به پوسته از میان دسته لوله عبور می‌کند و تبادل حرارت انجام می‌گیرد. با

توجه به اینکه ایجاد اغتشاش باعث افزایش راندمان مبدل می‌گردد، از تیغه‌های متعدد جهت ایجاد اغتشاش و جلوگیری از کانالیزه شدن جریان سمت پوسته استفاده می‌شود.

### فکر کنید



در کدام شکل زیر، اندازه و طراحی تیغه مناسب است؟ دلیل خود را بیان کنید.



**پاسخ:** همان گونه که اشاره شد، وظیفه تیغه‌ها ثابت نگه داشتن لوله‌ها و ایجاد اغتشاش در جریان سمت پوسته است. در شکل سمت راست، ارتفاع تیغه کوتاه تر از میزان مطلوب است، زیرا جریان دورن پوسته در بخشی از فضای بین تیغه‌ها جریان نمی‌یابد، بنابراین انتقال حرارت مطلوبی اتفاق نمی‌افتد. در شکل میانی، طراحی به خوبی انجام شده است، زیرا جریان سمت پوسته در اکثر فضای‌های مورد دسترس حرکت می‌کند و موجب انتقال حرارت بین سیال سمت پوسته و سیال دورن لوله‌ها می‌گردد. در شکل سمت چپ، اندازه تیغه‌ها بسیار بزرگتر از حد مطلوب است، زیرا در این حالت نیز فضای مرده بین تیغه‌ها مشاهده می‌شود. در این حالت نیز انتقال حرارت مناسبی انجام نمی‌پذیرد.

### نمایش فیلم



فیلم مبدل‌های پوسته-لوله‌ای را ببینید و در مورد اجزاء تشکیل‌دهنده آن بحث کنید.

**هدف:** مشاهده طرز عملکرد مبدل‌های پوسته - لوله و نحوه عملکرد هم‌سو و ناهم‌سو بودن جریان‌ها در مبدل‌های پوسته-لوله

## دانش افزایی

طبق استاندارد "موسسه سازندگان مبدل‌های لوله‌ای<sup>۱</sup> (TEMA)" مبدل‌های پوسته-لوله از نظر ساختار کله‌گی جلو، کله‌گی عقب و پوسته به صورت ۱-۲ تقسیم‌بندی می‌شوند:

1. Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA)

جدول ۲-۱ تقسیم‌بندی میبدل‌های پوسته-لوله بر اساس استاندارد TEMA

FRONT END STATIONARY HEAD TYPES	SHELL TYPES	REAR END HEAD TYPES
<b>A</b> CHANNEL AND REMOVABLE COVER	<b>E</b> ONE PASS SHELL	<b>L</b> FIXED TUBESHEET LIKE "A" STATIONARY HEAD
<b>B</b> BONNET (INTEGRAL COVER)	<b>F</b> TWO PASS SHELL WITH LONGITUDINAL BAFFLE	<b>M</b> FIXED TUBESHEET LIKE "B" STATIONARY HEAD
<b>C</b> CHANNEL INTEGRAL WITH TUBESHEET AND REMOVABLE COVER (removable tube bundle only)	<b>G</b> SPLIT FLOW	<b>N</b> FIXED TUBESHEET LIKE "N" STATIONARY HEAD
<b>N</b> CHANNEL INTEGRAL WITH TUBESHEET AND REMOVABLE COVER	<b>H</b> DOUBLE SPLIT FLOW	<b>P</b> OUTSIDE PACKED FLOATING HEAD
<b>D</b> SPECIAL HIGH PRESSURE CLOSURE	<b>J</b> DIVIDED FLOW	<b>S</b> FLOATING HEAD WITH BACKING DEVICE
	<b>K</b> KETTLE TYPE REBOILER	<b>T</b> PULLTHROUGH FLOATING HEAD
	<b>X</b> CROSS FLOW	<b>U</b> U-TUBE BUNDLE
		<b>W</b> EXTERNALLY SEALED FLOATING TUBESHEET

## طبقه‌بندی انواع کلگی جلو

هر یک از کلگی‌های جلو دارای کاربرد خاصی هستند، که استفاده غیر مناسب آن می‌تواند باعث اختلال در عملکرد میبدل گردد. انواع کلگی‌های جلو بر اساس استاندارد TEMA عبارتند از:

### TEMA A ■

در این نوع کلگی، همه اتصالات فلنجی است و بین دو به دوی اتصالات فلنجی از واشر استفاده می‌شود. از این نوع کلگی برای سیال‌های بسیار رسوب زا استفاده می‌شود و تمیز کاری لوله‌ها تنها با باز کردن درپوش مجرا امکان پذیر است.

### TEMA B ■

این نوع کلگی فاقد درپوش می‌باشد و در آن مجرا به پوسته پیچ می‌شود و بین اتصال کلگی و پوسته از واشر استفاده می‌شود. از این نوع کلگی برای سیال‌های تمیز استفاده می‌شود و تمیز کاری لوله‌ها تنها با باز کردن فلنج مجرا از پوسته میسر است. این نوع کلگی در بین کلگی‌های جلو، اقتصادی‌ترین کلگی می‌باشد.

### TEMA C ■

در این نوع کلگی، درپوش مجرا به مجرا پیچ شده ولی مجرا به دسته لوله‌ها جوش داده شده و دسته لوله‌ها به پوسته پیچ می‌شوند. از این نوع کلگی برای سیال‌های تمیز، سمی و فشارهای بالا استفاده می‌شود و تمیزکاری پوسته تنها با باز کردن کلگی از پوسته میسر است.

### TEMA N ■

در این نوع کلگی درپوش مجرا به مجرا پیچ گردیده و مجرا به دسته لوله‌ها و سپس دسته لوله‌ها به پوسته جوش داده می‌شوند. لذا در این نوع کلگی نمی‌توان دسته لوله‌ها را از پوسته بیرون کشید.

### TEMA D ■

در این نوع کلگی، تمامی اتصالات صفحه لوله، کانال و پوسته جوش داده می‌شوند و درپوش کانال در اثر فشار سیال داخل کانال آب‌بندی می‌شود. این نوع کانال برای استفاده در فشارهای بالا طراحی می‌گردد.

## طبقه‌بندی انواع پوسته

قطر پوسته، تعداد و محل جریان‌های ورودی و خروجی متصل به پوسته و همچنین طراحی‌های مختلف تیغه‌های درون پوسته از پارامترهای مهم در طراحی مبدل هستند. هزینه پوسته معمولاً بیشتر از لوله هاست، و هرچه قطر و ضخامت پوسته مبدل بیشتر شود، هزینه ساخت مبدل نیز افزایش می‌یابد. بنابراین برای ساخت یک مبدل به قیمت پایین‌تر، بهتر است قطر پوسته کمتر گردد و سطح انتقال حرارت با افزایش طول مبدل جبران شود. انواع پوسته‌ها بر اساس استاندارد TEMA عبارتند از:

### TEMA E ■

در این نوع گذر پوسته دارای یک گذر می‌باشد و جریان سیال از یک انتهای پوسته وارد شده و از انتهای دیگر آن خارج می‌شود. این نوع پوسته در مبدل‌های با جریان کاملاً ناهم‌سو مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### TEMA F ■

این نوع پوسته دارای یک تیغه طولی است که پوسته را به دو گذر تقسیم می‌کند. جریان از یک سمت پوسته وارد شده و پس جریان از گذر اول، وارد گذر دوم می‌شود و از انتهای پوسته خارج می‌شود. این پوسته معادل دو پوسته E می‌باشد که



به صورت سری به هم متصل گردیده‌اند. زمانی که شدت جریان کمی از سمت پوسته عبور می‌کند از این نوع پوسته استفاده می‌شود.

### TEMA G ■

در این نوع پوسته جریان سیال از وسط پوسته وارد شده و سپس به دو قسمت مساوی تقسیم می‌شود. یک بخش از جریان از سمت چپ و بخش دیگر آن از سمت راست حرکت کرده و وارد گذر دوم می‌شوند و پس از عبور از مبدل از سمت دیگر پوسته خارج می‌گردند.

### TEMA H ■

همانگونه که از ساختار H مشخص است، این نوع پوسته معادل دو پوسته G می‌باشد. این نوع پوسته دارای دو ورودی و دو خروجی می‌باشد و دارای کمترین افت فشار در پوسته می‌باشد.

### TEMA J ■

در این نوع پوسته جریان سیال از وسط وارد پوسته شده و سپس به دو قسمت مساوی تقسیم می‌گردد. هر یک از بخش‌های سیال در مبدل حرکت نموده و از یک مجرای مجزا خارج می‌گردند. همچنین می‌توان جریان ورودی را به دو جریان تقسیم نمود و پس از عبور از پوسته به صورت یک جریان از پوسته خارج گردد.

### TEMA K ■

در این نوع پوسته جریان از پایین مبدل وارد پوسته شده و پس از انتقال حرارت با سیال درون لوله به بخار تبدیل می‌شود و از بالای پوسته خارج می‌گردد. این ساختار بیشتر در ریبولرهای برج‌ها تقطیر استفاده می‌شود.

### TEMA X ■

در این نوع مبدل‌ها جریان می‌تواند از چندین نازل ورودی در طول پوسته وارد مبدل شوند. این ساختار پوسته در سرمایه‌ش و میعان کردن بخارها در فشارهای پایین و خلأ استفاده می‌شود.

## طبقه‌بندی انواع کلگی عقب

به قسمت انتهایی مبدل کلگی عقب می‌گویند و به دو صورت جوشی و پیچی می‌تواند به مبدل متصل گردد.

### TEMA L ■

در این نوع کلگی، درپوش به مجرا و مجرا به صفحه لوله از طریق فلنج به هم متصل می‌شوند و بین دو به دوی اتصالات از واشر استفاده می‌شود. از این نوع کلگی برای سیال‌های رسوب‌زا استفاده می‌شود و تمیز کاری لوله‌ها تنها با باز کردن درپوش مجرا امکان پذیر است. این نوع کلگی شبیه کلگی جلو A می‌باشد.

### TEMA M ■

این نوع کلگی فاقد درپوش می‌باشد و در آن مجرا به صفحه لوله و از طریق فلنج متصل می‌شود و بین دو به دوی اتصالات فلنجی از واشر استفاده می‌شود. از این نوع کلگی برای سیال‌های تمیز استفاده می‌شود. و تمیز کاری لوله‌ها با باز کردن فلنج مجرا از پوسته میسر می‌شود. به علت انحنای این کلگی، مقاومت آن در فشارهای بالا زیاد است.

### TEMA N ■

در این نوع کلگی، درپوش به مجرا پیچ می‌شود و بقیه اتصالات به هم جوش خورده‌اند. این نوع کلگی شبیه کلگی جلویی N است.

### TEMA P ■

این نوع کلگی در مبدل‌های معروف به کلگی شناور استفاده می‌شود.

### TEMA S ■

این نوع کلگی نیز در مبدل‌های کلگی شناور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### TEMA T ■

این نوع کلگی در مبدل‌های کلگی شناور مورد استفاده قرار می‌گیرد و از صفحه لوله به عنوان فلنج استفاده می‌شود.

### TEMA U ■

این نوع کلگی در مبدل‌هایی که دسته لوله آنها به شکل U باشد، استفاده می‌شود.

### TEMA W ■

این نوع کلگی در مبدل‌هایی که دسته لوله در آن شناور است، استفاده می‌شود.

## مرحله ۲: کار با برج‌های خنک‌کننده



فعالیت ساخت یافته ۵: بیان نحوه عملکرد برج‌های خنک‌کننده با کمک تصویر و فیلم

**پرسش:** در تمام کارخانه‌ها تعداد زیادی دستگاه‌های تبدیل حرارتی وجود دارد که در بیشتر آنها آب عامل سرد کنندگی است. علت چیست؟  
**پاسخ:** با توجه به اینکه عمدتاً پالایشگاه در کنار آب احداث می‌شود، دسترسی به آب آسان است. دلیل دوم استفاده از آب، این است که به علت ظرفیت گرمایی ویژه بالای آب، میزان جذب حرارت بالایی دارند.

پرسش کلاسی



**پرسش:** چرا در مثال بالا آب با دمای ۴۰ درجه سلسیوس برای خنک‌سازی جریان فرایندی مناسب نیست؟

**پاسخ:** زیرا مبدل مورد استفاده جهت خنک‌سازی با آب ۳۰ درجه سانتیگراد طراحی شده است. با توجه به رابطه  $Q=U \times A \times \Delta T$  در صورتی که اختلاف دمای سیال سرد و گرم کاهش یابد، سطح انتقال حرارت بیشتری لازم است تا به همان میزان خنک‌سازی دست یابیم. به همین دلیل آب ۴۰ درجه سانتیگراد به برج‌های خنک‌کننده ارسال می‌شود تا به میزان مورد نظر خنک گردد.

پرسش کلاسی



آیا در رطوبت نسبی ۱۰۰٪، دمای حباب خشک و دمای حباب مرطوب با هم تفاوتی دارند؟ چرا؟ با هم گروهی خود بحث کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.  
**پاسخ:** خیر، تفاوتی ندارند، زیرا هنگامی که رطوبت نسبی ۱۰۰٪ باشد، دیگر آب تبخیر نمی‌شود تا گرمای نهان تبخیر آن باعث کاهش دمای نشان داده شده توسط دماسنج باشد.

بحث گروهی



فعالیت  
آزمایشگاهی



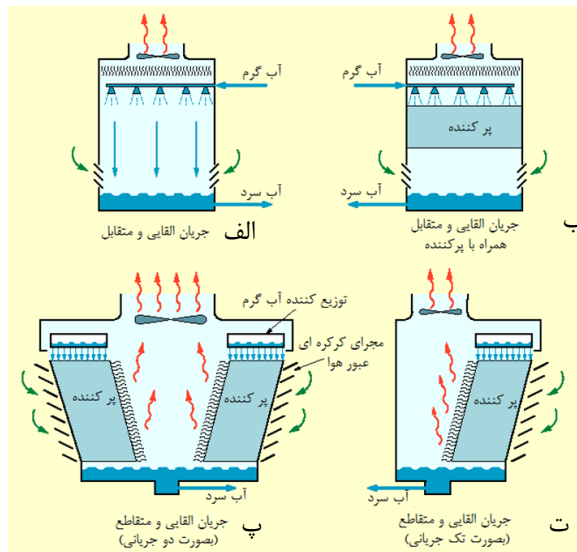
دمای حباب مرطوب و دمای حباب خشک را در آزمایشگاه و فضای آزاد اندازه گیری کنید. و نتیجه را ارائه دهید.  
راهنمایی: ابتدا با یک دماسنج دمای حباب خشک را اندازه بگیرید (دمای محیط آزمایشگاه) سپس یک دستمال مرطوب را روی مخزن دماسنج قرار داده و دمای حباب مرطوب را نیز اندازه گیری نمایید. همین کار را در فضای آزاد نیز انجام دهید سپس نتایج بدست آمده را مقایسه نمایید.

فعالیت ساخت یافته ۶: بیان نحوه عملکرد انواع برج‌های خنک کننده مرطوب با کمک تصویر و فیلم  
برج خنک کننده مرطوب  
از برج‌های خنک کننده مرطوب در پالایشگاه‌ها و واحدهای صنعتی و حتی جهت خنک‌سازی در ساختمان‌ها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پرسش کلاسی



پرسش: چرا برج خنک کننده مرطوب در شهرهای ساحلی و با رطوبت زیاد کاربرد ندارد؟  
پاسخ: با توجه به اینکه در شهرهای ساحلی و مناطق با آب و هوای شرجی، هوا دارای رطوبت نسبتاً بالایی است، میزان تبخیر آب کاهش می‌یابد و گرمای کمتری دفع می‌گردد.



۲-۳ برج خنک کننده مرطوب با جریان هوای القایی به صورت متقابل و متقاطع

در تصویر (الف) و (ب) شکل برج‌های خنک‌کننده با جریان هوای متقابل نشان داده شده است. در این برج‌ها با چرخش فن، هوا از طریق مجراهای کرکره‌ای وارد محفظه برج شده و پس از خنک‌سازی آب گرم که به صورت پاششی توزیع گردیده است، از بالای برج خارج می‌شود. در تصویر (ب) بخش پر شده هم به برج افزوده گردیده است. در این حالت خنک‌سازی بیشتری اتفاق می‌افتد زیرا سطح تماس آب و هوا به شدت افزایش می‌یابد.

در تصویر (پ) و (ت) شکل بالا جریان هوا به صورت متقاطع با آب گرم در تماس است. در این حالت پرکننده‌ها در کنار مجراهای کرکره‌ای تعبیه شده‌اند و آب روی پرکننده‌ها با هوای ورودی تماس دارد.

آنچه باعث خنک شدن آب گرم ورودی می‌شود، تبخیر آب و گرمای نهان تبخیر آن است. اگر فرض کنیم اتلاف حرارتی وجود ندارد، همان مقدار انرژی لازم برای تبخیر آب از خودش تأمین می‌گردد. به رابطه زیر دقت کنید:

$$Q = m_v \times L = m_L \times C_p \times \Delta T$$

در این رابطه  $m_v$  مقدار آب تبخیر شده،  $L$  گرمای نهان تبخیر آب بر حسب J/kg،  $m_L$  مقدار آب به صورت مایع،  $C_p$  ظرفیت گرمایی ویژه (J/kg. K) و  $\Delta T$  اختلاف دمای آب گرم ورودی و آب خنک شده خروجی است.

**تمرین:** در صورتی که ۱۰۰۰ کیلوگرم آب با دمای ۴۰ درجه سلسیوس داشته باشیم، با تبخیر ۱۵ درصد آن، دمای آب باقیمانده چقدر خواهد شد؟ گرمای نهان تبخیر آب ۲۲۶۰ ژول بر کیلوگرم می‌باشد.  
پاسخ:

$$\text{انرژی لازم برای تبخیر آب} = ۳۳۹۰۰۰ = ۰/۱۵ \times ۱۰۰۰ \times ۲۲۶۰$$

$$\text{انرژی دفع شده} = (T - ۴۰) \times ۴۱۷۹ \times (۱۰۰۰ - ۰/۱۵ \times ۱۰۰۰) = m \times C_p \times \Delta T$$

$$= ۸۵۰ \times ۴۱۷۹ \times (T - ۴۰) = ۳۵۵۲۱۵۰ \times (T - ۴۰)$$

$$\Rightarrow \frac{-۳۳۹۰۰۰}{۳۵۵۲۱۵۰} = (T - ۴۰) \Rightarrow T = ۳۹^\circ \text{C}$$

فیلم مربوط به برج خنک کن مرطوب را مشاهده نمایید و در مورد نحوه عملکرد آن با هم گروهی خود بحث نمایید و گزارش خود را در مورد بخش‌های مختلف آن، متقابل و متقاطع بودن جریان آب و هوا و همچنین طبیعی، و یا القایی بودن جریان هوا در کلاس ارائه دهید.

نمایش فیلم



## فعالیت ساخت یافته ۷: بیان نحوه عملکرد انواع برج‌های خنک‌کننده خشک با کمک تصویر و فیلم

### برج خنک کن خشک

#### پرسش کلاسی

**پرسش ۶:** چرا افزایش دمای محیط، منجر به کاهش بازدهی برج‌های خنک‌کننده خشک می‌شود؟



**پاسخ:** با افزایش دمای محیط، دمای حباب خشک نیز افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه دمای خروجی از برج خنک کن خشک حتماً از دمای حباب خشک کمتر است، با افزایش دمای محیط، دمای آب خروجی از برج خنک کن نیز بالاتر می‌رود و موجب کاهش بازدهی برج خنک کن می‌شود.

#### نمایش فیلم



فیلم مربوط به برج خنک کن خشک را مشاهده نمایید و در مورد نحوه عملکرد آن با هم‌گروهی خود بحث نمایید و در کلاس ارائه دهید.

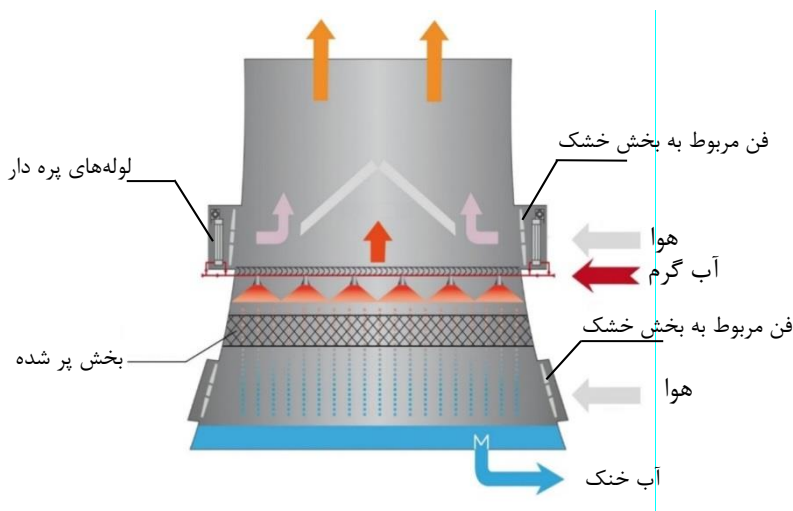
#### بازدید علمی



از یک شرکت تولیدکننده برج‌های خنک‌کننده بازدید نموده و در مورد بخش‌های مورد استفاده در برج خنک‌کننده گزارش تهیه کنید  
راهنمایی: جهت آشنایی هنرجویان با برج‌های خنک‌کننده و نحوه عملکرد آن‌ها در صورت امکان از یک مرکز تولیدکننده برج‌های خنک‌کننده یا یک مرکزی که برج خنک‌کننده در آن به کار رفته است، بازدیدی فراهم نمایید.

## برج خنک کن ترکیبی

در برج‌های خنک کن ترکیبی (شکل ۴-۲) از مزایای برج‌های خنک کن مرطوب و خشک بهره گرفته می‌شود. بدین صورت که می‌توان در فصل‌های گرم از آب و در فصل سرد از هوای محیط برای خنک کاری آب استفاده نمود.



۲-۴ برج خنک‌کننده ترکیبی

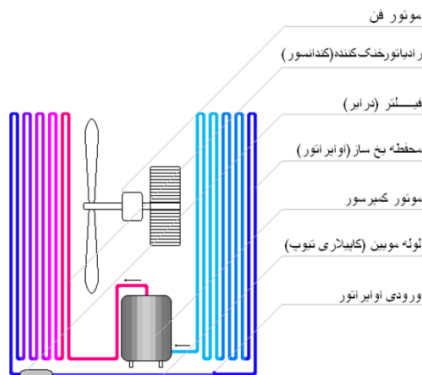
در بخش بالای برج، آب گرم ابتدا وارد لوله‌های پره دار شده و با جریان هوای که توسط فن ایجاد شده است تبادل حرارت انجام می‌دهد. سپس به شبکه توزیع‌کننده آب وارد می‌شود و عملیات خنک سازی به روش مرطوب آغاز می‌گردد. این امکان وجود دارد که آب گرم مستقیماً وارد شبکه توزیع‌کننده شود و از بخش خنک‌کننده خشک استفاده نگردد.

فعالیت ساخت یافته ۷: بیان اصول کار در چیلرها با کمک تصویر و فیلم

## چیلر

چیلر دارای یک چرخه بسته است و ماده‌ای که باعث کاهش دما می‌شود را ماده مبرد<sup>۱</sup> می‌نامند. ماده مبرد در چرخه بسته چیلر حرکت نموده و باعث خنک سازی

می‌گردد. چیلرها در سیستم‌های تهویه مطبوع و در صنعت کاربرد مختلفی دارند. کولرهای گازی یک نوع چیلر محسوب می‌شود. شکل زیر را مشاهده کنید.



۵-۲ نحوه عملکرد کولر گازی

### نحوه عملکرد کولر گازی

گاز مبرد درون کمپرسور کولر فشرده می‌شود، در این حالت دمای آن نیز افزایش می‌یابد. کار انجام شده جهت فشردن گاز را با  $W$  نشان می‌دهیم. گاز مبرد به سمت چگالنده (کندانسور<sup>۱</sup>) می‌گردد و با از دست دادن حرارت خود به محیط گرم ( $Q_H$ ) به مایع تبدیل می‌شود. مایع خروجی از چگالنده از لوله مویی یا شیر انبساط عبور می‌کند و فشار آن با افت شدید مواجه می‌شود. در این حالت، سیال مبرد به حالت دو فازی در می‌آید، به عبارتی بخشی از مایع به بخار تبدیل شده و مایع و بخار مبرد به سمت ورودی لوله‌های تبخیرکننده (اواپراتور<sup>۲</sup>) هدایت می‌گردند که هوای محیط از روی آن عبور می‌کند. سیال مبرد در تبخیرکننده، انرژی را از محیط سرد ( $Q_L$ ) جذب نموده و کاملاً بخار می‌گردد و بدین ترتیب باعث کاهش دمای محیط سرد می‌شود. بخار ماده تبرید مجدداً وارد کمپرسور شده و چرخه تکرار می‌گردد.

بنابراین عملکرد سیکل تبرید در چهار مرحله خلاصه می‌شود:

مسیر ۱ به ۲: دریافت گرما از محیط سرد ( $Q_L$ )

مسیر ۲ به ۳: افزایش فشار و تراکم گاز ( $W$ )

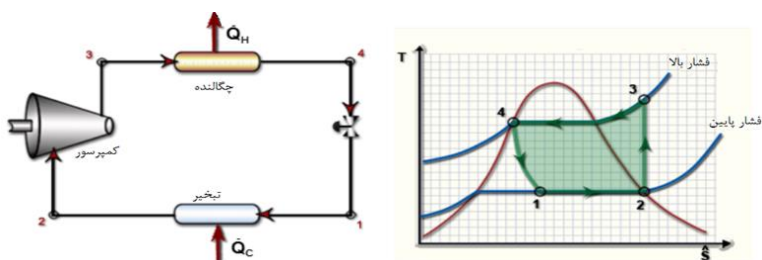
مسیر ۳ به ۴: دفع گرما به محیط گرم ( $Q_H$ )

مسیر ۴ به ۱: کاهش فشار در شیر انبساط (و در نتیجه کاهش دما)

1. Condenser

2. Evaporator



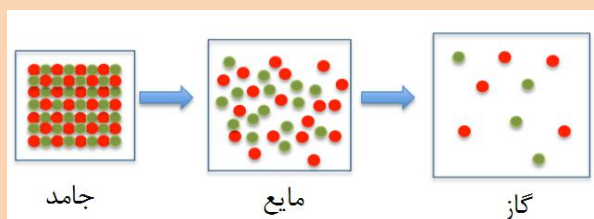


۲-۶ نمودار سیکل تبرید در چیلرهای تراکمی

نمودار دما-آنترופی فرایند تبرید در شکل ۲-۶ نشان داده شده است. توضیح اینکه آنترופی دقیقاً چیست چندان ساده نیست. درک مفهوم آنترופی دست کم از درک و توضیح مفاهیم فیزیکی مانند انرژی، نیرو، اندازه حرکت و سرعت، پیچیده تر است. از آن جهت که آنترופی ملموس نیست و اغلب تحت عنوان معیاری برای میزان بی نظمی تعریف می شود.

آنترופی کمی ترمودینامیکی است که اندازه‌ای برای درجه بی نظمی در هر سیستم است. هر چه درجه بی نظمی بالاتر باشد، آنتروپیه بیشتر است؛ بنابراین برای یک ماده معین در حالت تعادل درونی کامل در هر حالت: آنتروپیه جامد کمتر از آنتروپیه مایع و آنتروپیه مایع کمتر از آنتروپیه گاز می باشد.

**بیشتر بدانید**



برای ایجاد نظم در یک ماده که دارای آنتروپیه بالاست، می بایست کار انجام شود، همانند شکل زیر که برای ایجاد نظم بین آجرهای بی نظم، می بایست کار صورت پذیرد:



### پرسش کلاسی



#### پرسش:

- ۱- در کدام حالت‌ها ماده میرد دارای بیشترین و کمترین حجم است؟
- ۲- در کدام حالت‌ها ماده میرد دارای بیشترین و کمترین دماست؟
- ۳- در کدام حالت‌ها ماده میرد دارای بیشترین و کمترین فشار است؟
- ۴- کدام یک از بخش‌های سیکل تبرید در فشار ثابت انجام می‌شود؟
- ۵- در کدام بخش‌ها تغییر دما و فشار توأم اتفاق می‌افتد؟

#### پاسخ:

- ۱- بیشترین حجم در نقطه ۲ اتفاق افتاده است، در این حالت ماده میرد کاملاً بخار و در پایین‌ترین فشار قرار دارد. کمترین حجم در نقطه ۴ اتفاق می‌افتد، در این حالت ماده میرد در فشار بالا و کاملاً مایع می‌باشد.
- ۲- ماده میرد در خروجی کمپرسور (نقطه ۳) دارای بیشترین دما و در مسیر ۱ به ۲ دارای کمترین دماست. در مسیر ۱ به ۲ ماده میرد از محیط گرما دریافت می‌کند و در دما و فشار ثابت به بخار تبدیل می‌گردد. این گرما معادل گرمای نهان تبخیر میرد می‌باشد.
- ۳- مسیر ۳ به ۴ که دفع گرما به محیط گرم اتفاق می‌افتد دارای بیشترین فشار و مسیر ۱ به ۲ دارای کمترین فشار می‌باشد.
- ۴- در کندانسور (مسیر ۳ به ۴) که میعان ماده تبرید اتفاق می‌افتد بیشترین فشار و در تبخیرکننده (مسیر ۱ به ۲) که ماده میرد بخار می‌شود دارای کمترین فشار است.
- ۵- در کمپرسور (مسیر ۲ به ۳) افزایش دما و فشار به صورت همزمان و در شیر انبساط (مسیر ۴ به ۱) کاهش دما و فشار به صورت همزمان اتفاق می‌افتد.

### تحقیق کنید



۱- درباره سیکل رانکین چه می‌دانید؟ فرایند تبرید با سیکل رانکین چه ارتباطی دارد؟

۲- درباره پدیده ژول-تامسون چه می‌دانید؟ در کدام بخش از سیکل تبرید از این پدیده استفاده می‌شود؟

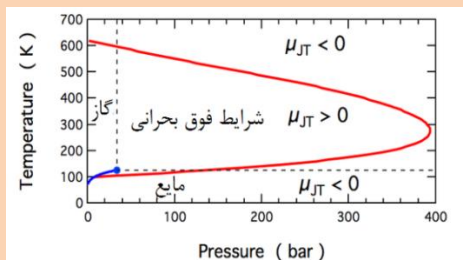
#### پاسخ:

- ۱- سیکل رانکین چرخه‌ای است که در آن حرارت به کار و انرژی تبدیل می‌شود. بخش زیادی از برق تولیدی در دنیا با استفاده از این چرخه تولید می‌شود. نیروگاه‌های حرارتی، خورشیدی، هسته‌ای و ... از جمله نیروگاه‌هایی هستند که بر پایه ی این چرخه عمل می‌کنند. این چرخه به افتخار پروفیسور "ویلیام جان مکورن رانکین" نام گذاری شده است. در کل چرخه رانکین یک چرخه ایده آل برای نیروگاه حرارتی با قدرت بخار است. و در صورتی که بازدهی آن ۱۰۰٪ باشد همه انرژی مصرف شده برای تهیه بخار به برق تبدیل می‌شود.
- فرایند تبرید عکس سیکل رانکین عمل می‌کند که در آن انرژی مصرف می‌شود و حرارت از یک محیط خارج می‌گردد.

۲- پدیده ژول-تامسون که به آن خفقان نیز گفته می‌شود قلب ماشین‌های حرارتی مانند یخچال و کولرهای گازی و سیکل‌های تبرید می‌باشند. فرایند خفقان در شرایطی اتفاق می‌افتد که انرژی آنتالپی سیال مبرد ثابت است. مهمترین پارامتر در خفقان ضریب ژول-تامسون می‌باشد که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{JT} = \left( \frac{\Delta T}{\Delta P} \right)_H$$

این ضریب می‌تواند مثبت یا منفی و یا صفر باشد. مقدار این ضریب، به نوع گاز، دما و فشار قبل از انبساط بستگی دارد. مقدار ضریب ژول-تامسون برای گازهای ایده آل برابر با صفر است، اما برای دیگر گازها می‌تواند مثبت یا منفی باشد.



با توجه به اینکه در فرآیند انبساط یک گاز، فشار کاهش می‌یابد، در صورتی که ضریب ژول-تامسون یک گاز مثبت باشد، دما کاهش می‌یابد و در صورتی که ضریب ژول-تامسون گاز منفی باشد، دمای گاز افزایش می‌یابد.

در دمای معمولی (دمای اتاق)، دمای اغلب گازها با عبور از شیر انبساط کاهش می‌یابد و تنها هلیوم و هیدروژن هستند که در دمای اتاق دمای در اثر پدیده ژول-تامسون دچار افزایش دما می‌گردند.

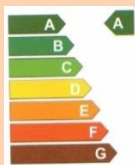
از پدیده ژول-تامسون در مسیر ۴ به ۱ و در شیر انبساط استفاده می‌شود تا دمای ماده مبرد کاهش یابد و برای فرایند خنک سازی به کار گرفته شود.

هدف چنین دستگاهی دریافت بیشترین انرژی از محیط سرد ( $Q_L$ ) در برابر کمترین مقدار انرژی مصرفی ( $W$ ) است. ضریب عملکرد COP به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$COP = \frac{Q_L}{W}$$

کافی است واحد گرمای گرفته شده و کار انجام شده یکسان باشد، در صورتی که هر دو از جنس انرژی و یا توان باشند، COP نشان‌دهنده عملکرد دستگاه می‌باشد.

پوسش: از برجسب انرژی دستگاه‌هایی مانند یخچال و کولرگازی چه می‌دانید؟ برجسب انرژی دستگاه‌هایی مانند یخچال و کولرگازی چه ارتباطی با ضریب عملکرد دارد؟



پاسخ: هر چه COP بالاتر باشد، برجسب انرژی دستگاه نیز وضعیت مطلوب تری خواهد داشت. بر اساس یک نوع دستورالعمل برجسب انرژی به شرح زیر انتخاب می‌شود:

رتبه انرژی	ضریب عملکرد (COP)
A	$COP > 3/6$
B	$3/6 \geq COP > 3/4$
C	$3/4 \geq COP > 3/2$
D	$3/2 \geq COP > 2/8$
E	$2/8 \geq COP > 2/6$
F	$2/6 \geq COP > 2/4$
G	$2/4 \geq COP > 2/2$

تمرین:

۱- ضریب عملکرد یک یخچال با ظرفیت تبرید  $30000 \text{ BTU/hr}$  و توان کمپرسور  $2400$  وات چقدر است؟ برجسب انرژی این یخچال چیست؟ پاسخ:

$$COP = \frac{30000 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}} \times \frac{1055 \text{ J}}{1 \text{ BTU}}}{2400 \text{ W}} = \frac{8972/2}{2400} = 3/66$$

بنابراین، برجسب انرژی این یخچال A می‌باشد.

۲- ضریب عملکرد یک یخچال به ظرفیت تبرید  $10000$  وات، برابر با  $3/5$  می‌باشد. توان کمپرسور آن چقدر است؟ پاسخ:

$$COP = \frac{Q_L}{W} \rightarrow W = \frac{Q_L}{COP} = \frac{10000}{3/5} = 2857 \text{ وات}$$

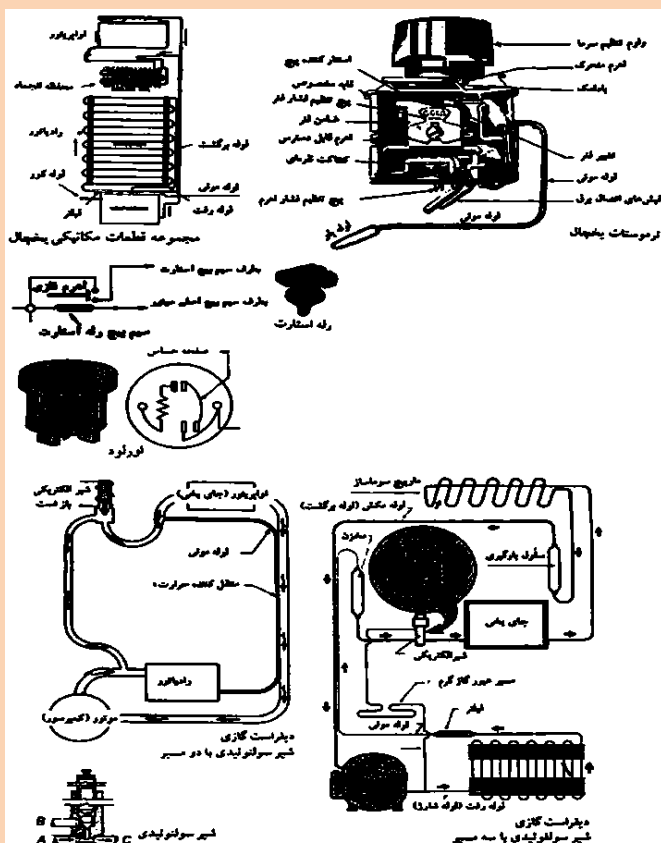
۳- توان کمپرسور یک یخچال با ضریب عملکرد ۳، برابر با ۳۵۰۰ وات است. ظرفیت تبرید این یخچال چقدر است؟  
پاسخ:

$$COP = \frac{Q_L}{W} \longrightarrow Q_L = W \times COP = 3 \times 3500 = 10500 \text{ وات}$$

فعالیت ساخت یافته ۸: بررسی طرز کار سیستم‌های خنک‌کننده یخچال به صورت عملی

بخش‌های سردسازی یخچال را مورد بررسی قرار داده و در مورد نحوه عملکرد و برچسب انرژی آن گزارش تهیه کنید  
راهنمایی: اجزاء یخچال در شکل زیر به تفصیل نشان داده شده است.

**فعالیت کارگاهی**

### مرحله ۳: کار با خشک‌کن‌ها

**فعالیت ساخت یافته ۹:** بیان نحوه عملکرد خشک‌کن‌ها با کمک نمایش تصویر و فیلم خشک‌کن‌ها

خشک‌کن‌ها از یک اصل بسیار ساده بهره می‌برند و آن اینکه برای کاهش رطوبت یک جامد مرطوب، کافیسست گرمای لازم جهت تبخیر رطوبت فراهم گردد. این گرما می‌تواند به صورت مستقیم (از طریق گاز حامل گرم) و یا غیر مستقیم (رسانایی دیواره و یا مادون قرمز) تامین گردد.

#### روش‌های عملکرد خشک‌کن‌ها

##### پرسش کلاسی



**پرسش:** یک مثال روزمره از فرآیند خشک شدن در زندگی خودتان بیان کنید.  
**پاسخ:** خشک کردن لباس روی طناب و در معرض هوا، خشک کردن میوه‌ها در فضای آزاد و یا دستگاه میوه خشک‌کن آشپزخانه، خشک کردن سبزیجات از جمله فرآیندهای خشک کردن در زندگی روزمره می‌باشند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۰:** بیان عوامل موثر در خشک کردن مواد شیمیایی با طرح پرسش

#### متغیرهای موثر در خشک کردن

**راهنمایی:** برای آموزش می‌توان این پرسش را در کلاس مطرح کرد:

##### پرسش کلاسی



**پرسش:** برای خشک کردن لباس‌های خیس، آن‌ها را روی طناب پهن می‌کنند، چه عواملی در زودتر خشک شدن لباس‌ها خیس موثر است؟  
**پاسخ:**

الف) دمای محیط

ب) میزان رطوبت هوا

پ) سرعت باد

هر چه دمای محیط بیشتر باشد، انرژی لازم برای تبخیر رطوبت لباس بیشتر در دسترس است. هر چه میزان رطوبت هوا افزایش یابد، به دلیل اینکه رطوبت لباس به راحتی تبخیر نمی‌گردد، لباس رطوبت کمتری از دست می‌دهد.  
هر چه سرعت باد بیشتر باشد، به دلیل افزایش ضریب انتقال حرارت هوا و همچنین خروج سریعتر رطوبت در فضای اطراف لباس، خشک شدن لباس سریعتر اتفاق می‌افتد.

## ساخت یافته ۱۱: معرفی انواع خشک‌کن‌های صنعتی با کمک تصویر و فیلم خشک‌کن‌های کابینتی



**پرسش:** عملیات در خشک‌کن کابینتی پیوسته است یا ناپیوسته؟ مستقیم است یا غیر مستقیم؟ دلیل خود را بیان کنید.

**پاسخ:** این عملیات ناپیوسته است، زیرا موادی که لازم است رطوبت آن کاهش یابد در خشک‌کن قرار داده می‌شود و پس از اتمام فرایند خشک شدن، از دستگاه خارج می‌گردد. همچنین این عملیات مستقیم است، زیرا حرارت لازم از طریق جریان هوای گرم با مواد به آن داده می‌شود.

پرسش کلاسی



فیلم خشک‌کن کابینتی را مشاهده نمایید و در مورد نحوه عملکرد آن بحث کنید.

نمایش فیلم



## فعالیت ساخت یافته ۱۲: انجام کار کارگاهی با خشک‌کن کابینتی (آون)

یک جامد خمیری شکل را درون دستگاه آون که نوعی خشک‌کن کابینتی می‌باشد قرار دهید و مدت زمان لازم برای خشک شدن آن را در دماهای  $100^{\circ}\text{C}$ ،  $200^{\circ}\text{C}$  و  $300^{\circ}\text{C}$  را بیابید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟  
**راهنمایی:** هر چه دمای خشک‌کن افزایش یابد، مدت زمان کمتری لازم است تا جامد خمیری شکل، خشک شود.

فعالیت کارگاهی



## خشک‌کن‌های تونلی



### پرسش کلاسی



**پرسش:** عملیات در خشک‌کن تونلی شکل ۲۰-۲ کتاب پیوسته است یا ناپیوسته؟ مستقیم است یا غیرمستقیم؟

**پاسخ:** خشک‌کن تونلی شکل از نوع پیوسته است، زیرا مواد خشک شونده بصورت پیوسته وارد خشک‌کن می‌شود و از آن خارج می‌گردد. همچنین این فرآیند بصورت مستقیم است، زیرا جریان هوای گرم مستقیماً حرارت لازم برای خشک شدن ماده را تأمین می‌کند.

## دانش افزایی

### خشک‌کن انجمادی

در مواردی که جامد مرطوب از مواد غذایی و دارویی حساس به دما که در درجه حرارت معمولی هم خشک نمی‌شوند را می‌بایست از طریق خشک‌کن‌های انجمادی خشک شوند. در این نوع دستگاه، ماده خشک شونده تحت اثر هوای خیلی سرد (حدود  $^{\circ}\text{C} -60$ ) منجمد می‌گردند و سپس در دمای پایین تر (حدود  $^{\circ}\text{C} -5$ ) در شرایط خلاء قرار می‌گیرند، رطوبت در شرایط خلاء تصعید شده و با پمپ خلاء از محفظه دستگاه خارج می‌گردد. در مرحله نهایی خشک کردن، دمای محفظه خشک‌کن به حدود  $^{\circ}\text{C} 20$  افزایش می‌یابد تا باقیمانده رطوبت نیز از ماده جامد خارج گردد. در شکل ۷-۲ یک خشک‌کن انجمادی نشان داده شده است.





۲-۷ دستگاه خشک‌کن انجمادی

مزایای فرآیند خشک کردن انجمادی، بالا بودن کیفیت محصول تولیدی به دلیل پایین بودن دما در حین تصعید و حفظ ساختمان محصول است. در نوع حرارت دهی غیر مستقیم، دیواره خارجی استوانه‌ی دوار با استفاده از گازهای حاصل از احتراق سوخت احاطه شده و گرم می‌شود. حرارت به صورت غیر مستقیم و از طریق رسانایی از دیواره خارجی به دیواره داخلی استوانه و سپس به جامد مرطوب انتقال داده می‌شود. در شکل زیر خشک‌کن دوار غیرمستقیم با جریان ناهم‌سو نشان داده شده است.

## خشک‌کن دوار

خشک‌کن‌های دوار از مهمترین گروه خشک‌کن‌ها می‌باشند، که به شکل استوانه دوار ساخته می‌شوند. مواد جامد دانه‌ای شکل به صورت مداوم به یک انتهای استوانه دوار تزریق شده و با هوای گرم در تماس قرار می‌گیرند. استوانه زاویه کوچکی نسبت به افق دارد و در نتیجه ماده جامد با استفاده از لغزش در طول خشک‌کن جاری می‌گردند. در داخل استوانه و روی دیواره آن، پره‌های نصب شده اند که با حرکت دورانی استوانه، جامد را بالا و پایین می‌برد تا جامد با گاز خشک‌کننده در تماس باشد. حرکت دورانی این استوانه‌ها با استفاده از موتور و چرخ دنده میسر می‌گردد. در شکل زیر یک خشک‌کن دوار به همراه موتور و چرخ دنده آن نشان داده شده است.



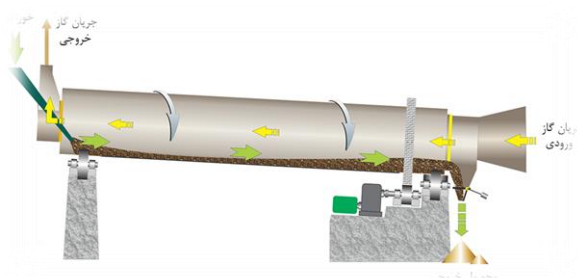
۲-۸ خشک‌کن دوار

توجه داشته باشید که در این نوع خشک‌کن‌ها نیز، گاز حامل می‌تواند به صورت همسو و یا ناهمسو با جریان مواد جامد در تماس قرار گیرد. خشک‌کن‌های استوانه‌ای دوار برای مواد جامد چسبنده و صمغی که ممکن است به دیواره خشک‌کن بچسبند و یا به صورت گلوله‌ای در آیند مناسب نیست.

نحوه حرارت دهی در این نوع خشک‌کن‌ها می‌تواند به صورت مستقیم و یا غیر مستقیم باشد. در نوع حرارت دهی مستقیم، مواد جامد مرطوب به صورت مستقیم و درون محفظه‌ی استوانه‌ای با حرارت حاصل از احتراق سوخت و یا هوای گرم در تماس قرار داده می‌شود. در صورتی که گاز حاصل از احتراق با جامد مرطوب در تماس باشد، معمولاً از یک پنکه برای مکش گاز از خشک‌کن استفاده می‌شود. جامداتی که بدون نگرانی از خطر آلودگی با گاز احتراق و یا از بین رفتن در درجه حرارت‌های بالا می‌توانند خشک شوند، این گونه رطوبت خود را از دست می‌دهند. در ادامه شکل‌های خشک‌کن‌های دوار با جریان همسو و ناهمسو نشان داده شده‌اند.

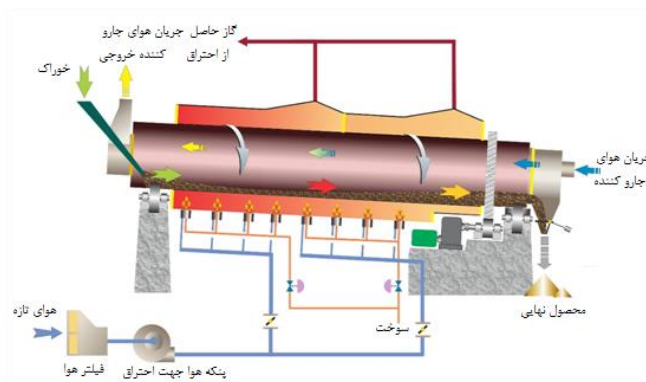


۲-۹ دستگاه خشک‌کن دوار مستقیم با جریان همسو



۲-۱۰ دستگاه خشک کن دوار مستقیم با جریان ناهمسو

در نوع حرارت دهی غیر مستقیم، دیواره خارجی استوانه‌ی دوار با استفاده از گازهای حاصل از احتراق سوخت احاطه شده و گرم می‌شود. حرارت به صورت غیر مستقیم و از طریق رسانایی از دیواره خارجی به دیواره داخلی استوانه و سپس به جامد مرطوب انتقال داده می‌شود. در شکل زیر خشک کن دوار غیرمستقیم با جریان ناهم‌سو نشان داده شده است.



۲-۱۱ دستگاه خشک کن دوار غیرمستقیم با جریان ناهم‌سو

## خشک کن پاششی<sup>۱</sup>

در این نوع خشک‌کن‌ها، محلول‌ها، خمیرها و دوغ آب‌ها با پاشیدن به صورت ذرات ریز در جریانی از هوای داغ، خشک می‌شود. اسپری شدن مایع غلیظ باعث افزایش

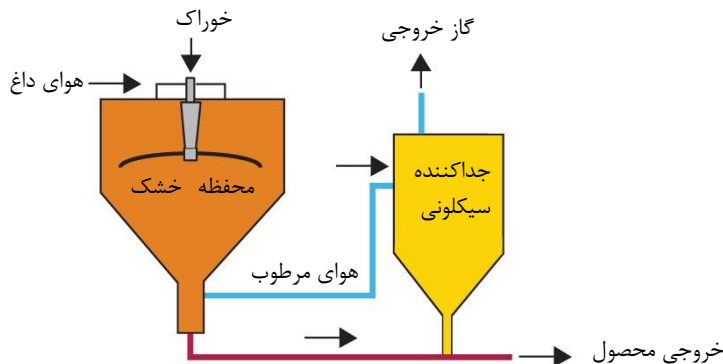
### 1. Spray Dryer

سطح تماس ذرات می‌گردد و میزان تبخیر رطوبت به شدت افزایش می‌یابد. یکی از مزیت‌های این نوع خشک‌کن‌ها این است که می‌توان اندازه ذرات را به خوبی کنترل نمود. زمان اقامت ذرات در خشک‌کن‌های پاششی کوتاه است و به همین دلیل برای مواد حساس نیز کاربرد گسترده‌ای دارند.

وسیله‌ای که مایع را به صورت ذرات ریز در می‌آورد را اتمایزر می‌نامند که به صورت حفره ای<sup>۱</sup> یا چرخشی<sup>۲</sup> می‌باشد. در نوع حفره‌ای، مایع با فشار از یک حفره بسیار کوچک عبور می‌کند و به صورت ذرات بسیار ریز در می‌آید اما در نوع چرخشی، نیروی گریز از مرکز باعث می‌شود مایع از حفره‌های نسبتاً بزرگ به صورت ذرات ریز در آیند.



۱-۲ اتمایزر مورد استفاده در خشک‌کن‌های پاششی



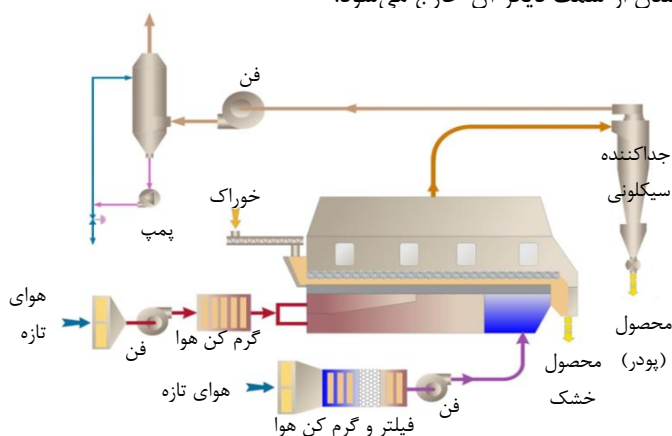
۱-۳ دستگاه خشک‌کن پاششی

جزئیات طراحی و ساختار خشک‌کن‌های پاششی با یکدیگر متفاوت بوده و به سازه آن بستگی دارد. از این نوع خشک‌کن‌ها برای گستره وسیعی از محصولات از جمله مواد شیمیایی، مواد دارویی، محصولات غذایی مثل شیر، صابون و محصولات شوینده و تولید پودر شوینده کاربرد دارند.

1. Nozzle
2. Centrifugal

## خشک کن بستر سیال

جامدات دانه‌ای مرطوب در محفظه خشک‌کن قرار می‌گیرند و هوای داغ از زیر محفظه و به صورت متقاطع با دانه‌ها در تماس قرار می‌گیرد و آن‌ها را در جریان هوا غوطه ور می‌کند که اصطلاحاً به آن بستر سیال گفته می‌شود. از ویژگی‌های اصلی این نوع خشک‌کننده‌ها می‌توان به جریان متقاطع جامد و گاز خشک‌کننده، قابلیت کنترل زمان از چندثانیه تا چند ساعت و خشک کردن در هر درجه حرارت گاز می‌باشد. جامدات مرطوب از یک سمت وارد محفظه خشک‌کننده می‌شود و پس از خشک شدن از سمت دیگر آن خارج می‌شود.



۱۴-۲ دستگاه خشک کن بستر سیال

جابجایی و حرکت ذرات جامد با از دست دادن رطوبت در طول خشک‌کن بهبود می‌یابد. ذرات کوچکتر را با سرعت کمتری می‌توان به حالت تعلیق درآورد و سرعت خشک شدن آن نیز به مراتب بیشتر است.

از یک شرکت تولیدکننده مواد غذایی یا دیگر صنایع در نزدیکی محل تحصیل خود بازدید نموده و در رابطه با خشک‌کن مورد استفاده گزارش تهیه کنید. آیا نکات ایمنی رعایت می‌شود؟ آیا این فرآیند برای محیط زیست خطری دارد؟ برای حل آن راهکار ارائه دهید.

بازدید علمی



## ارزشیابی شایستگی فصل دستگاه‌های حرارتی

<p><b>شرح کار:</b>  چگونگی استفاده 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.</p>																											
<p><b>استاندارد عملکرد:</b>  کار با مبدل‌های حرارتی، برج‌های خنک‌کننده و خشک‌کن‌ها مطابق دستورالعمل  <b>شاخص‌ها:</b>  - رعایت مسائل ایمنی حین کار  - انجام کار طبق دستورالعمل</p>																											
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b> مبدل حرارتی پیوسته و لوله - مبدل حرارتی لوله و لوله - آون  - آب، خشک‌کن  <b>شرایط:</b> مکان : کارگاه  زمان : یک جلسه آموزشی  <b>ابزار و تجهیزات:</b> وسایل ایمنی شخصی، مبدل‌های حرارتی، برج خنک‌کننده، خشک‌کن</p>																											
<p><b>معیار شایستگی:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th> <th>مرحله کار</th> <th>حداقل نمره قبولی از ۳</th> <th>نمره هنرجو</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td>کار با مبدل‌های حرارتی</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>کار با برج‌های خنک‌کننده</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>کار با خشک‌کن‌ها</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:  <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی  <b>۲- نگرش:</b> صرفه جویی در آب مصرفی مبدل‌ها  <b>۳- توجهات زیست محیطی:</b> جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش  <b>۴- شایستگی‌های غیر فنی:</b> - اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۴- مستندسازی:  گزارش‌نویسی</p> </td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"> <p><b>میانگین نمرات</b></p> </td> <td>*</td> </tr> </tbody> </table> <p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.</p>				ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	کار با مبدل‌های حرارتی	۲		۲	کار با برج‌های خنک‌کننده	۱		۳	کار با خشک‌کن‌ها	۱		<p>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:  <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی  <b>۲- نگرش:</b> صرفه جویی در آب مصرفی مبدل‌ها  <b>۳- توجهات زیست محیطی:</b> جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش  <b>۴- شایستگی‌های غیر فنی:</b> - اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۴- مستندسازی:  گزارش‌نویسی</p>		۲		<p><b>میانگین نمرات</b></p>			*
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																								
۱	کار با مبدل‌های حرارتی	۲																									
۲	کار با برج‌های خنک‌کننده	۱																									
۳	کار با خشک‌کن‌ها	۱																									
<p>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:  <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی  <b>۲- نگرش:</b> صرفه جویی در آب مصرفی مبدل‌ها  <b>۳- توجهات زیست محیطی:</b> جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش  <b>۴- شایستگی‌های غیر فنی:</b> - اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۴- مستندسازی:  گزارش‌نویسی</p>		۲																									
<p><b>میانگین نمرات</b></p>			*																								



## فصل سوم

# دستگاه‌های دوار



انواع دستگاه‌های دوار دارای کاربرد گسترده‌ای در صنایع شیمیایی دارند، پمپ‌ها، مخلوط‌کننده‌ها، سانتریفوژها و دستگاه‌های کاهش اندازه مواد در فرآیندهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند بنابراین آگاهی از انواع آنها و اصول عملکرد آن لازم است.



## ۳ واحد یادگیری

### کار با دستگاه‌های دوار

**مقدمه:** در این فصل هنرجویان با دستگاه‌های دوار نظیر پمپ‌ها، مخلوط‌کن‌ها، سانتریفوژها و دستگاه‌های کاهش اندازه آشنا می‌شوند. این فصل به صورت تئوری و عملی پیش‌بینی شده است. در ابتدا تئوری‌های مربوط به آن‌ها ارائه گردیده، سپس کار عملی مربوط به آن آمده است. استفاده همزمان از فیلم‌های آموزشی پیش‌بینی شده و بازدید از مراکز صنعتی در فرآیند آموزش تاثیر بسزایی خواهد داشت.

بسیاری از فعالیت‌های این بخش به صورت گروهی پیش‌بینی شده است، بنابراین لازم است هنرآموزان با تقسیم‌بندی کلاس به گروه‌های مختلف و با نظارت و هدایت این گروه‌ها هنرجویان را به طور مستقیم در فرآیند یاددهی - یادگیری شرکت دهند.

ضمناً یاد آوری می‌شود پس از انجام هر فعالیت کارگاهی ضروری است گزارش کار توسط هنرجویان تهیه و ارائه شود

### مرحله ۱: کار با پمپ‌ها

فعالیت ساخت یافته ۱: معرفی پمپ‌ها با کمک تصویر و فیلم

#### پمپ‌ها

تصاویر زیر نشان‌دهنده چه نیازی در زندگی و راه‌های برطرف کردن آن است؟  
پاسخ: این تصاویر نیاز به انتقال آب را نشان می‌دهد.



بحث گروهی



### فکر کنید



چند نمونه از کاربردهای پمپ‌ها را در زندگی نام ببرید؟  
**پاسخ:** پمپ بنزین و روغن و آب اتومبیل، پمپ آب در کولرهای آبی، پمپ آب ساختمان

### بحث کلاسی



به عنوان نمونه، آیا عملکرد پمپ کولرهای آبی آشنایی دارید؟ در مورد کاربری و نحوه عملکرد آن‌ها بحث کنید؟  
**پاسخ:** آب موجود در مخزن توسط پمپ آب بر روی پوشال‌های کولر ریخته می‌شود، الکتروموتور توسط تسمه فن را به چرخش در می‌آورد با چرخش فن هوا از فضای بیرون به داخل محفظه کولر کشیده می‌شود و با عبور از سطح پوشال‌های خیس، رطوبت هوا افزایش پیدا کرده و دمای آن نیز کاهش پیدا می‌کند.



فعالیت ساخت یافته ۲: شرح ساختمان و نحوه عملکرد پمپ‌ها با کمک تصویر و نمایش فیلم

## تقسیم‌بندی پمپ‌ها

با نشان دادن نمودار، تقسیم‌بندی پمپ‌ها را به هنرجویان معرفی نمایید.

### نمایش فیلم



**فیلم آموزشی:** عملکرد پمپ‌های دینامیکی و جابجایی مثبت  
فیلم آموزشی پمپ‌های دینامیکی و جابجایی مثبت را مشاهده نمایید.  
**هدف:** آشنایی با نحوه عملکرد پمپ‌های دینامیکی و جابجایی مثبت

## بحث گروهی

با توجه به فیلم ها، در خصوص تفاوت‌های عملکردی و ساختاری دو نوع پمپ اشاره شده، بحث نمایید؟

هدف: پمپ‌های دینامیکی به طور پیوسته یک افزایش فشار را برای سیال مایع ایجاد می‌کنند، اما پمپ‌های جابجایی مثبت بصورت متناوب این کار را انجام می‌دهند و به همین دلیل یک **Pulsation Dampner** در خروجی آن قرار داده می‌شود تا به ایجاد یک جریان پیوسته و یکسان کمک نماید.



فعالیت ساخت یافته ۳: معرفی انواع پمپ‌های گریز از مرکز با نمایش تصاویر

## پمپ‌های گریز از مرکز (سانتریفوژ)

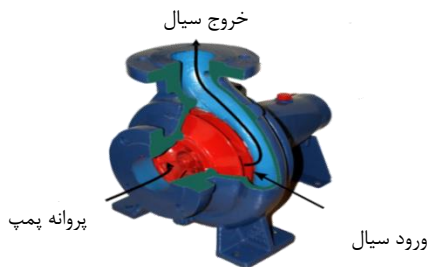
قطعات یک پمپ گریز از مرکز را باز کرده و آن را شناسایی کنید.  
هدف: آشنایی با اجزاء پمپ

## فعالیت کارگاهی



فعالیت ساخت یافته ۴: بیان مشخصات اصلی پمپ‌های گریز از مرکز

## اصول و عملکرد پمپ‌های گریز از مرکز



شکل ۱-۳- مسیر حرکت سیال در پمپ گریز از مرکز

## تحقیق گروهی

- کاربرد انواع پروانه‌ها را در صنایع شیمیایی ایران بیان کنید.
- برای هر یک از پروانه‌ها در صنعت مثالی بیان کنید.



فعالیت ساخت یافته ۵: بیان محاسبات مربوط به هد پمپ، توان و بازده پمپ

## محاسبات در پمپ

محاسبات هد پمپ سانتریفوژ:

$$P = \rho gh$$

$$\text{هد پمپ } h = \frac{P}{\rho g} = \frac{P}{\gamma}$$

هد یک سیستم پمپاژ در حقیقت تفاضل هدهای دو طرف پمپ است که رابطه برنولی هم نامیده می‌شود.

$$H_T = Z_T - Z_1 + \frac{P_T - P_1}{\gamma} + \frac{V_T^2 - V_1^2}{2g} + h_s$$

در این رابطه  $Z_T - Z_1$  اختلاف ارتفاع مایع در نقطه ورودی به سیستم پمپ و نقطه خروجی از سیستم پمپ می‌باشد و به آن هد استاتیک گفته می‌شود.

نسبت اختلاف فشار مایع در نقطه ورودی به سیستم پمپ و نقطه

خروجی از سیستم پمپ بر پارامتر گاما ( $\gamma = \rho g$ ) هد فشار گفته می‌شود.

مجموع هدهای ارتفاع ستون مایع و هد فشار مطلق مایع را هد استاتیک کل می‌نامند.

$$H_s = Z_T - Z_1 + \frac{P_T - P_1}{\gamma}$$

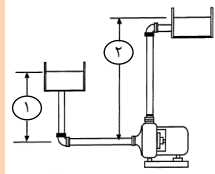
هد دینامیکی (هد سرعت) در رابطه بالا به صورت زیر نمایش داده شده است:

$$H_d = \frac{V^2}{2g}$$

$H_s$  نیز معرف انرژی لازم (هد لازم) برای غلبه بر افت‌های ناشی از لوله، شیر و اتصالات است.

### محاسبه کنید

**مسئله:** هد مورد نیاز پمپ زیر را برای پمپاژ آب از ارتفاع ۵ به ۴۵ متر را حساب کنید، افت هد ناشی از اتصالات (hs) را ۶ m فرض کنید. دانسیته آب:  $1000 \text{ kg/m}^3$



**روش حل:** با نوشتن معادله برنولی در نقطه ۱ و ۲:

$$H_r = Z_r - Z_1 + \frac{P_r - P_1}{\gamma} + \frac{V_r^2 - V_1^2}{2g} + h_s$$

دو نقطه ۱ و ۲ در فشار اتمسفر هستند.

$$P_r - P_1 = 0$$

$$V_r = V_1 = 0$$

$$H_p = Z_r - Z_1 + h_f = 55 - 5 + 6 = 56 \text{ m}$$

## محاسبه توان و راندمان پمپ:

**توان تولیدی یا توان هیدرولیک:**

میزان انرژی که پمپ در واحد زمان به مایع منتقل می‌کند، توان تولیدی یا توان هیدرولیک پمپ نامیده می‌شود و با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

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

در این رابطه:

$P_o$ ,  $P_h$  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 متر مکعب بر ثانیه ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

**توان الکتریکی مصرفی:**

میزان انرژی الکتریکی مصرف شده جهت تامین نیروی محرکه پمپ را توان الکتریکی مصرفی پمپ می‌نامند و با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$P_i = V \times I$$

در این رابطه:

$P_i$  توان مصرفی بر حسب وات (W)  
 $V$  اختلاف پتانسیل بر حسب ولت (V)

I شدت جریان بر حسب آمپر (A)

**بازده یا راندمان پمپ:**

راندمان پمپ نیز بر اساس نسبت توان تولیدی یا هیدرولیک پمپ به توان مصرفی آن محاسبه می‌گردد.

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

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

محاسبه کنید



**مسئله:**

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

روش حل:

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

$$P_o = 2/2 \times 10^{-3} \times 10^6 = 2200 \quad P_i = 30 \times 220 = 6600$$

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

بازده پمپ مورد نظر ۰/۳۳ یا ۳۳ درصد می‌باشد.

محاسبه کنید



**مسئله:**

یک پمپ دارای بازدهی ۶۴ درصد می‌باشد، در صورتی که 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 تامین کند؟ پاسخ:

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

$$= \frac{0/64 \times 220 \times 26}{7 \times 10^{-3}} = 522971 \text{ پاسکال}$$

## فعالیت ساخت یافته ۶: محاسبه هد و راندمان پمپ‌ها به صورت عملی

از یک پمپ گریز از مرکز جهت پمپاژ آب از یک تجهیز به تجهیز دیگر استفاده کنید، با راهنمایی، مربی، پمپ را راه اندازی نموده و توان تولیدی و مصرفی و بازدهی آن را محاسبه نمایید؟

### فعالیت کارگاهی



## مزایا و معایب استفاده از پمپ‌های سانتریفیوژ چیست؟

مزایا: سادگی، ساختمان و تنوع جنس و نوع پروانه - قیمت ارزان - جریان یکنواخت و دائم - اشغال فضای کمتر - هزینه نگهداری و تعمیرات پایین، راندمان بالا، با توجه به گستره وسیع دبی، و هد کاربرد وسیعی دارند.

معایب: محدودیت در گرانشوری سیال پمپ شونده، برای سیال با گرانشوری بالا را نمی‌توان از این نوع پمپ استفاده نمود.

هد بالا نمی‌توانند تولید کنند. در دبی بالا راندمان کمی دارند - مشکل کاویتاسیون نیز آن‌ها را تهدید می‌کند.

### تحقیق کنید



## فعالیت ساخت یافته ۷: معرفی انواع پمپ‌های جابجایی مثبت با کمک تصاویر

### انواع پمپ‌های جابجایی مثبت

پمپ‌های جابجایی مثبت به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱ - پمپ‌های رفت و برگشتی (reciprocating pumps)
- ۲ - پمپ‌های دوار (rotary pumps)

### پمپ‌های رفت و برگشتی

راهنمایی: پمپ‌های رفت و برگشتی برای شدت جریان‌های کم مورد استفاده قرار می‌گیرند که نیاز به هد بالایی می‌باشند. در این نوع پمپ‌ها یک قطعه مکانیکی که حرکت رفت و برگشتی دارد و با ایجاد عمل مکش باعث ورود مایع به محفظه پمپ می‌گردد و سپس با فشار از محفظه پمپ خارج می‌گردد.

### فیلم آموزشی:

فیلم آموزشی پمپ‌های رفت و برگشتی را مشاهده نمایید.

### نمایش فیلم



### تحقیق کنید



در مورد کاربرد پمپ‌های رفت و برگشته، در صنایع شیمیایی، تحقیق نموده و گزارشی تهیه نمایید.

### پمپ‌های دوار

پمپ‌های دوار برای سیال‌هایی که ویسکوزیته یا گرانروی بالایی دارند استفاده می‌شوند، مانند روغن‌هایی که دانسیته و ویسکوزیته بالایی دارند. برای این نوع سیال‌ها نمی‌توان از پمپ‌های گریز از مرکز یا سانتریفوژ استفاده نمود، زیرا حرکت پروانه‌های پمپ در میان سیال با ویسکوزیته بالا نیاز به انرژی بالایی دارد و همچنین به علت اصطکاک افزایش دمای بالایی نیز اتفاق می‌افتد که برای سیال و همچنین پمپ خطرناک می‌باشد.

### نمایش فیلم



فیلم آموزشی:  
فیلم آموزشی پمپ‌های دوار را مشاهده نمایید.

### فعالیت ساخت یافته ۸: مقایسه عملکرد پمپ‌های جابجایی مثبت با بررسی عملی پمپ‌ها

سه نوع پمپ جابجایی مثبت دارای ساختاری متفاوت هستند، در دو نوع پمپ‌های دنده‌ای و پره‌ای حرکت قطعات مکانیکی درون محفظه پمپ مشابه هم می‌باشند، اما در نوع پمپ‌های پیچی حرکت در جهت و در طول محور پمپ باعث افزایش فشار سیال می‌گردد.

### فعالیت کارگاهی



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



## فعالیت ساخت یافته ۹: بیان پدیده کاویتاسیون با کمک تصاویر

### پدیده کاویتاسیون یا حفره‌زایی

هرگاه در حین جریان مایع در داخل یک پمپ، فشار مایع در نقطه‌ای از فشار تبخیر مایع در درجه حرارت مربوطه کمتر شود، حباب‌های بخار در فاز مایع به وجود می‌آیند این حباب‌های کوچک همراه مایع به نقاطی که فشار بالاتر منتقل شده 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 بوده و ممکن است پس از مدت کوتاهی پره‌های پمپ را از بین ببرد. بنابراین باید از وجود چنین پدیده‌ای در پمپ جلوگیری گردد.



۲-۳ آسیب دیدگی پروانه پمپ در اثر پدیده کاویتاسیون

فیلم آموزشی:

فیلم آموزشی پدیده کاویتاسیون را مشاهده نمایید.

نمایش فیلم



## مرحله ۲: کار با مخلوط کن ها

فعالیت ساخت یافته ۱۰: بیان پدیده اختلاط با کمک تصویر

### فرآیند اختلال

فکر کنید



تفاوت میان همزدن و اختلاط چیست؟



پاسخ: همزدن به معنای ایجاد حرکت اجباری در ماده به روشی خاص و اغلب به صورت چرخشی و گردشی در یک ظرف است. مخلوط کردن توزیع نامنظم دو یا چند فاز جداگانه در داخل یکدیگر است. یک ماده منفرد و همگن مانند لیوانی پر از آب سرد را می‌توان بهم زد ولی نمی‌توان آن را مخلوط کرد مگر اینکه یک ماده دیگر (همچون مقداری شکر یا گلاب) به آن اضافه نمود.

بحث گروهی



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

پاسخ: مایعات بسته به اهداف فراورش به دلایل زیادی همزده می‌شوند. این اهداف شامل موارد زیر است.

- ۱- با هدف اختلاط در یک یا چند فاز مانند: انحلال ذرات جامد در مایع (شکر در آب) ایجاد سوسپانسیون. مخلوط کردن مایعات امتزاج پذیر مانند متیل الکل و آب. پراکندن یک گاز در مایع بصورت حباب‌های کوچک. پراکندن یک ماده امتزاج ناپذیر با مایع دیگر به منظور تشکیل امولوسیون یا تعلیق قطرات ریز.
- ۲- افزایش و کمک به انتقال حرارت: برای مثال به هنگام پخت آش
- ۳- انجام یک واکنش شیمیایی برای مثال پخش گاز کلر در استیک اسید در واکنش کلر دار کردن استیک اسید

**فعالیت ساخت یافته ۱۱: بیان انواع روش‌های اختلاط با کمک بحث گروهی**

مخلوط کردن سیالات از فرایندهای مهم در صنایع شیمیایی می‌باشد. اختلاط می‌تواند شامل مخلوط کردن سیال با هر کدام از فازهای دیگر یعنی مایع، جامد و گاز باشد. عملیات اختلاط معمولاً به منظور اختلاط یک حجم از سیال، واکنش شیمیایی، انتقال حرارت، انتقال جرم، اختلاط چند فاز با هم (به صورت سوسپانسیون) در صنعت به کار می‌رود. عمل اختلاط همیشه با ایجاد اغتشاش در مایع همراه است، این کار همزدن نام دارد و توسط پره انجام می‌شود. پره‌ها با وارد کردن نیروی مماسی (shear) باعث ایجاد گردانه در سیال می‌شوند که در نهایت عمل اختلاط را طبق منظوری که داریم انجام خواهند داد.

## انواع اختلاط

جدول زیر را تکمیل نمایید؟			بحث گروهی
کاربردها	هدف از همزدن	فرایند اختلاط	
تولید یک محلول رقیق مثل محلول متانول ۱۰ درصد	ایجاد یک فاز همگن	دو یا چند محلول (یک فاز)	
در فرآیندهایی که یک ماده شیمیایی برای انجام واکنش با برخی از اجزاء یک ماده هیدروکربنی مورد استفاده قرار می‌گیرند، از عمل اختلاط استفاده می‌شود تا ماده شیمیایی به خوبی با اجزاء واکنش‌دهنده تماس داشته باشد.	ایجاد یک مخلوط همگن	دو یا چند مایع نامحلول (چند فاز)	
اختلاط جامد و مایع در صنعت مانند تولید بتن که در آن آب، سیمان و شن یک توده همگن را بوجود می‌آورند.	ایجاد یک مخلوط همگن	تعلیق جامد در مایع	
در فرآیندهایی که از گاز برای حذف مواد فرار از مایع استفاده می‌شود که می‌تواند درون یک بستر پر شده اتفاق بیفتد. تولید نوشیدنی‌های گاز دار از دیگر کاربردهای اختلاط گاز در مایع است.	معمولاً برای بهبود انتقال جرم و همچنین تولید یک مخلوط همگن	پخش گاز در مایع	
از این حالت برای فرایندهای شیمیایی که در آن واکنش شیمیایی بین مایع و گاز و در حضور کاتالیست جامد اتفاق می‌افتد، استفاده می‌شود.	ایجاد یک سوسپانسیون	اختلاط سه فاز	
تولید پودرهای شستشو که در آن دانه‌های رنگی وجود دارند نیاز به اختلاط دانه‌های رنگی و سفید وجود دارد.	ایجاد یک مخلوط همگن	اختلاط جامدات	

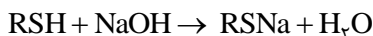
## انواع مخلوط‌کن‌ها

مخلوط‌کن‌ها به دو دسته مخلوط‌کن‌های مایع و مخلوط‌کن‌های جامد تقسیم‌بندی می‌شوند. مخلوط‌کن‌های دارای همزن مکانیکی بیشتر در حالت‌هایی که واکنش شیمیایی بین دو مایع و یا در حضور جامد اتفاق می‌افتد، کاربرد دارند. همچنین در مواردی که لازم است یک محلول همگن با غلظت مشخص تولید شود، ناگزیر به استفاده از مخلوط‌کن‌های دارای همزن مکانیکی خواهیم بود. به عنوان مثال برای تولید یک محلول ۱۰ درصد وزنی از سدیم هیدروکسید (NaOH) می‌بایست مقدار لازم از جامد NaOH و آب را درون ظرف ریخته و با استفاده از همزن مکانیکی، یک محلول همگن تولید شود.



۳-۳ مخلوط‌کن

مخلوط‌کن‌های ساکن بیشتر در مواردی استفاده می‌شود که دو مایع موجود در فرآیند که در یکدیگر نامحلول هستند، جهت ایجاد یک امولسیون از یک مخلوط کن ساکن استفاده می‌شود. به عنوان مثال در یکی از فرآیندهای پالایشگاهی از محلول سدیم هیدروکسید برای انجام واکنش با ترکیبات خورنده موجود در میعانات گازی مانند مرکاپتان‌ها از مخلوط‌کن ساکن استفاده می‌شود.



### فکر کنید



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

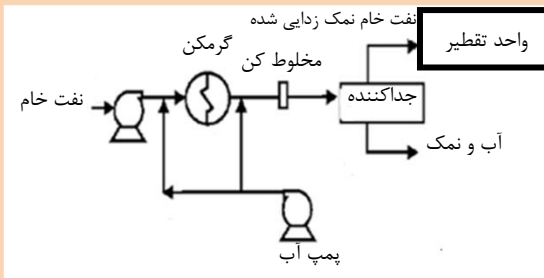
پاسخ: در حالت کلی، کف استوانه را به شکل محدب می‌سازند زیرا اگر کف گوشه داشته باشد باعث غیر ایده آل شدن جریان سیال و نواحی ساکن در ظرف می‌شود.

## بحث گروهی



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

مزیت این مخلوط‌کن‌ها قابلیت استفاده در فرایندهای پیوسته است. در این حالت می‌توان از مخلوط‌کن ساکن استفاده نمود.



فعالیت ساخت یافته ۱۲: معرفی انواع مخلوط‌های صنعتی با کمک تصاویر و فیلم

## مخلوط‌کننده‌های فاز جامد

مخلوط‌کننده‌های جامد برای ایجاد یک مخلوط از چند جامد جهت رسیدن به توزیعی یکنواخت مورد استفاده قرار می‌گیرند. تفاوت عمده مخلوط‌کننده‌های جامد و مایع در این است که در مخلوط‌کننده‌های مایع، یک محلول همگن به دست می‌آید، که تشخیص یک جزء در آن کار ساده‌ای نیست، اما در مخلوط جامد به راحتی می‌توان اجزاء اختلاط را مشاهده نمود.

اختلاط در جامدات را به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

- ۱- اختلاط به روش نفوذ
- ۲- اختلاط به روش جابه جایی
- ۳- اختلاط به روش ایجاد سیالیت

## فیلم آموزشی: مخلوط‌کننده بستر سیال

هدف: آشنایی به روش کار مخلوط‌کننده‌هایی که در آن با استفاده از سیالیت عمل اختلاط انجام می‌شود.

## نمایش فیلم



## نقش پره‌ها در اختلاط و انواع آنها

پره‌ها در مخازن همزن دار قادرند دو نوع جریان کلی یعنی شعاعی و محوری یا ترکیبی از این دو را بوجود آورند. در جریان شعاعی، سیال پس از برخورد به پره در جهت شعاع حرکت می‌کند، اما در جریان محوری حرکت در جهت محور همزن خواهد بود. بهترین پره در یک عمل همزدن، پره‌ای است که فضای مرده در محفظه همزن ایجاد نکند و یا کمترین فضای مرده در آن ایجاد گردد.

نمایش فیلم

فیلم آموزشی: نمایش فیلم نحوه عملکرد پره‌های پارویی



نمایش فیلم

فیلم آموزشی: فیلم نحوه کار انواع پره‌ها و مقایسه عملکرد آنها



فعالیت گروهی

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



موارد کاربرد	نوع پره
همزدن در مخازن	ملخی
راکتورهای همزن دار و ظروفی که در آن محلول شیمیایی با غلظت خاص تولید می‌شود از این نوع پره استفاده می‌شود	توربینی
یکی از مهمترین کاربردهای پره‌های پارویی کمک به انتقال حرارت است	پارویی
در تولید خمیر جهت پخت نان	لنگری
در فرآیندهای پلیمری	حلزونی

### مرحله ۳: کار با سانتریفوژها

فعالیت ساخت یافته ۱۴: معرفی سانتریفوژها با نمایش تصویر راهنمایی: نحوه عملکرد سانتریفوژها با نمایش فیلم و تصاویر

نمایش فیلم

فیلم آموزشی: معرفی و عملکرد سانتریفوژها  
هدف: آشنایی با نحوه تاثیر نیروی گریز از مرکز و دستگاه سانتریفوژ



بحث گروهی

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



فکر کنید

چند نمونه از کاربردهای سانتریفوژها را در زندگی، روزمره ما نام ببرید؟  
پاسخ: آبمیوه گیری مخلوط کن‌ها خرد کن ها، خشک کردن لباس‌ها در ماشین لباسشویی،



فعالیت ساخت یافته ۱۵: انجام کار عملی با سانتریفوژها



فعالیت کارگاهی

به کمک مربي قطعات يك دستگاه سانتریفوژ را مورد بررسی قرار دهید.



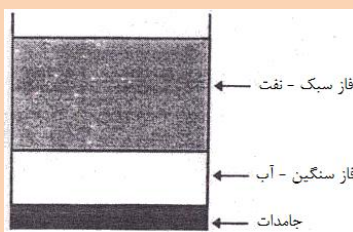
پرسش کلاسی



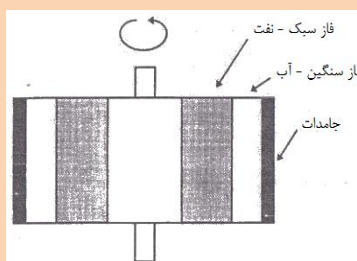
پرسش: فرض کنید که مخلوطی از آب، نفت و ذرات معلق جامد داشته باشیم، برای جداسازی آنها از دو روش ته نشینی و سانتریفوژ کردن استفاده می‌شود چیدمان فازها را در دو حالت رسم کنید.

پاسخ:

روش ته نشینی:



روش سانتریفوژ:



## دانش افزایی

### نحوه عملکرد و اصول بنیانی سانتریفوژها

همان طور که اشاره شد، اساس جداسازی در سانتریفوژها نیروی گریز از مرکز می‌باشد. هر گاه جسمی با سرعت معینی حول یک مرکز با محور دوران کند نیرویی در جسم متحرک و در جهت عمود بر مسیر دوران و به سمت خارج از مرکز ایجاد می‌گردد که به نیروی گریز از مرکز نامیده می‌شود و مقدار آن از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$a_e = r\omega^2$$

$$F_c = ma_e = mr\omega^2 \quad , \quad \omega = \frac{2\pi N}{60}$$



$$F_c = mr \left( \frac{v\pi N}{60} \right)^2$$

در این رابطه  $a_c$  شتاب ایجاد شده در اثر نیروی گریز از مرکز،  $F_c$  نیروی گریز از مرکز،  $r$  فاصله جسم تا محور دوران یا شعاع دوران بر حسب متر،  $w$  سرعت زاویه ای،  $m$  جرم جسم بر حسب کیلو گرم و  $N$  سرعت چرخش بر حسب دور بر دقیقه می‌باشد.

در صورت ته نشینی در اثر نیروی ثقل، میزان نیرو برابر وزن جسم می‌باشد که از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$F_g = mg$$

در این رابطه  $m$ ، جرم جسم بر حسب کیلو گرم و  $g$  شتاب گرانش بر حسب متر بر مجذور ثانیه ( $m/s^2$ ) می‌باشد.

بنابراین نسبت نیروی گریز از مرکز به نیروی ثقل از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\frac{F_c}{F_g} = \frac{r\omega^2}{g} = \frac{v^2}{rg} = \frac{r}{g} \left( \frac{v\pi N}{60} \right)^2$$

**مسئله:** یک دستگاه سانتریفوژ با شعاع دوران ۰.۱ متر با سرعت ۱۰۰۰ دور بر دقیقه دوران می‌کند.

الف- نسبت نیروی گریز از مرکز به نیروی ثقل را محاسبه نمایید. (شتاب گرانش  $9.81 m/s^2$ )

ب- میزان این نیرو را یکبار در صورتی که شعاع دوران ۰/۲ باشد و بار دیگر با شعاع ۰.۱ و سرعت دوران ۵۰۰ دور در دقیقه محاسبه کرده و با حالت الف مقایسه کنید:

**روش حل:**

$$\frac{F_c}{F_g} = \frac{r}{g} \left( \frac{v\pi N}{60} \right)^2 = \frac{0.1}{9.81} \times \left( \frac{2 \times 3.14 \times 1000}{60} \right)^2 = 111/67$$

$$\frac{F_c}{F_g} = \frac{r}{g} \left( \frac{v\pi N}{60} \right)^2 = \frac{0.2}{9.81} \times \left( \frac{2 \times 3.14 \times 1000}{60} \right)^2 = 223/35$$

$$\frac{F_c}{F_g} = \frac{r}{g} \left( \frac{v\pi N}{60} \right)^2 = \frac{0.1}{9.81} \times \left( \frac{2 \times 3.14 \times 500}{60} \right)^2 = 27/92$$

همان طور که از روابط مشخص است میزان نیروی گریز از مرکز با شعاع دوران و مجذور سرعت دوران رابطه مستقیم دارد.

محاسبه کنید



## مرحله ۴: کار با دستگاه‌های کاهش اندازه

فعالیت ساخت یافته ۱۶: معرفی انواع دستگاه‌های کاهش اندازه با نمایش تصویر و فیلم

### دستگاه‌های کاهش اندازه مواد

#### نمایش فیلم



فیلم آموزشی: عنوان فیلم

هدف: ایجاد پیش زمینه قبل در ذهن هنرجو قبل از شروع فصل

#### بحث گروهی



هدف از کاهش اندازه ذرات در صنایع شیمیایی چیست؟

**پاسخ:** در صنایع، اندازه جامدات را به روش‌های مختلف و برای منظوره‌های مختلف کاهش می‌دهند. قطعات بزرگ سنگ معدن را خرد می‌کنند تا قطعات قابل مصرف بدست آیند، مواد شیمیایی مصنوعی را تبدیل به پودر می‌کنند، ورقه‌های پلاستیک را برش می‌دهند. کاهش اندازه ذرات، واکنش پذیری جامدات را افزایش می‌دهد و امکان جدا کردن اجزای ناخواسته را به روش‌های مکانیکی فراهم می‌سازد. کاهش اندازه جامدات جابجایی و دفع آن‌ها را نیز آسان تر می‌کند.

#### بحث گروهی



برای هر یک از روش‌های کاهش اندازه یک مثال از وسایله که در زندگی، روزمره استفاده می‌شود. بیان کنید.

**پاسخ:** متراکم کردن: فندق شکن - ضربه زدن - چکش - ساییدن - سوهان - برش دادن - قیچی

#### پرسش کلاسی



پرسش: استفاده از هاون معینی در آزمایشگاه. کاهش اندازه ذرات به کدام یک از روش‌های بالا است؟

**پاسخ:** متراکم کردن و ساییدن

#### پرسش کلاسی

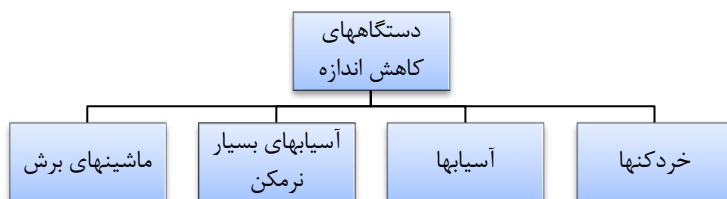


پرسش: به نظر شما استفاده از روش برش دادن، برای چه نوع موادی مناسب است؟

**پاسخ:** مواد بسیار محکم مانند آهن، فولاد  
مواد انعطاف پذیر مانند کاغذ، پلاستیک، پارچه

فعالیت ساخت یافته ۱۷: دسته‌بندی دستگاه‌های کاهش اندازه با کمک تصویر و نمودار

## طبقه‌بندی دستگاه‌های کاهش اندازه



شکل ۳-۴ طبقه‌بندی دستگاه‌های کاهش اندازه

فعالیت ساخت یافته ۱۸: بیان نحوه عملکرد خردکن‌ها با کمک تصویر و فیلم

## خردکن‌ها

فیلم آموزشی: نحوه کار خردکن فکی  
هدف: نمایش نحوه عملکرد خردکن فکی

نمایش فیلم



راهنمایی: در این قسمت قبل از توضیح نحوه عملکرد خردکن فکی، ابتدا یک فیلم نشان داده می‌شود. سپس به کمک شکل ارائه شده برای خردکن فکی، در مورد جزئیات آن و طرز کار آن توضیح داده می‌شود. برای درک بهتر موضوع، نمایش دوباره فیلم بعد از ارائه توضیحات می‌تواند کمک موثری در یادگیری داشته باشد.

## آسیاب‌ها

فیلم آموزشی: نحوه عملکرد آسیاب دوار

نمایش فیلم

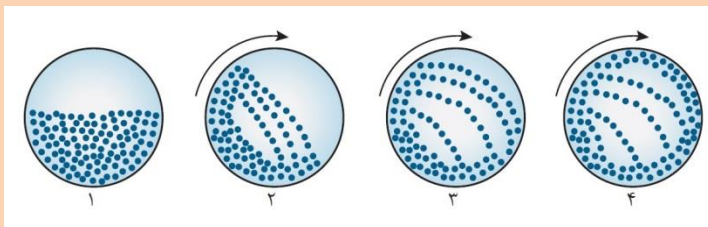


**فعالیت ساخت یافته ۱۹: بیان نحوه عملکرد آسیاب‌ها با کمک تصویر و فیلم راهنمایی:** در این قسمت قبل از توضیح نحوه عملکرد آسیاب دوار، ابتدا یک فیلم نشان داده می‌شود. سپس به کمک شکل ارائه شده برای آسیاب دوار، در مورد جزئیات آن و طرز کار آن توضیح داده می‌شود. برای درک بهتر موضوع، نمایش دوباره فیلم بعد از ارائه توضیحات می‌تواند کمک موثری در یادگیری داشته باشد.

### پرسش کلاسی



**پرسش:** شکل زیر سطح مقطع یک آسیاب گلوله‌ای را نشان می‌دهد که نیمی از آن با گلوله‌های سائیده پر می‌شود. این آسیاب شروع به چرخش کرده و سرعت آن مدام افزایش می‌یابد در شکل شماره ۴ سرعت چرخش آسیاب تا اندازه‌ای است که تعدادی از گلوله‌ها به دیواره دیواره آسیاب چسبیده و ریزش نمی‌کنند. به نظر شما علت آن چیست؟ و چه تاثیری بر راندمان آسیاب دارد؟



**پاسخ:** با افزایش سرعت چرخش آسیاب، نیروی گریز از مرکز بیشتر شده و سبب می‌شود که گلوله‌ها به دیواره آسیاب چسبیده و ریزش نکنند. در این حالت گفته می‌شود که آسیاب در حال سانتریفوژ است. سرعتی که در آن سانتریفوژ اتفاق می‌افتد، سرعت بحرانی نام دارد. در این حالت خرد کردن اتفاق نمی‌افتد، یا اگر بیافتد بسیار کم است و راندمان به شدت کاهش می‌یابد.

### تحقیق کنید



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

**پاسخ:** در این کار تحقیق، هنرجو باید ابتدا یک کارخانه سیمان را در نظر بگیرد و در مورد دستگاه آسیاب مورد استفاده در آن کارخانه پرس و جو کند از قبیل (اندازه ذرات ورودی به آسیاب، اندازه ذرات خروجی، از آسیاب، حجم آسیاب، مکانیسم مورد استفاده در آن آسیاب برای کاهش اندازه مواد، میزان انرژی مصرفی، مشکلات حین کار با آسیاب، راندمان آسیاب و ...) و در نهایت گزارشی تهیه کرده و در کلاس ارائه دهد. این فعالیت می‌تواند به صورت گروهی انجام شود.

### پرسش کلاسی

پرسش: مکانیسم مورد استفاده در هر یک از دستگاه‌های کاهش اندازه زیر را مشخص کنید.



دستگاه کاهش اندازه	متراکم کردن	برش دادن	ساییدن	ضربه زدن
خرد کن فکی	*			
خرد کن غلتکی	*			
آسیاب گلوله‌ای			*	*
ماشین برش		*		

فعالیت ساخت یافته ۲۰: انجام جداسازی مواد با کمک غربال‌های مولکولی به صورت عملی

### فعالیت کارگاهی

جداسازی ذرات یک مخلوط جامد بر اساس اندازه (دانه‌بندی) راهنمایی: به کمک الک‌های موجود در آزمایشگاه، ذرات خاک را براساس اندازه از هم جدا کنید و درصد وزنی ذرات باقی مانده بر روی هر الک را محاسبه کنید.



فعالیت ساخت یافته ۲۱: انجام کار عملی با دستگاه‌های کاهش اندازه

### فعالیت کارگاهی

کاهش اندازه ذرات به کمک آسیاب راهنمایی: به کمک آسیاب موجود در آزمایشگاه (دوار، غلتکی و یا ...)، خاک را آسیاب کرده و مجدداً ذرات آن را به کمک الک‌ها از هم جدا کنید. درصد وزنی ذرات موجود بر روی هر الک را دوباره محاسبه کرده و با توزیع اندازه ذرات قبل از آسیاب مقایسه کنید. با انجام عمل مقایسه توسط نمودار، نقش آسیاب را توضیح دهید.



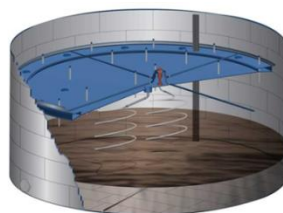
### ارزشیابی شایستگی فصل دستگاه‌های دوار

<p><b>شرح کار:</b>                  چگونگی استفاده تجهیزات کارگاهی را بدانند 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.</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b>                  توانایی کار با پمپ‌ها، دستگاه‌های کاهش اندازه مواد، مخلوط‌کن‌ها و سانتریفوژها مطابق دستورالعمل</p>			
<p><b>شاخص‌ها:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- رعایت مسائل ایمنی حین کار</li> <li>- انجام کار طبق دستورالعمل</li> </ul>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b> وسایل ایمنی شخصی، پمپ‌ها، دستگاه‌های کاهش اندازه مواد، مخلوط‌کن‌ها و سانتریفوژها</p> <p><b>شرایط:</b> مکان: کارگاه</p> <p><b>زمان:</b> یک جلسه آموزشی</p> <p><b>ابزار و تجهیزات:</b> وسایل ایمنی شخصی، پمپ‌ها، دستگاه‌های کاهش اندازه مواد، مخلوط‌کن‌ها و سانتریفوژها</p>			
<b>معیار شایستگی:</b>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	کار با پمپ‌ها	۲	
۲	کار با مخلوط‌کن‌ها	۲	
۳	کار با سانتریفوژها	۱	
۴	کار با دستگاه‌های کاهش اندازه	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		
	۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی	۲	
	۲- نگرش:		
	۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش		
	۴- شایستگی‌های غیر فنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع		
	۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۴- مستند سازی: گزارش نویسی		
	<b>میانگین نمرات</b>		*
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			



## فصل چهارم

# راکتور و مخازن



بخش اصلی در یک واحد صنایع شیمیایی عملیات شیمیایی است که در راکتور انجام می‌شود و با توجه به اینکه در اکثر فرآیندهای صنایع شیمیایی، خوراک یا محصول فرآیند ذخیره سازی می‌گردند برای نگهداری مواد از مخازن ذخیره سازی استفاده می‌شود.



## واحد یادگیری ۴

### کار با راکتور و مخازن

**مقدمه:** در این فصل هنرجویان با راکتورها و مخازن ذخیره آشنا می‌شوند. این فصل به صورت تئوری و عملی پیش‌بینی شده است. در ابتدا تئوری‌های مربوط به آن‌ها ارائه گردیده، سپس کار عملی آمده است. استفاده همزمان از فیلم‌های آموزشی پیش‌بینی شده و بازدید از مراکز صنعتی در فرآیند آموزش تأثیر بسزایی خواهد داشت.

بسیاری از فعالیت‌های این بخش به صورت گروهی پیش‌بینی شده است، بنابراین لازم است هنرآموزان با تقسیم‌بندی کلاس به گروه‌های مختلف و با نظارت و هدایت این گروه‌ها هنرجویان را به طور مستقیم در فرآیند یاددهی - یادگیری شرکت دهند. ضمناً یاد آوری می‌شود پس از انجام هر فعالیت کارگاهی ضروری است گزارش کار توسط هنرجویان تهیه و ارائه شود.

### مرحله ۱: تعیین سرعت واکنش‌های شیمیایی

**فعالیت ساخت یافته ۱: بیان درصد تبدیل در واکنش‌های شیمیایی با مثال‌های مختلف**

#### درصد تبدیل ترکیب شونده

**پرسش:** واکنش شیمیایی  $A \rightarrow C$  در یک راکتور با ۱۰ مول از ماده اولیه A آغاز می‌گردد، مقدار مول ماده A موجود در واکنش پس از ۱۰۰ دقیقه، ۲۰۰ دقیقه و ۳۰۰ دقیقه از شروع واکنش، کدامیک می‌تواند باشد؟

- الف) ۸ مول، ۶ مول، ۷ مول  
ب) ۱۰ مول، ۸ مول، ۷ مول  
ج) ۸ مول، ۶ مول، ۴ مول  
د) ۴ مول، ۶ مول، ۸ مول

**پاسخ:** با توجه به فرمول واکنش E ماده A در واکنش مصرف (یا تبدیل) می‌شود و ماده C تولید می‌شود بنابراین این با گذشت زمان مقدار مول A موجود در واکنش چون در حال مصرف است باید کم شود و هرچه زمان بیشتر می‌گذرد مصرف A بیشتر شده و موجودی مول A در واکنش کمتر می‌شود بنابراین قسمت (ج) صحیح می‌باشد. در این پرسش مقدار مول مصرفی ماده A در زمان‌های ۱۰۰ دقیقه، ۲۰۰ دقیقه و ۳۰۰ دقیقه پس از شروع واکنش برابر است با:

پرسش کلاسی



مول  $2 = 10 - 8$  = مول مصرفی A پس از ۱۰۰ دقیقه از شروع واکنش  
 مول  $4 = 10 - 6$  = مول مصرفی A پس از ۲۰۰ دقیقه از شروع واکنش  
 مول  $6 = 10 - 4$  = مول مصرفی A پس از ۳۰۰ دقیقه از شروع واکنش  
 بنابراین با گذشت زمان مول مصرفی، یا مول تبدیلی، ترکیب شونده افزایش می‌یابد.

### پرسش کلاسی



پرسش: به نظر شما در پایان واکنش در مثال ۱ میزان درصد تبدیل چند درصد خواهد شد؟ توضیح دهید؟

الف) ۸۰      ب) ۶۰      ج) ۳۰      د) ۱۰۰

میزان درصد تبدیل ماده A را در زمان‌های مختلف برای پرسش ۱ تعیین نمایید.

پاسخ: چون در پایان واکنش تمامی ماده ترکیب شونده A مصرف می‌شود، لذا تعداد مول باقیمانده از A صفر می‌گردد.

تعداد مول باقیمانده - تعداد مول اولیه = تعداد مول مصرفی

$$10 - 0 = 10 = \text{تعداد مول مصرفی}$$

$$\text{درصد تبدیل ماده A} = \frac{\text{تعداد مول مصرفی ماده A}}{\text{تعداد مول اولیه ماده A}} \times 100 = \frac{10}{10} \times 100 = 100\%$$

جواب ادامه سؤال) براساس پرسش اول:

$$10 \text{ mol} = \text{تعداد مول اولیه ماده}$$

$$2 \text{ mol} = \text{تعداد مول مصرفی ماده a پس از ۱۰۰ دقیقه}$$

$$\text{تعداد مول مصرفی ماده a پس از ۲۰۰ دقیقه}$$

$$6 \text{ mol} = \text{تعداد مول مصرفی ماده a پس از ۳۰۰ دقیقه}$$

بنابراین:

$$20\% = \frac{2}{10} \times 100 = \text{درصد تبدیل ماده A پس از ۱۰۰ دقیقه}$$

$$40\% = \frac{4}{10} \times 100 = \text{درصد تبدیل ماده A پس از ۲۰۰ دقیقه}$$

$$60\% = \frac{6}{10} \times 100 = \text{درصد تبدیل ماده A پس از ۳۰۰ دقیقه}$$

فعالیت ساخت یافته ۲: بیان مفهوم سرعت واکنش‌های شیمیایی با کمک تصویر و نمایش فیلم

## سرعت واکنش شیمیایی

پرسش: واحدهای دیگری برای سرعت بیان کنید.

پرسش کلاسی

جواب: باتوجه به واحدهای دیگر غلظت و زمان، تعدادی از واحدهای سرعت عبارتند از:



$$\frac{\text{mol}}{\text{Lit.sec}} \quad \text{و} \quad \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3 \cdot \text{min}} \quad \text{و} \quad \frac{\text{kmol}}{\text{m}^3 \cdot \text{hr}}$$

پرسش: واکنش  $A \rightarrow C$  با تعداد ۵ مول از ماده اولیه A در یک راکتور ۵ لیتری آغاز شده است. پس از گذشت دو دقیقه از شروع واکنش، تعداد ۳ مول محصول C تولید می‌شود. مطلوب است:

پرسش کلاسی



الف) درصد تبدیل ترکیب شوند  
ب) سرعت واکنش

پاسخ: در این پرسش تعداد مول اولیه ماده A معلوم است ولی تعداد مول مصرفی ماده A یا تعداد مول باقی مانده (موجود) ماده A پس از دو دقیقه مشخص نیست. لذا در ابتدا با استفاده از موازنه مولی واکنش تعداد مول A مصرفی تعیین می‌گردد. با توجه به فرمول واکنش می‌توان نتیجه گرفت که اگر یک مول از ماده A مصرف شود، یک مول از ماده C تولید میشود لذا با داشتن تعداد مول C تولیدی می‌توان تعداد مول مصرفی ماده A را تعیین نمود.

$$\frac{\text{تعداد مول مصرفی } A}{\frac{1}{X}} = \frac{\text{تعداد مول تولیدی } C}{\frac{1}{3}}$$

$$\rightarrow X = \frac{3 \times 1}{1} = 3 \text{ mol}$$

بنابراین:

$$A \text{ تعداد مول مصرفی ماده } = 3 \text{ mol}$$

$$A \text{ درصد تبدیل ماده } = \frac{\text{تعداد مول مصرفی ماده } A}{\text{تعداد مول اولیه ماده } A} \times 100 = \frac{3}{5} \times 100 = 60\%$$

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{\text{تعداد مول مصرفی ماده } A}{\text{زمان مدت} \times \text{حجم راکتور}} = \frac{3}{5 \times 2} = 0.3 \frac{\text{mol}}{\text{lit. min}}$$

عملیات دستگاه‌ها در صنایع شیمیایی

### تحقیق کنید



با استفاده از تحقیق اینترنتی، چند نمونه از واکنش‌های با سرعت کم و زیاد را نام ببرید.

**پاسخ:** واکنش نقره و کلرید ← واکنش با سرعت بالا  
واکنش منیزیم و اگزالات ← واکنش با سرعت بسیار کند  
واکنش سوختن فسفر سفید ← واکنش با سرعت بسیار بالا  
واکنش سوختن فسفر قرمز ← واکنش با سرعت بسیار کند

فعالیت ساخت یافته ۳: بررسی عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی به صورت عملی

## عوامل مؤثر بر سرعت واکنش‌های شیمیایی

### فعالیت آزمایشگاهی



فعالیت آزمایشگاهی: بررسی تأثیر غلظت بر سرعت واکنش‌های شیمیایی  
فعالیت آزمایشگاهی: بررسی تأثیر دما بر سرعت واکنش‌های شیمیایی  
فعالیت آزمایشگاهی: بررسی تأثیر اندازه ذرات بر سرعت واکنش‌های شیمیایی

فعالیت ساخت یافته ۴: بیان دسته‌بندی انواع واکنش‌ها (از نظر فاز مواد) - از نظر گرمای واکنش

## تقسیم‌بندی واکنش‌های شیمیایی بر اساس تعداد فاز

### پرسش کلاسی



پرسش: سه نمونه واکنش همگن و سه نمونه واکنش ناهمگن نام ببرید.

**پاسخ:** در جدول زیر تعدادی از واکنش‌های همگن و غیر همگن آورده شده است.

جدول (۴-۱) تعدادی از واکنش‌های همگن و غیر همگن

<ul style="list-style-type: none"> <li>• واکنش گاز کلر با اکسید اورانیوم برای تولید اورانیوم کلرید فرار</li> <li>• زدایش ناخالصی اکسید آهن از اکسید تیتانیوم با استفاده از گاز کلر</li> <li>• سوختن زغال سنگ</li> <li>• تولید گاز از زغال سنگ</li> <li>• تولید گاز هیدروژن از واکنش بخار آب و آهن</li> <li>• تولید کاربید سینامید از واکنش نیتروژن هوا با کلسیم کاربید</li> <li>• واکنش سوختن سنگ معدن سولفید آهن در هوا</li> </ul>	<p>گاز - جامد</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• فرآیند انتقال یون</li> <li>• تولید استیلن از واکنش آب و کلسیم کاربید</li> <li>• لیچینگ سنگ معدن اورانیوم با اسید سولفوریک</li> <li>• واکنش سولفوریک اسی و سدیم کلرید جامد با سدیم فسفات و یا سدیم نیترات</li> </ul>	<p>مایع - جامد</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• تولید سدیم تیوسولفات از واکنش گوگرد دی اکسید و محلول آبی سدیم کربنات و سدیم سولفید</li> <li>• تولید سدیم نیتريت از واکنش نیتريك اكسيد و اكسيژن با محلول سدیم کربنات</li> <li>• تولید سدیم هیپوکلریت از واکنش کلر با سدیم هیدروکسید</li> <li>• تولید آلومینیوم نیترات از واکنش آمونیاک و اسید نیتريك محلول</li> <li>• تولید اسید نیتريك از جذب نیتريك اكسيد در آب</li> <li>• استخراج ید از واکنش گوگرد دی اكسيد با محلول سدیم یدات • واکنش</li> <li>• هیدروژنه کردن روغنهای گیاهی با گاز هیدروژن</li> </ul>	<p>گاز - مایع</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• تولید سود سوزآور از واکنش آمالگام سدیم و آب</li> <li>• نیتروژن دار کردن ترکیبات آلی با محلول آبی نیتريك اسيد</li> <li>• تولید صابون از واکنش محلول‌های قلیایی و چربی‌ها یا اسیدهای چرب</li> <li>• زدایش گوگرد از مشتقات نفتی با اتانول آمین‌ها</li> <li>• واکنش محصولات پتروشیمی با اسید سولفوریک</li> </ul>	<p>مایع - مایع</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• تولید سیمان</li> <li>• تولید کاربید بور از واکنش اكسيد بور و کربن</li> <li>• تولید سیلیکات کلسیم از آهک و سیلیکا</li> <li>• تولید کلسیم کاربید از واکنش آهک و کربن</li> </ul>	<p>جامد - جامد</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• مایع سازی و یا هیدروژنه کردن زغال سنگ در دوغاب نفتی</li> </ul>	<p>جامد - مایع - گاز</p>

فعالیت ساخت یافته ۵: شناسایی واکنش‌های گرمازا و گرماگیر به صورت عملی

## تقسیم‌بندی واکنش شیمیایی بر اساس گرمای واکنش

فعالیت  
آزمایشگاهی



فعالیت آزمایشگاهی: انجام واکنش گرمازا

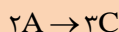
فعالیت آزمایشگاهی: انجام واکنش گرماگیر

پرسش کلاسی



واکنش  $2A \rightarrow 3C$  با ۵ مول از ترکیب شونده A در یک رآکتور لوله‌ای ۲ لیتری آغاز می‌گردد. پس از گذشت نیم ساعت از شروع واکنش، دو مول از A در رآکتور باقی می‌ماند. درصد تبدیل ماده A در این رآکتور چند درصد است؟ سرعت واکنش بر حسب  $\frac{mole}{lit.min}$  چقدر است؟

پاسخ:



تعداد مول A اولیه = ۵ mol

حجم رآکتور VR = ۲L

زمان واکنش t = ۳۰ min

تعداد مول باقیمانده - تعداد مول اولیه = تعداد مول مصرفی

تعیین تعداد مول مصرفی A می‌توان از تعداد مول تولیدی C و فرمان موازنه شده واکنش تعیین نمود.

$$\frac{\text{تعداد مول مصرفی } A}{2} = \frac{\text{تعداد مول تولیدی } A}{3} \rightarrow X = \frac{6 \times 2}{3} = 4 \text{ mol}$$

تعداد مول مصرفی A = ۴ mol

$$\% \text{ تبدیل} = \frac{\text{تعداد مول مصرفی } A}{\text{تعداد مول اولیه } A} \times 100 = \frac{4}{5} \times 100 = 80\%$$

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{1}{VR} = \frac{\text{تعداد مول مصرفی } A}{\text{زمان}} = \frac{1}{2} \times \frac{4}{30} = \frac{4}{60} = 0.067 \frac{\text{mol}}{\text{L.min}}$$

## مرحله ۲: کار با راکتورهای شیمیایی

فعالیت ساخت یافته ۶: بیان ویژگی‌های انواع راکتورهای ناپیوسته، نیمه ناپیوسته با کمک تصویر

### راکتورهای ناپیوسته

پرسش: چند واکنش شیمیایی که در راکتور ناپیوسته انجام می‌شود را نام ببرید.  
پاسخ:

- ۱- حذف فرمالدئید از فاضلاب
- ۲- تولید فسفات غذایی

پرسش کلاسی



فعالیت ساخت یافته ۷: معرفی انواع راکتورهای پیوسته با کمک تصویر

### راکتورهای شیمیایی پیوسته

زمان اقامت در راکتورهای شیمیایی پیوسته

واکنش  $A \rightarrow 2C$  قرار است در یک راکتور مخلوط شونده ۱۰۰ لیتری با ۱۰ مول از ماده A آغاز می‌شود. میزان شدت جریان ورودی به راکتور ۵۰ لیتر بر دقیقه می‌باشد. تعیین نمایید مدت زمان اقامت مواد در راکتور چقدر است؟

$$\text{زمان اقامت} = \frac{\text{حجم راکتور}}{\text{شدت جریان حجمی به راکتور}} = \frac{100 \text{ L}}{50 \frac{\text{L}}{\text{min}}} = 2 \text{ min}$$

پرسش کلاسی



فعالیت ساخت یافته ۸: محاسبه میزان تبدیل در یک راکتور ناپیوسته به صورت عملی

فعالیت آزمایشگاهی: بدست آوردن میزان تبدیل در یک راکتور ناپیوسته

فعالیت  
آزمایشگاهی



پرسش کلاسی



واکنش  $A \rightarrow 2C$  قرار است در یک راکتور مخلوط شونده ۱۰۰ لیتری با ۱۰ مول از ماده A آغاز می‌شود. پس از گذشت ۲۰ دقیقه از شروع واکنش میزان محصول تولیدی ۱۰ مول می‌گردد. تعیین نمایید میزان تبدیل در راکتور چقدر است؟ میزان سرعت واکنش بر حسب  $\frac{mole}{lit.min}$  چقدر می‌شود؟ مطابق فرمول واکنش:  $A \rightarrow 2C$

پاسخ:

مول A مصرفی	مول C تولیدی
۱	۲
x	۱۰

$$\rightarrow x = \frac{10 \times 1}{2} = 5 \quad \text{مول مصرفی A}$$

$$A \text{ mol} = 5 \text{ تعداد مول مصرفی A}$$

$$\rightarrow \text{درصد تبدیل} = \frac{\text{تعداد مول مصرفی A}}{\text{تعداد مول اولیه A}} = \frac{5}{10} \times 100 = 50\%$$

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{1}{VR} \cdot \frac{\text{تعداد مول مصرفی A}}{\text{مدت زمان}} = \frac{1}{100} \cdot \frac{5}{20} = \frac{5}{2000} = 0.0025 \frac{\text{mol}}{\text{L. min}}$$

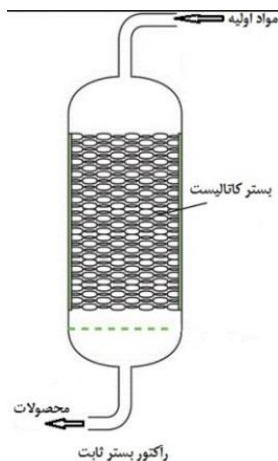
## دانش افزایی

### راکتور لوله‌ای بستر ثابت (Fixed bed reactor):

راکتورهای بستر ثابت در واقع همان راکتورهای لوله‌ای پر شده از دانه‌های جامد کاتالیست هستند که واکنش‌های غیر همگن از نوع گاز- جامد در این نوع راکتورها انجام می‌گیرد. در این راکتور، کاتالیست در یک بستر ثابت قرار دارد و ترکیب شونده‌ها و مواد واکنش‌دهنده پس از عبور از روی این مواد، واکنش داده و از راکتور خارج می‌شوند.

معمولاً این راکتورها به صورت استوانه عمودی بزرگ و مجهز به ژاکت مناسب جهت تأمین گرمایش یا سرمایش مورد نیاز ساخته می‌شوند.





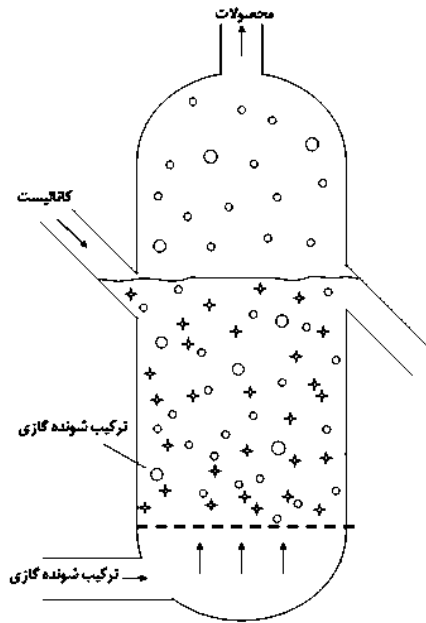
از معایب این نوع راکتورها مشکل کنترل حرارتی و مشکل جایگزینی کاتالیست بعد از غیر فعال شدن آن می‌باشد. همچنین بعضی اوقات پدیده کانالیزه شدن مواد گازی در حین عبور از درون راکتور باعث کاهش زمان اقامت لازم برای انجام واکنش می‌شود که این خود یکی دیگر از محدودیت‌های این نوع راکتور می‌باشد. امتیاز این نوع راکتورها، درصد تبدیل بالای آن در واحد وزن کاتالیست مصرف شده در مقایسه با سایر راکتورهای کاتالیستی می‌باشد. از دیگر مزایای این راکتور قیمت پایینتر آن نسبت به راکتورهای مشابه می‌باشد.



راکتور لوله‌ای بستر ثابت تولید بنزین در پالایشگاه

## راکتور لوله‌ای بستر سیال (Fluidized bed reactor)

در این راکتور ذرات کاتالیست به صورتی معلق در یک جریان ماده (سیال) قرار دارند. ترکیب شونده‌ها در برخورد با ذرات معلق شده کاتالیست واکنش مورد نیاز را انجام می‌دهند. معلق بودن ذرات کاتالیست منجر به خروج آنها با جریان محصول می‌شود، به همین دلیل توسط جداکننده‌های سیکلونی از جریان خروجی جدا شده و پس از احیا مجدداً مورد استفاده قرار می‌گیرند. در راکتور بستر سیال، محتویات داخل راکتور اگرچه غیرهمگن می‌باشند ولی به خوبی با یکدیگر مخلوط شده و باعث توزیع یکنواخت دما در تمام نقاط راکتور می‌گردند. به دلیل ظرفیت بالا و کنترل حرارت خوب، این نوع راکتورها، کاربرد صنعتی زیادی پیدا کرده‌اند. از امتیازات برجسته این راکتورها سهولت احیا و جایگزین کردن کاتالیست می‌باشد.



راکتور لوله‌ای بستر سیال

مزایای بسترهای سیال برای عملیات صنعتی عبارتند از:

- جریان ملایم و مایع مانند ذرات اجازه می‌دهد که عملیات به صورت اتوماتیک و به طور ساده کنترل شود.
- سادگی و اطمینان سریع مخلوط شدن جامدات باعث ایجاد شرایط یکنواخت می‌شود.

- در مقابل تغییرات سریع به آرامی عملکرد نشان می‌دهد.
- برای عملیات در مقیاس بزرگ مناسب هستند.
- در مقایسه با سایر روش‌های تماس، سرعت انتقال جرم و حرارت بالاست.
- شدت انتقال حرارت بالا می‌باشد، در نتیجه سطح انتقال حرارت کمتری نیاز است.

#### معایب بستر سیال:

- برای بسترهای حبابی شامل ذرات ریز، نحوه جریان گاز و انحراف از حالت ایده‌آل باعث بهره پایین تماس می‌گردد.
- زمان اقامت دانه‌های جامد کاتالیست متفاوت است. این موضوع به علت مخلوط شدن ذرات در بستر و خروج تصادفی آن‌ها می‌باشد. این موضوع باعث غیر یکنواخت کاتالیست در احیاکننده فراوری می‌شود که نتیجه آن کم شدن بهره عملکرد است.
- ذرات شکننده، خردشده، توسط گاز به بیرون حمل می‌شوند که بایستی جایگزین شوند.
- خوردگی لوله‌ها و ظروف به وسیله اصطکاک با ذرات می‌تواند جدی باشد.

## مرحله ۳: کار با مخازن ذخیره

فعالیت ساخت یافته ۹: بیان اصول ذخیره سازی مایعات در مخازن با کمک تصویر

### مخازن ذخیره

**پرسش:** چرا باید ذخیره‌سازی کنیم؟ آیا در منزل مسکونی شما مخزن ذخیره‌سازی وجود دارد؟ چه چیزی را ذخیره کرده‌اید؟ چرا؟

**هدف:** آشنایی با مخازن ذخیره که در زندگی روزمره با آن سر و کار داریم و همچنین اهداف ذخیره‌سازی

**پاسخ:** مخزن آب، مخزن سوخت‌های مایع (نفت و یا LPG) از این نوع مخازن می‌باشند که جهت ذخیره‌سازی مواد لازم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پرسش کلاسی



اصول ذخیره‌سازی مایعات  
فعالیت ساخت یافته ۱۰: معرفی انواع مخازن ذخیره سازی مایعات با کمک تصویر و نمایش فیلم

## دسته‌بندی مخازن ذخیره

### نمایش فیلم



فیلم مربوط به مخازن سقف ثابت را مشاهده کنید و در رابطه با نحوه عملکرد این نوع مخزن بحث کنید.

### فعالیت گروهی

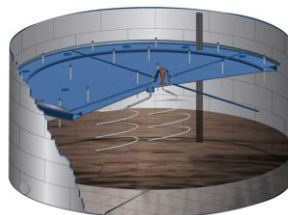


در مورد کاربرد، مزایا و معایب مخازن با سقف مخروطی و گنبدی گزارش تهیه نموده و در کلاس ارائه دهید.  
پاسخ: ساخت سقف مخروطی ساده‌تر و ارزانتر از سقف گنبدی شکل است، اما سقف گنبدی شکل می‌تواند فشار بیشتری را تحمل کند.

### مخازن سقف شناور



مخازن سقف شناور درونی



مخازن سقف شناور بیرونی

### مشاهده فیلم



فیلم مربوط به مخازن سقف شناور را مشاهده کنید و در رابطه با نحوه عملکرد این نوع مخزن بحث کنید.

## فعالیت ساخت یافته ۱: بیان پارامترهای مهم در انتخاب مخازن

### انتخاب نوع مخزن

### پرسش کلاسی



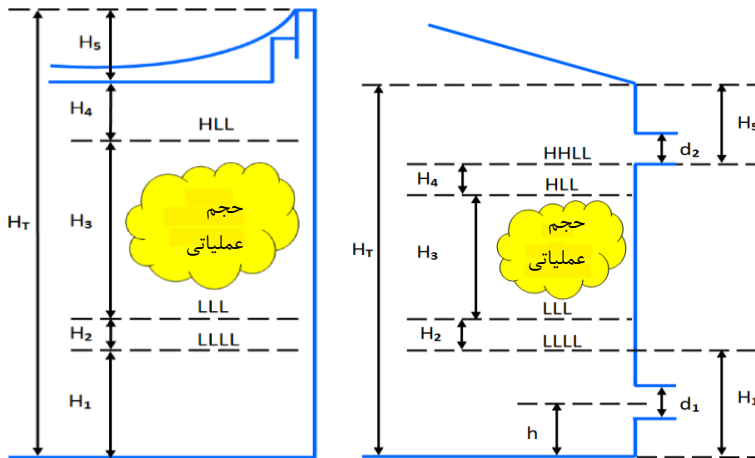
پرسش: اگر مخزن مورد نیاز برای ذخیره‌سازی بنزین دارای قطر ۲۵ متر باشد، چه نوع مخزنی مناسب است؟

هدف: آشنایی با نحوه انتخاب نوع مخزن ذخیره

پاسخ: طبق جدول ۱-۴- با توجه به اینکه نقطه اشتعال بنزین پایین‌تر از ۲۱ درجه سلسیوس است، ترجیحا از مخزن سقف شناور بیرونی استفاده شود بهتر است، در غیر این صورت می‌توان از مخزن سقف ثابت مخروطی یا گنبدی با فشار پایین نیز استفاده نمود.

## محاسبه ابعاد مخزن

مهمترین عوامل تأثیرگذار در ابعاد مخزن عبارتند از ظرفیت مورد نیاز جهت ذخیره سازی و ابعاد زمین در دسترس جهت نصب مخزن. به شکل توجه نمایید.



ارتفاع‌های مهم در مخزن سقف ثابت (سمت راست) و سقف شناور (سمت چپ)

برای انجام محاسبات ابعاد مخزن ابتدا با تعاریف زیر آشنا شوید:

- بالاترین سطح مایع یا High High Liquid level (HHLL): این سطح، بیشترین سطح قابل قبول مایع در مخزن ذخیره سازی می‌باشد. در صورتی که سطح مایع به HHLL برسد، انجام اقدام اضطراری لازم است، مثل قطع کردن جریان خوراک ورودی به مخزن
- سطح بالای مایع یا High Liquid Level (HLL): معمولاً هنگامی که سطح مایع به این مقدار برسد، می‌بایست اقدامات کنترلی انجام پذیرد، مثل کاهش جریان خوراک ورودی به مخزن.
- سطح پایین مایع یا Low Liquid Level (LLL): هنگامی که سطح مایع به این مقدار برسد، اقدامات کنترلی صورت می‌پذیرد، مثل باز کردن و یا افزایش جریان ورودی به مخزن.

- کمترین سطح مایع یا Low Low Liquid Level (LLLL): این سطح، کمترین سطح قابل قبول مایع در مخزن ذخیره سازی می‌باشد. هنگامی که سطح مایع به LLLL برسد، اقدامات اضطراری انجام می‌گردند، مثل خاموش کردن پمپی که مایع درون مخزن را به مقصد ارسال می‌کند. به همین دلیل، حجم زیر ارتفاع LLLL را حجم مرده می‌نامند.
- حجم عملیاتی یا Net Working Capacity: حجم مورد نیاز جهت ذخیره سازی مایع.
- ابعاد و حجم استاندارد مخزن ذخیره سازی مایعات: ابعاد استاندارد مخازن ذخیره سازی طبق جدول ۲-۲ می‌باشد:

#### دستورالعمل طراحی مخزن ذخیره سازی مایعات:

- ۱- برای انتخاب قطر و ارتفاع مناسب، ابتدا ظرفیت ذخیره سازی را مشخص نموده و از جدول ۲-۲ نزدیکترین قطر و ارتفاع که حجم آن حدود ۱۵ درصد بالاتر از ظرفیت ذخیره سازی است را انتخاب نمایید.
- ۲- محاسبه ارتفاع LLLL:

برای مخازن سقف ثابت، ارتفاع LLLL برابر است با:

$$H_1 = h + \frac{3}{2} d_1$$

$$\begin{cases} h = d_1 + 4'' & : & d_1 < 12'' \\ h = d_1 + 5'' & : & d_1 \geq 12'' \end{cases}$$

که در آن،  $d_1$  قطر مجرای خروجی از مخزن، و  $h$  ارتفاع مرکز مجرای خروجی از کف مخزن می‌باشد. حداقل ارتفاع قابل قبول LLLL برابر با ۲۴ اینچ می‌باشد. مقدار  $H_1$  برای مخازن سقف شناور درونی برابر با ۱۶۰۰ میلیمتر و برای مخازن سقف شناور بیرونی برابر با ۱۲۰۰ میلیمتر می‌باشد.

جدول (۴-۲) ظرفیت اسمی و ابعاد استاندارد مخازن ذخیره‌سازی

Height (m)	Diameter (m)																								
	3	4	6	8	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	33	36	39	42								
1	7	13	28	50	79	123	177	241	314	398	491	594	707	855	1,018	1,195	1,385								
2	14	25	57	101	157	245	353	481	628	795	982	1,188	1,414	1,711	2,036	2,389	2,771								
3	21	38	85	151	236	368	530	722	942	1,193	1,473	1,782	2,121	2,566	3,054	3,584	4,156								
4	28	50	113	201	314	491	707	962	1,257	1,590	1,963	2,376	2,827	3,421	4,072	4,778	5,542								
5	35	63	141	251	393	614	884	1,203	1,571	1,988	2,454	2,970	3,534	4,276	5,089	5,973	6,927								
6	42	75	170	302	471	736	1,060	1,443	1,885	2,386	2,945	3,564	4,241	5,132	6,107	7,168	8,313								
7	88	198	352	550	859	1,237	1,684	2,199	2,783	3,436	4,158	4,948	5,987	7,125	8,362	9,698									
8	101	226	402	628	982	1,414	1,924	2,513	3,181	3,927	4,752	5,655	6,642	7,713	8,878	10,137									
9	254	452	707	1,104	1,590	2,165	2,827	3,578	4,418	5,346	6,362	7,468	8,664	9,950	11,327	12,794									
10	283	503	785	1,227	1,767	2,405	3,142	3,976	4,909	5,940	7,069	8,297	9,614	11,021	12,518	14,105									
11	553	864	1,350	1,944	2,646	3,456	4,374	5,400	6,534	7,775	9,116	10,557	12,098	13,739	15,480	17,321									
12	603	942	1,473	2,121	2,866	3,770	4,771	5,890	7,127	8,482	9,944	11,514	13,193	14,982	16,881	18,890									
13	1,021	1,595	2,297	3,127	4,084	5,169	6,381	7,721	9,189	10,786	12,514	14,373	16,364	18,486	20,743	23,136									
14	1,100	1,718	2,474	3,367	4,398	5,567	6,872	8,315	9,896	11,617	13,480	15,485	17,626	19,904	22,319	24,872									
15	1,178	1,841	2,651	3,608	4,712	5,964	7,363	8,909	10,603	12,456	14,467	16,644	18,987	21,497	24,174	26,918									
16	1,257	1,963	2,827	3,848	5,027	6,362	7,854	9,503	11,310	13,283	15,426	17,739	20,222	22,885	25,728	28,751									
17	2,086	3,004	4,089	5,341	6,759	8,345	10,097	12,017	14,101	16,350	18,765	21,346	24,094	26,910	29,803	32,874									
18	2,209	3,181	4,330	5,655	7,157	8,836	10,691	12,723	14,924	17,295	19,837	22,550	25,434	28,489	31,716	35,115									
19	2,332	3,358	4,570	5,969	7,555	9,327	11,285	13,430	15,761	18,274	20,961	23,824	26,864	29,974	33,253	36,702									
20	2,454	3,534	4,811	6,283	7,952	9,817	11,879	14,137	17,106	20,358	23,892	27,709	31,687	35,746	40,000	44,459									
21	3,711	5,051	6,597	8,350	10,308	12,473	14,844	17,961	21,375	25,086	29,094	33,409	37,934	42,671	47,620	52,783									
22	3,888	5,292	6,912	8,747	10,799	13,067	15,551	18,817	22,393	26,281	30,480	34,999	39,838	44,897	50,176	55,675									
23	4,064	5,532	7,226	9,145	11,290	13,661	16,258	19,672	23,411	27,476	31,865	36,594	41,643	46,922	52,431	58,170									
24	4,241	5,773	7,540	9,543	11,781	14,255	16,965	20,527	24,429	28,670	33,251	38,170	43,119	48,398	53,917	59,676									
25	4,418	6,013	7,854	9,940	12,272	14,849	17,671	21,382	25,447	29,865	34,636	39,755	45,174	50,923	56,902	63,121									

ادامه جدول (۲-۴) ظرفیت اسمی و ابعاد استاندارد مخازن ذخیره سازی

Height (m)	Diameter (m)														
	45	48	51	54	57	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114
1	1,590	1,810	2,043	2,290	2,552	2,827	3,421	4,072	4,778	5,542	6,362	7,238	8,171	9,161	10,207
2	3,181	3,619	4,086	4,580	5,104	5,655	6,842	8,143	9,557	11,084	12,723	14,476	16,343	18,322	20,414
3	4,771	5,429	6,128	6,871	7,655	8,482	10,264	12,215	14,335	16,625	19,085	21,715	24,514	27,483	30,621
4	6,362	7,238	8,171	9,161	10,207	11,310	13,685	16,286	19,113	22,167	25,447	28,953	32,685	36,644	40,828
5	7,952	9,048	10,214	11,451	12,759	14,137	17,106	20,358	23,892	27,709	31,809	36,191	40,856	45,804	51,035
6	9,543	10,857	12,257	13,741	15,311	16,965	20,527	24,429	28,670	33,251	38,170	43,429	49,028	54,965	61,242
7	11,133	12,667	14,300	16,032	17,862	19,792	23,948	28,501	33,449	38,792	44,532	50,668	57,199	64,126	71,449
8	12,723	14,476	16,343	18,322	20,414	22,619	27,370	32,572	38,227	44,334	50,894	57,906	65,370	73,287	81,656
9	14,314	16,286	18,385	20,612	22,966	25,447	30,791	36,644	43,005	49,876	57,256	65,144	73,542	82,448	91,863
10	15,904	18,096	20,428	22,902	25,518	28,274	34,212	40,715	47,784	55,418	63,617	72,382	81,713	91,609	102,070
11	17,495	19,905	22,471	25,192	28,069	31,102	37,633	44,787	52,562	60,959	69,979	79,621	89,884	100,770	112,277
12	19,085	21,715	24,514	27,483	30,621	33,929	41,054	48,858	57,340	66,501	76,341	86,859	98,055	109,931	122,484
13	20,676	23,524	26,557	29,773	33,173	36,757	44,476	52,930	62,119	72,043	82,702	94,097	106,227	119,091	132,691
14	22,266	25,334	28,599	32,063	35,725	39,584	47,897	57,001	66,897	77,585	89,064	101,335	114,398	128,252	142,898
15	23,856	27,143	30,642	34,353	38,276	42,412	51,318	61,073	71,675	83,127	95,426	108,573	122,569	137,413	153,106
16	25,447	28,953	32,685	36,644	40,828	45,239	54,739	65,144	76,454	88,668	101,788	115,812	130,741	146,574	163,313
17	27,037	30,762	34,728	38,934	43,380	48,066	58,160	69,216	81,232	94,210	108,149	123,050	138,912	155,735	173,520
18	28,628	32,572	36,771	41,224	45,932	50,894	61,581	73,287	86,011	99,752	114,511	130,288	147,083	164,896	183,727
19	30,218	34,382	38,814	43,514	48,483	53,721	65,003	77,359	90,789	105,294	120,873	137,526	155,254	174,057	
20	31,809	36,191	40,856	45,804	51,035	56,549	68,424	81,430	95,567	110,835	127,235	144,765	163,426		
21	33,399	38,001	42,899	48,095	53,587	59,376	71,845	85,502	100,346	116,377	133,596	152,003	171,597		
22	34,989	39,810	44,942	50,385	56,139	62,204	75,266	89,573	105,124	121,919	139,958	159,241			
23	36,580	41,620	46,985	52,675	58,690	65,031	78,687	93,645	109,902	127,461	146,320	166,479			
24	38,170	43,429	49,028	54,965	61,242	67,858	82,109	97,716	114,681	133,002					
25	39,761	45,239	51,071	57,256	63,794	70,686	85,530	101,788	119,459	138,544					



۳- محاسبه ارتفاع LLL:

حجم بین ارتفاع LLL و LLLL می‌بایست برای ۳ دقیقه مکش پمپ کافی باشد و حداقل مقدار این فاصله برابر با ۱۰ سانتیمتر است. برای محاسبه ارتفاع مورد نیاز جهت ۳ دقیقه مکش پمپ از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$H_p [\text{mm}] = 63 / 66 \times \frac{Q_{\text{pump}} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right]}{D[\text{m}]^2}$$

۴- محاسبه ارتفاع متناظر با حجم عملیاتی:

ارتفاع  $H_3$  می‌بایست برای تأمین حجم عملیاتی مورد نظر کافی باشد و مقدار آن از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$H_p [\text{mm}] = 1273 / 2 \times \frac{V_w \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right]}{D[\text{m}]^2}$$

که در آن  $V_w$  حجم عملیاتی می‌باشد.

۵- محاسبه ارتفاع HLLL:

حداقل فاصله بین HLLL و H4 برابر با ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود.

۶- محاسبه ارتفاع بالای HLLL ( $H_5$ ):

در مخازن سقف ثابت، ارتفاع این فضا که به آن فضای بخار نیز گفته می‌شود، حداقل ۵۰۰ میلیمتر می‌باشد. اما در مخازن سقف شناور، مقدار این ارتفاع که بیشینه ارتفاع عملکرد ایمن نامیده می‌شود، تقریباً برابر با ۸۰۰ میلیمتر می‌باشد.

۷- بررسی ارتفاع کلی مخزن:

در صورتی که مجموع  $H_1, H_2, H_3, H_4$  و  $H_5$  از ارتفاع انتخاب شده کمتر باشد، ابعاد انتخاب شده مناسب می‌باشند. در صورتی که مجموع ارتفاع‌ها از ارتفاع انتخاب شده بیشتر باشد، مخزن با همان قطر و ارتفاع بیشتر را بررسی نمایید. در صورتی که ارتفاع بیشتر از حد استاندارد شود، محاسبات برای مخزن با قطر بیشتر تکرار شود.

**نکته**

ترجیحاً سعی کنید از یک از فواصل به دست آمده را به ۵۰ میلیمتر بالاتر گرد نمایید.



**مثال**

یک مخزن سقف ثابت برای نگهداری گازوئیل با شرایط زیر طراحی نمایید:  
روش حل:



۳۰	حجم عملیاتی (m <sup>3</sup> )
۱۰	شدت جریان خروجی از مخزن (m <sup>3</sup> /hr)
۶	قطر مجرای خروجی از مخزن (in)
۳	قطر مناسب برای فضای در دسترس (m)

ابتدا حجم تخمینی اولیه را محاسبه می‌کنیم که برابر است با  $1/15 \times 30 = 34/5$  متر مکعب. با توجه به جدول ۲-۲ برای قطر ۳ متر، مخزن با ارتفاع ۵ متر دارای حجم مناسبی می‌باشد.  
 ۱- محاسبه  $H_1$ :

$$h = 6 + 5 = 11''$$

$$H_1 = 11 + \frac{3}{2} \times 6 = 20''$$

با توجه به اینکه حداقل مقدار  $H_1$  برابر با ۲۴ اینچ (۶۱۰ میلیمتر) است، این ارتفاع را ۶۵۰ میلیمتر در نظر می‌گیریم.  
 ۲- محاسبه  $H_2$ : ارتفاع متناظر با سه دقیقه مکش پمپ که برابر است با:

$$H_2 [\text{mm}] = 63 / 66 \times \frac{10}{3^2} = 70/7$$

برای  $H_2$  نیز حداقل مقدار آن، ۱۰۰ میلیمتر انتخاب می‌کنیم.  
 ۳- محاسبه  $H_3$ : ارتفاع متناظر با حجم عملیاتی برابر است با:

$$H_3 [\text{mm}] = 1273 / 2 \times \frac{30}{3^2} = 4244$$

مقدار ۴۲۵۰ میلیمتر را برای قسمت حجم عملیاتی در نظر می‌گیریم.

۴- محاسبه  $H_4$ : این فاصله برابر با ۱۰۰ میلیمتر (۱۰ سانتیمتر) می‌باشد.

۵- محاسبه  $H_5$ : ۵۰۰ میلیمتر را به عنوان فضای بخار در نظر می‌گیریم

۶- بررسی ارتفاع کله مخزن:

$$H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 = 650 + 100 + 4250 + 100 + 500$$

$$= 5600 \text{ mm}$$

همان گونه که مشاهده می‌شود، ارتفاع مخزن ۵/۵۵ متر بدست آمده است که بیش از مقداری است که در ابتدا فرض شده است. با توجه به اینکه مخزن با قطر ۳ متر و

ارتفاع ۶ متر نزدیک‌ترین ابعاد استاندارد به شرایط مساله است، آن را انتخاب می‌کنیم و ارتفاع اضافه شده را به ارتفاع متناظر با حجم عملیاتی اضافه می‌نماییم.

**فعالیت ساخت یافته ۱۲: اندازه‌گیری نقطه اشتعال ماده با کمک دستگاه مخصوص**

فعالیت کارگاهی

اندازه‌گیری نقطه اشتعال



**فعالیت ساخت یافته ۱۳: بیان اصول کار با مخازن ذخیره با کمک نمایش فیلم و تصویر**

## ایمنی و کار با مخازن ذخیره

فیلم عملکرد شیر خلاء شکن را مشاهده نمایید و در مورد نحوه عملکرد آن بحث کنید.

فیلم‌های عملکرد دیسک شکست و ملاحظات نگهداری آن را مشاهده نمایید و در مورد نحوه عملکرد آن بحث کنید.

نمایش فیلم



## ارزشیابی شایستگی فصل راکتور و مخازن

<p><b>شرح کار:</b>  چگونگی استفاده 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.</p>																											
<p><b>استاندارد عملکرد:</b>  تعیین سرعت واکنش ، کار با راکتورهای شیمیایی و مخازن ذخیره طبق دستورالعمل</p> <p><b>شاخص ها:</b>  رعایت مسایل ایمنی حین کار  انجام کار طبق دستورالعمل</p>																											
<p>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات: مخازن ذخیره مایع ، راکتور ، تجهیزات آزمایشگاهی ، وسایل شخصی ایمنی</p> <p><b>شرایط:</b>  مکان: کارگاه  زمان: یک جلسه آموزشی  شرایط دستگاه: سرویس شده  ابزار و تجهیزات: مخازن ذخیره مایع ، راکتور ، تجهیزات آزمایشگاهی ، وسایل شخصی ایمنی</p>																											
<p><b>معیار شایستگی:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ردیف</th> <th>مرحله کار</th> <th>حداقل نمره قبولی از ۳</th> <th>نمره هنرجو</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td>تعیین سرعت واکنش</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>کار با راکتورها شیمیایی</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>کار با مخازن ذخیره</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">                     شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:                      ۱- ایمنی: انجام 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 کار بدون ریخت و پاش                      ۴- شایستگی‌های غیر فنی: - اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۴- مستند سازی: گزارش نویسی                 </td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">                     میانگین نمرات                 </td> <td>*</td> </tr> </tbody> </table> <p>* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.</p>				ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو	۱	تعیین سرعت واکنش	۲		۲	کار با راکتورها شیمیایی	۱		۳	کار با مخازن ذخیره	۱		شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- ایمنی: انجام 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 کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی‌های غیر فنی: - اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۴- مستند سازی: گزارش نویسی		۲		میانگین نمرات			*
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																								
۱	تعیین سرعت واکنش	۲																									
۲	کار با راکتورها شیمیایی	۱																									
۳	کار با مخازن ذخیره	۱																									
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- ایمنی: انجام 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 کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی‌های غیر فنی: - اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۴- مستند سازی: گزارش نویسی		۲																									
میانگین نمرات			*																								



## فصل پنجم

# دستگاههای جدا کننده



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 مکانیکی مانند فیلتر کردن، غربال کردن (الک کردن) و یا جدا کردن اجزای یک محلول از طریق عملیات انتقال جرم مانند تبخیر، تقطیر و ... باشد.

## کار با دستگاه‌های جداکننده

**مقدمه:** در این فصل با عملیات جداسازی شامل جدا کردن اجزای یک مخلوط با استفاده از یک سری عملیات مکانیکی از قبیل فیلتر کردن، غربال کردن (الک کردن) و یا جدا کردن اجزای یک محلول از طریق عملیات انتقال جرم از قبیل تقطیر، استخراج آشنا می‌شوند.

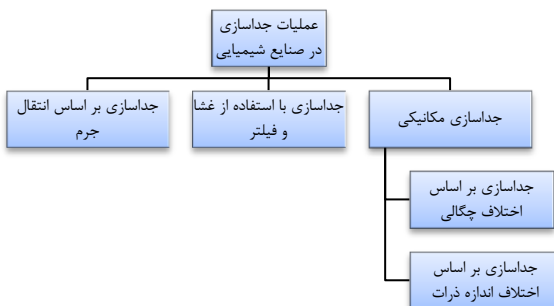
این فصل به صورت تئوری و عملی پیش‌بینی شده است. در ابتدا تئوری‌های مربوط به آن‌ها ارائه گردیده، سپس کار عملی آمده است. استفاده همزمان از فیلم‌های آموزشی پیش‌بینی شده و بازدید از مراکز صنعتی در فرآیند آموزش تاثیر بسزایی خواهد داشت.

بسیاری از فعالیت‌های این بخش به صورت گروهی پیش‌بینی شده است، بنابراین لازم است هنرآموزان با تقسیم‌بندی کلاس به گروه‌های مختلف و با نظارت و هدایت این گروه‌ها هنرجویان را به طور مستقیم در فرآیند یاددهی - یادگیری شرکت دهند. ضمناً یادآوری می‌شود پس از انجام هر فعالیت کارگاهی ضروری است گزارش کار توسط هنرجویان تهیه و ارائه شود

## مرحله ۱: بکارگیری روش‌های جداسازی در صنایع شیمیایی

فعالیت ساخت یافته ۱: بیان روش‌های جدا سازی در صنایع شیمیایی با کمک تصویر

## روش‌های جداسازی



## جداسازی مکانیکی

### جداسازی بر اساس اختلاف اندازه ذرات

پرسش ۱: آیا تانکون در زندگی، روزمره از الک استفاده کرده اید؟  
راه‌نمایی: هدف از طرح این پرسش ایجاد انگیزه در هنرجویان برای علت استفاده از الک در کاربردهای مختلف می‌باشد.

### جداسازی بر اساس اختلاف چگالی

#### فکر کنید



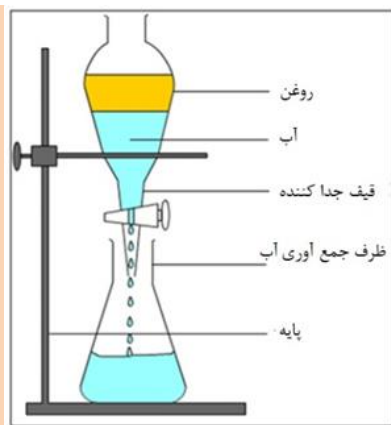
به نظر شما چگونه می‌توان مخلوط آب و روغن را از هم جدا کرد  
پاسخ: روغن به دلیل چگالی کمتر نسبت به آب، روی آب قرار می‌گیرد و بدین ترتیب می‌توان آن دو را از هم جدا کرد.

#### نمایش فیلم



نمایش فیلم: نمایش نحوه کار با قیف دکانتور برای جداسازی

#### فعالیت آزمایشگاهی



هدف: با استفاده از قیف دکانتور مخلوط آب و روغن را از هم جدا کنید.



فعالیت ساخت یافته ۲: بیان نحوه جداسازی با استفاده از غشا با کمک تصویر و فیلم

## جداسازی با استفاده از غشا

به نظر شما اگر دو محلول در یکدیگر قابل حل باشند، برای انتقال جرم بین آن دو می‌توان آن‌ها را در تماس مستقیم قرار داد؟  
راهنمایی: این قسمت با ارائه یک مثال ساده از کاربرد غشا توضیح داده شود. (مثل صاف کردن یک محلول).

بحث گروهی



فعالیت ساخت یافته ۳: بیان جداسازی براساس تماس مستقیم دوفاز نامحلول با کمک تصویر

## جداسازی بر اساس عملیات انتقال جرم

شکل زیر اتفاقی 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؟  
پاسخ: مولکول‌های عطر از لابلای مولکول‌های هوا حرکت کرده و در فضای اتاق پخش می‌شود.

بحث گروهی



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؟  
پاسخ: به روش نفوذ ملکولی- زیرا به دلیل جریان هوا علاوه بر نفوذ ملکولی، حرکت توده‌ای نیز سبب انتقال ملکول‌های عطر در هوا می‌شود.

بحث گروهی



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



## عملیات دستگاه‌ها در صنایع شیمیایی

**پاسخ:** مولکول‌های جوهر از جایی که غلظت در آن جا بیشتر است حرکت کوچکی در آب ایجاد کنید، به درون آب که غلظت در آن کمتر است نفوذ می‌کنند. با ایجاد حرکت در توده آب، مولکول‌های جوهر به همراه توده نیز در آب پخش می‌شوند و در نتیجه سرعت انتقال جرم افزایش می‌یابد.

### پرسش کلاسی



آیا موارد دیگری از عملیات انتقال جرم می‌توانید نام ببرید؟

**پاسخ:** پخش بوی نفتالین در هوا- دم کردن چای

### پرسش کلاسی



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

**پاسخ:** کله، گاز - مایع

### بحث گروهی



بارزترین نمونه استخراج مایع- جامد در زندگی روزمره چیست؟

**پاسخ:** دم کردن چای



### پرسش کلاسی



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

جداسازی بر اساس اختلاف اندازه	جداسازی مکانیکی بر اساس اختلاف چگالی	جداسازی با استفاده از عملیات انتقال جرم	جداسازی با استفاده از فیلتروغشا
جداسازی سنگریزه‌ها از خاک			
جداسازی کلراز هوا از طریق تماس هوا و آب		✓	
جداسازی آب از نفت	✓		
دم کردن چای		✓	
تصفیه آب خانگی			✓
جداسازی گردوخاک از هوا			✓

## مرحله ۲: کار با برج‌های تقطیر

فعالیت ساخت یافته ۴: بیان اساس و مبانی تقطیر با کمک تصویر و فیلم

### جداسازی به روش تقطیر

با نمایش فیلم مربوط به تقطیر نحوه جداسازی با کمک روش تقطیر را آموزش دهید.

نمایش فیلم



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

پرسش کلاسی



پرسش: چه رابطه‌ای بین نقطه مواد، قابلیت تبخیر مواد و فشار بخار مواد وجود دارد؟  
پاسخ: هر چه نقطه جوش ماده‌ای بالا باشد، قابلیت تبخیر آن کمتر است و فشار بخار کمتری دارد.

پرسش کلاسی



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

جرم ملکولی	فشار بخار	نقطه جوش	ماده
۷۲/۱۵	۵۷/۹ Kpa	۳۶/۱ °C	پنتان
۸۶/۱۸	۱۷/۶ Kpa	۶۸ °C	هگزان

بحث گروهی



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

پرسش کلاسی



## تقطیر ساده

پرسش:

پرسش کلاسی



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

نمایش فیلم



فیلم مربوط به تقطیر ساده را مشاهده نمایید.

راهنمایی: ضمن نمایش فیلم تقطیر ساده در مورد سیستم تقطیر و نکات مهم در آماده کردن سیستم تقطیر یادآوری نمایید.

### فعالیت ساخت یافته ۵: جداسازی مواد با برج‌های تقطیر به صورت عملی

فعالیت  
آزمایشگاهی



جداسازی آب از اتانول به روش تقطیر ساده

پرسش کلاسی



پرسش: 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؟

پاسخ: بله - می‌توان محصول جمع‌آوری شده را دوباره تحت عمل تقطیر ساده قرار داده تا محصول به دست آمده خلوص بالاتری داشته باشد.

پرسش کلاسی



پرسش: تقطیر ساده برای چه محلول‌هایی مناسب است؟

پاسخ: برای محلول‌هایی که اجزای آن اختلاف نقطه جوش زیادی دارند تا بتوان در یک مرحله آنها را از هم جدا کرد.

## فعالیت ساخت یافته ۶: بیان چگونگی تفکیک در برج‌های سینی دار با کمک تصویر و فیلم

### تقطیر چند مرحله‌ای

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

- ۱- تامین مایع روی سینی‌ها جهت خشک نشدن آنها
- ۲- تنظیم دمای برج
- ۳- رسیدن به درجه خلوص بالاتر

تحقیق کنید



نمایش فیلم



فیلم مربوط به نحوه حرکت مایع و بخار در داخل برج راهنمایی: ضمن نمایش فیلم مربوط به نحوه حرکت مایع و بخار در داخل برج، چگونگی جداسازی مواد در روی سینی‌های برج تقطیر را بیان کنید.

چرا مایعی که بر روی سینی‌های سوراخ دار جریان دارد، از سوراخ سینی‌ها به پایین نمی‌ریزد؟  
پاسخ: فشار بخار بالا رونده در برج مایع از ریزش مایع از سوراخ‌های سینی می‌شود.

پرسش کلاسی



فعالیت ساخت یافته ۷: معرفی ویژگی‌های انواع سینی‌های تقطیر با کمک تصویر  
معرفی انواع سینی‌های برج‌های تقطیر که شامل سینی‌های غربالی، سینی‌های دریچه‌ای، سینی‌های کلاهی می‌باشد.



سینی غربالی



سینی دریچه‌ای



سینی کلاهی

محاسبه کنید



گزارشی از جداسازی آب و آمونیاک در یک برج تقطیر سینی‌دار 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

$$۱- ۱ \frac{\text{Kg}}{\text{S}} \times ۰/۷ = ۰/۷ \frac{\text{Kg}}{\text{S}}$$

پاسخ:

$$۲- ۱ \frac{\text{Kg}}{\text{S}} \times ۰/۳ = ۰/۳ \frac{\text{Kg}}{\text{S}}$$

$$۳- ۰/۲۲ \frac{\text{Kg}}{\text{S}} \times ۰/۰۰۵ = ۰/۰۰۱۱ \frac{\text{Kg}}{\text{S}}$$

$$۴- ۰/۷۸ \frac{\text{Kg}}{\text{S}} \times ۰/۱ = ۰/۰۷۸ \frac{\text{Kg}}{\text{S}}$$

$$۵- \text{بازده جداسازی آمونیاک} = \frac{\text{آمونیاک خروجی بالای برج}}{\text{آمونیاک ورودی}} = \frac{۰/۲۲ \times ۰/۹۵۵}{۱ \times ۰/۳} = ۰/۷۲/۹۶$$

فعالیت  
آزمایشگاهی



جداسازی آب و الکل اتانول با استفاده از برج تقطیر سینی‌دار

نمایش فیلم



نمایش فیلم چگونگی انجام تقطیر در برج‌های تقطیر سینی‌دار

## مشکلات احتمالی به وجود آمده در برج تقطیر سینی دار

در یک برج تقطیر سینی دار، اگر جریان بخار نسبت به مایع از یک حدی بیشتر باشد، مقداری از مایع روی سینی‌ها همراه با بخار به سمت سینی‌های بالا منتقل می‌شوند با گذشت زمان، فاصله بین سینی‌ها از مایع و کف پر می‌شود که باعث اختلال در کار برج می‌شود. بنابراین کنترل کردن میزان جریان بخار نسبت به مایع بسیار مهم است.

**پرسش:** به نظر شما اگر میزان جریان بخار نسبت به مایع از یک حدی کمتر باشد، چه اتفاقی خواهد افتاد؟  
**پاسخ:** در این حالت فشار بخار برای نگه داشتن مایع روی سینی‌ها کافی نبوده و در نتیجه مایع از سوراخ‌های سینی به پایین می‌ریزد و کارایی برج کاهش می‌یابد.

### پرسش کلاسی



۱- 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؟  
**پاسخ:** تفاوت این دو روش در اندازه منافذ آن‌ها می‌باشد. اندازه منافذ در الک‌ها قابل مشاهده است ولی در فیلترها منافذ به قدری ریز هستند که با چشم دیده نمی‌شوند. در نتیجه الک‌ها برای جداسازی جامدات و فیلترها برای جداسازی مایعات و گازها مناسب می‌باشند.

### تحقیق کنید



۲- 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.  
**پاسخ:** بله، مثال: جدا کردن گاه از گندم

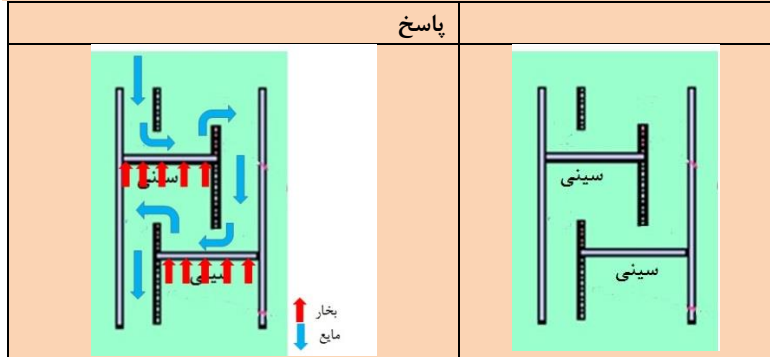
### تحقیق کنید



پرسش کلاسی



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



تحقیق کنید



کدامیک از سینی‌ها برای استفاده در ستون‌های تقطیر رایج‌تر است؟ چرا؟  
**پاسخ:** سینی‌های غربالی - این سینی‌های متداول‌ترین نوع سینی‌های برج تقطیر می‌باشند. ساخت این سینی‌ها ساده و ارزان است. همچنین این سینی‌ها در برابر گرفتگی مقاومند و برای مایعات رسوب‌زا قابل استفاده هستند.

تحقیق کنید



۱- اگر فشار بخار بالا رونده از سوراخ سینی‌ها کم باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ و چه تأثیری بر راندمان برج دارد؟  
**پاسخ:** در این حالت فشار بخار برای نگه داشتن مایع روی سینی‌ها کافی نبوده و در نتیجه مایع از سوراخ‌های سینی به پایین می‌ریزد. این پدیده که ریزش نام دارد، سبب کاهش راندمان برج می‌شود.

تحقیق کنید



۲- در برج‌های تقطیر، بخشی از محصول بالای برج به داخل برج بازگردانده می‌شود که به آن مایع برگشته می‌گویند. دلیل استفاده از مایع برگشته در برج‌های تقطیر چیست؟  
**پاسخ:** ۱- تأمین مایع روی سینی‌ها جهت خشک نشدن آن‌ها. ۲- تنظیم دمای برج. ۳- دستیابی به درجه خلوص بالاتر



## مرحله ۳: کار با برج‌های استخراج

فعالیت ساخت یافته ۸: بیان اساس استخراج با کمک تصویر و فیلم

### جداسازی به روش استخراج

در زندگی روزمره خود یک فرآیند استخراج جامد - مایع را نام ببرید؟  
پاسخ: دم نمودن چای بارزترین نمونه استخراج جامد- مایع است که در آن مواد موجود در برگ چای (مخلوطی از مواد جامد) توسط آب جوش وارد فاز مایع می‌شود.

پرسش کلاسی



نمایش فیلم

نمایش فیلم استخراج مایع-مایع

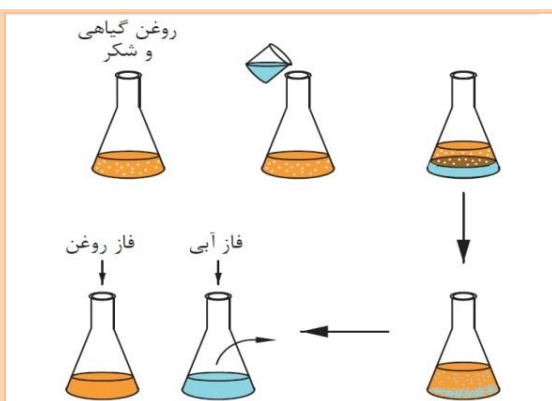


فعالیت ساخت یافته ۹: انجام عمل استخراج با کمک حلال به صورت عملی

۱- مقدار ۳ گرم شکر را در ۳۰ میلی لیتر روغن گیاهی مایع ریخته و مخلوط را بخوبی تکان دهید. حال می‌خواهیم شکر را از مخلوط جدا نمائیم. آیا بنظر شما فیلتر نمودن این مخلوط راه حل مناسبی است؟ چه راه حل دیگری را پیشنهاد می‌نمائید؟ دلیل جدائی آب و روغن و تشکیل دو فاز مجزا چیست؟  
پاسخ: فیلتراسیون نمی‌تواند فرآیند مناسبی باشد چون ذرات شکر ریز بوده و ممکن است از فیلتر عبور نماید. به این مخلوط در یک بشر، مقدار ۲۰ میلی لیتر آب اضافه نموده و خوب تکان می‌دهیم. سپس اجازه داده می‌شود تا مخلوط مدتی ساکن مانده تا دو فاز آبی و آلی (آب و روغن) از هم جدا شوند.  
اختلاف دانسیته آب و روغن که شرط اصلی فرآیند استخراج مایع- مایع است.

فعالیت  
آزمایشگاهی





شکل ۲-۵ جدا سازی شکر از روغن توسط استخراج مایع - مایع

۲- روغنی که بر روی آب قرار گرفته را از بشر خارج می‌نمائیم. در این آزمایش جزء حل شونده (شکر) را از روغن با حلال (آب) با روش استخراج مایع - مایع جدا نموده‌ایم. بنظر 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)؟  
پاسخ: مسلماً تقطیر آب و شکر به دلیل حجم و نقطه جوش کمتری که آب نسبت به روغن دارد.

## کاربردهای استخراج مایع - مایع

### بحث گروهی



به نظر شما در هریک از فرآیندهای ذیل، به چه دلیل عمل استخراج مایع - مایع پیشنهاد می‌گردد؟

الف- جداسازی اسید استیک از آب در غلظت‌های کم.

ب- جدا سازی اسیدهای چرب و ویتامین‌ها از روغن‌های گیاهی.

ج- جداسازی آنتی بیوتیک‌ها از فاز آبی.

پاسخ الف: در صورتی که از تقطیر استفاده شود، انرژی لازم برای تبخیر آب از لحاظ اقتصادی پرهزینه است.

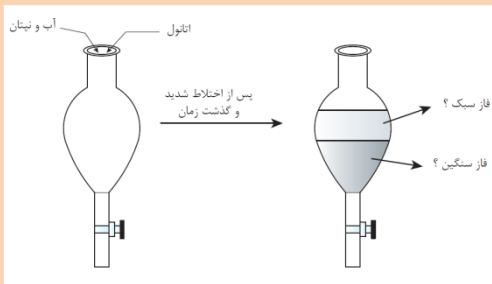
پاسخ ب: تقطیر نیاز به حرارت زیاد برای تبخیر مواد روغنی دارد که انرژی زیادی را مصرف می‌نماید.

پاسخ ج: تقطیر در دمای بالا موجب تخریب آنتی بیوتیک می‌شود.

## پرسش کلاسی



برای جدا سازی پنتان اتانول 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 زیر را کامل نمائید.



## پرسش کلاسی



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

**پاسخ:** مقدار جزء حل شونده در خوراک بسیار کم است. در صورتی که از همان ابتدا خوراک تحت فرآیند تقطیر قرار گیرد، لازم است تا حجم بالائی از مایع همراه جزء حل شونده در این محلول، حرارت دیده و تبخیر شود که انرژی بالائی نیاز دارد. اما به دلیل کم بودن غلظت حل شونده، با مقداری کم حلال می‌توان حل شونده را از خوراک جدا نمود. در نتیجه محلول حلال و حل شونده حجم کمی داشته (نسبت به محلول اولیه) و مسلماً انرژی کمتری برای فرآیند تقطیر نیاز دارد.

## انتخاب حلال

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

**پاسخ:** سمی نبودن، اشتعال پذیری کم، قیمت کم، خوردگی کم (خیلی اسیدی یا بازی نباشد)، ویسکوزیته پایین (برای آنکه براحتی پمپ شود)، فشار بخار کم (تا تبخیر نشده و اتلاف نگردد) و همچنین نقطه انجماد پایین (تا در شرایط سخت آب و هوایی، فرآیند به دلیل یخ زدگی متوقف نگردد).

## بحث گروهی



### تحقیق کنید



به نظر شما فرآیند استخراج چه مزایا و معایبی از نظر محیط زیستی دارد؟  
**پاسخ:** با توجه به مصرف کمتر انرژی در این فرآیند، سوخت‌های فسیلی، به عنوان منبع اصلی تولید انرژی، کمتر مصرف شده و آلاینده‌هایی از قبیل  $\text{CO}_2$ ،  $\text{SO}_2$  و  $\text{NO}_2$  کمتر وارد هوا می‌گردد. اما از طرفی دیگر، مصرف حلال و دفع ضایعات حاصل از آن می‌تواند موجب آلودگی محیط زیست گردد.

## محاسبات استخراج

برای محاسبه مقدار جزء حل شونده که از خوراک به حلال وارد شده، از ضریب بنام ضریب نفوذ<sup>۱</sup> استفاده می‌نمایند که آنرا با  $K_D$  نشان می‌دهند. این ضریب به صورت ذیل تعریف می‌گردد:

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

### پرسش کلاسی



به نظر شما برای آنکه فرآیند استخراج مایع - مایع امکان‌پذیر باشد، ضریب نفوذ باید چه مقداری داشته باشد؟  
**پاسخ:** این ضریب باید از یک بزرگتر بوده و مقادیر بالاتر، فرآیند را توجیه‌پذیرتر می‌نماید.

### پرسش کلاسی



محللول حاوی ۵۰ میلی لیتر آب و ۵ میلی مول بنزویک اسید است. به این محللول ۲۰ میلی لیتر دی کلرومتان اضافه شده و بعد از هم زدن به مخلوط اجازه داده می‌شود تا فاز بیس مانده و استخراج شده از هم جدا شوند. نتایج نشان می‌دهد که ۰/۸۸ میلی مول بنزویک اسید در فاز آبی باقی می‌ماند. در آزمایش دیگر استخراج فوق به صورت دو مرحله‌ای انجام گرفت. بدین صورت که ابتدا ۱۰ میلی لیتر حلال دی کلرومتان به ۵۰ میلی لیتر محللول 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 جدا سازی انجام گرفت. مطلوب است محاسبه ضریب نفوذ بنزویک اسید در حلال دی کلرومتان و مقدار مول بنزویک اسید جدا شده از آب در استخراج دو مرحله‌ای؟  
۱- محاسبه ضریب نفوذ برای استخراج مرحله اول

$$K_D = \frac{\frac{(\Delta - 0 / 88)}{0 / 88}}{50} = 11 / 7$$

۲- محاسبه مقدار مول استخراج شده در فرآیند دو مرحله‌ای

$$K_D = 11 / 7 = \frac{\frac{x}{\Delta - x}}{50} \Rightarrow X = 3 / 5 \text{ مول}$$

$$K_D = 11 / 7 = \frac{\frac{x'}{1 / 5 - x'}}{50} \Rightarrow X' = 1 / 0.5 \text{ مول}$$

استخراج از مرحله دوم + استخراج از مرحله اول = مقدار مول استخراج شده  
 $= 3 / 5 + 1 / 0.5 = 4 / 55$  مول  
 برای پرسش بالا مقدار بازده استخراج تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای را محاسبه  
 نمائید؟

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

$$\text{بازده استخراج تک مرحله‌ای} = \frac{50 - 0 / 88}{5} \times 100 = 82 / 4 \text{ درصد}$$

$$\text{بازده استخراج دو مرحله‌ای} = \frac{4 / 55}{5} \times 100 = 91 \text{ درصد}$$

### پرسش کلاسی



۱- از مقایسه بازده استخراج تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

پاسخ: می‌توان نتیجه گرفت که اگر مقدار مشخصی از حلال را بجای آنکه در یک مرحله به خوراک بیافزائیم، به چند قسمت تقسیم نموده و استخراج را به صورت چند مرحله‌ای انجام دهیم، بازده استخراج مایع - مایع بالاتر می‌رود.

۲- آیا در مثال قبل، می‌توانستیم 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؟

پاسخ: خیر. مقدار حلال در هر مرحله باید به اندازه‌ای باشد تا فاز استخراج شده و پس مانده، قابل جداسازی از هم باشند و سطح مشترک آن‌ها قابل تشخیص باشد.

### تحقیق کنید



- ۱- در صنایع پالایش روغن موتور (مانند نفت بهران و ایرانول) از روش استخراج مایع - مایع چه استفاده‌ای می‌شود؟
- ۲- آیا می‌توانید برای فرآیند استخراج مایع - مایع در صنایع هسته‌ای، کاربردی را بیابید؟

فعالیت ساخت یافته ۱۰: معرفی انواع دستگاه‌های استخراج با کمک تصویر و فیلم

## دستگاه‌های استخراج

### پرسش کلاسی



**پرسش:** به نظر شما چرا استون از آب جدا شده و در تولوئن حل می‌شود؟  
**پاسخ:** بدلیل آنکه ضریب نفوذ استون در تولوئن (KD) نسبت به آب بیشتر از یک بوده و در نتیجه استون تمایل بیشتری به حلالیت در داخل تولوئن (انتخاب پذیری بیشتر) دارد.

### پرسش کلاسی

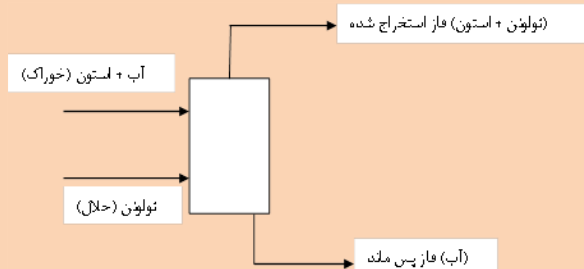


**پرسش:** بنظر شما محل تزریق فاز پراکنده (بالا یا پایین برج) بر چه اساسی انتخاب می‌شود؟  
**پاسخ:** با توجه به آنکه فاز پراکنده باید در داخل فاز پیوسته جریان یابد، اگر فاز پراکنده دانسیته کمتری داشته باشد از پایین و اگر دانسیته بیشتری نسبت به فاز پیوسته داشته باشد، از بالای برج استخراج، وارد ستون می‌شود.  
از لحاظ فرآیندی، معمولاً مایعی که گران‌تر، آتش گیرتر و سمی‌تر است به عنوان فاز پراکنده انتخاب می‌گردد.

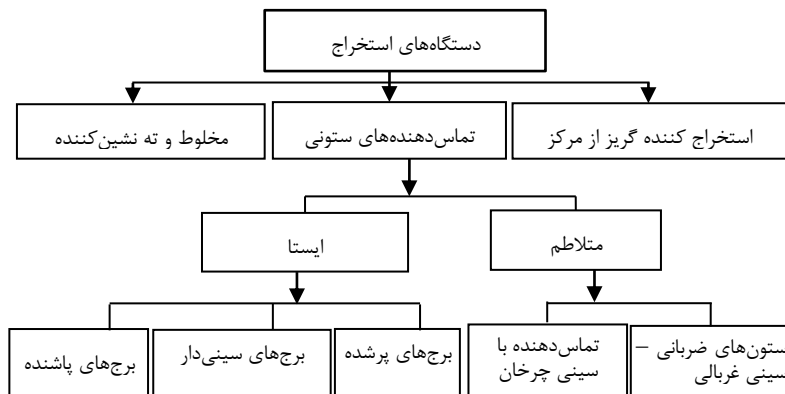
### پرسش کلاسی



**پرسش:** در فرآیند جدا سازی استون از آب توسط تولوئن، دیاگرامی را برای برج جدا سازی ارائه نمایید؟



## تقسیم‌بندی دستگاه‌های استخراج



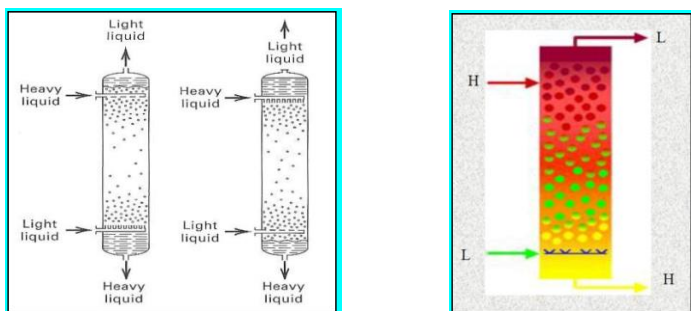
۵-۳- تقسیم‌بندی دستگاه‌های استخراج

## دانش افزایی

نوع ایستای تماس دهنده ستونی خود به سه دسته ذیل تقسیم‌بندی می‌شود:

## برج‌های پاشنده<sup>۱</sup>

ساده‌ترین نوع تماس دهنده ستونی است که صرفاً یک محفظه توخالی است که در ابتدا و انتها دارای تجهیزاتی برای ورود و خروج مایعات است (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵ برج‌های استخراج پاشنده

### 1. Spray towers

فکر کنید



\* به نظر شما توزیع مایع در داخل ستون چگونه انجام می‌شود؟

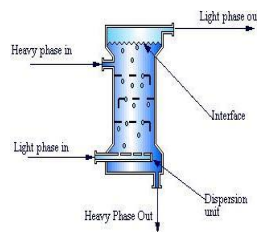
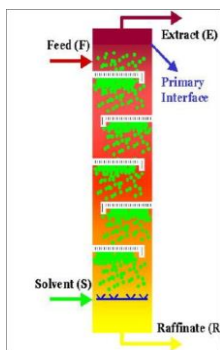
پاسخ: برای این کار نیاز به تجهیزاتی بنام پخش کننده است که مایع از طریق یک خط اصلی به داخل خطوط فرعی (شاخه) که دارای سوراخ هستند وارد شده و توزیع می‌گردد (شکل ۵-۵).



شکل ۵-۵ توزیع کننده مایع در برج‌های استخراج

## برج‌های سینی دار<sup>۱</sup> و پر شده<sup>۲</sup>

در این نوع برج‌ها، فاز پراکنده از داخل سینی‌های سوراخ دار (شکل ۶-۵) یا پرکن‌ها (شکل ۷-۵) عبور نموده و با فاز پیوسته تماس می‌یابد. حرکت قطرات مایع در ستون، فاز پراکنده را در تماس با فاز پیوسته قرار داده و انتقال حل شونده بین فازها صورت می‌پذیرد.



شکل ۵-۶ برج‌های استخراج مایع - مایع ستونی ایستا با سینی‌های غربالی

1. Sieve-tray towers

2. Packed towers



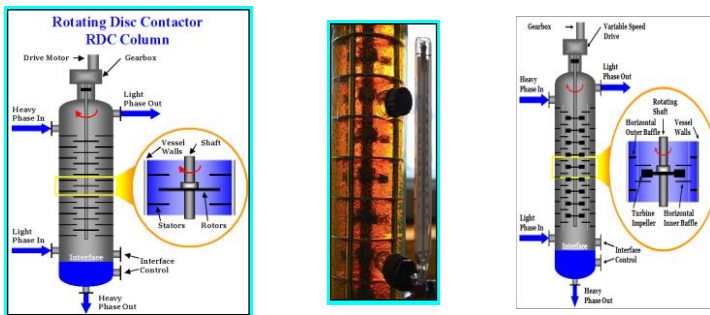


شکل ۷-۵- برج‌های استخراج مایع - مایع ستونی ایستا با پرکن

نوع متلاطم تماس دهنده‌های ستونی به سه دسته ذیل تقسیم‌بندی می‌شوند:

## تماس دهنده‌های با سینی چرخان<sup>۱</sup>

در این نوع برج، دیسک یا توربین‌های پرده‌دار که بر روی یک محور مرکزی نصب شده، مایعات را پراکنده ساخته و به سمت دیواره می‌راند (شکل ۸-۵). این نوع استخراج کننده زمانی که جریان‌های ورودی لزجت<sup>۲</sup> بالایی داشته یا رسوب‌زا هستند، انتخاب مناسبی است اما برای مواد خورنده، پیشنهاد نمی‌گردد. متداولترین نوع تماس دهنده با دیسک چرخان، ستون شایبل<sup>۳</sup> نامیده می‌شود که در آن قطعات چرخنده داخل برج، بجای صفحات مسطح، پرده‌های توربینی هستند.



شکل ۸-۵- تماس دهنده‌های مایع - مایع یا سینی چرخان

1. Rotating disk contactors (RDC)
2. Viscosity
3. Scheibel column

فکر کنید



چرا این نوع برج برای مواد خورنده پیشنهاد نمی‌شود؟  
پاسخ: به دلیل وجود قطعات متحرک داخل برج.

## ستون‌های ضربانی با سینی غربالی<sup>۱</sup>

در این نوع استخراج کننده، در داخل ستون، صفحات سوراخ داری برای پخش نمودن فاز پراکنده نصب شده است (شکل ۱۳). یک پمپ رفت و برگشتی یا یک عامل پالس دهنده با ضرباتی متوالی تمام محتویات برج را در فواصل زمانی مشخص منتقل می‌کند تا یک حرکت متناوب با نواساناتی کوتاه در داخل برج ایجاد شود. کاربردی‌ترین نوع این برج‌ها دارای سینی‌های سوراخدار با قطر ۱/۵ تا ۳ میلی متر است که ۶ تا ۲۳ درصد سطح سینی را بخود اختصاص داده‌اند. به جای سینی از پرکن نیز می‌توان استفاده نمود که چندان متداول نیست. این نوع برج برای استخراج مایعات خورنده یا رادیو اکتیو، استفاده می‌شود.

## ستون‌های رفت و برگشتی یا استخراج کننده کار<sup>۲</sup>

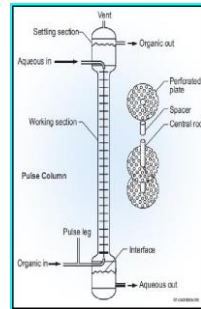
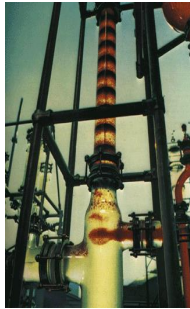
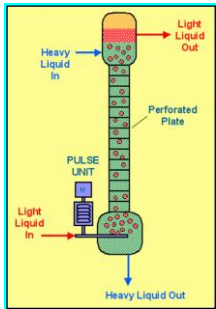
در این نوع استخراج کننده، صفحات سوراخ دار توسط یک عامل مکانیکی به صورت رفت و برگشتی در داخل ستون حرکت نموده و موجب پخش شدن فاز پراکنده در داخل فاز پیوسته و انتقال حل شونده از خوراک به حلال می‌گردد. این نوع ستون بازدهی بالایی داشته و در مواقعی که امکان تشکیل امولسیون یا رسوب گذاری مواد وجود دارد، انتخاب بسیار مناسبی است. در مواقعی که خوراک یا حلال خورنده باشند، قطعات داخلی را می‌توان از نوع غیر فلزی یا با پوشش تفلونی انتخاب نمود.

نمایش فیلم



فیلم فرآیند استخراج مایع-مایع توسط ستون کار

1. Pulsed sieve-plate contactors (PSE)
2. Reciprocating column or Karr extractor



۹-۵ ستون‌های استخراج مایع - مایع ضربانی با سینی‌های غربالی

استخراج مداوم به وسیله سوکسله

فعالیت  
آزمایشگاهی



## ارزشیابی شایستگی فصل دستگاه‌های جداکننده

<p><b>شرح کار:</b> چگونگی استفاده 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 .</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b>                  انجام عملیات انتقال جرم (در صنایع شیمیایی)، کار با برج های تقطیر و برج های استخراج طبق دستورالعمل  <b>شاخص ها:</b> - رعایت مسایل ایمنی حین کار                  - انجام کار طبق دستورالعمل</p>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b> برج های تقطیر پر شده و سینی دار - الک ها - لوازم شیشه ای                  آزمایشگاهی - دستگاه سوکسله - گرمکن برقی  <b>شرایط:</b>                  مکان: کارگاه                  شرایط دستگاه: سرویس شده                  زمان: یک جلسه آموزشی                  ابزار و تجهیزات: برج های تقطیر پر شده و سینی دار - الک ها - لوازم شیشه ای آزمایشگاهی - دستگاه سوکسله - گرمکن برقی</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
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	
	<p>شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:                  ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی                  ۲- نگرش: صرفه جویی در آب مصرفی مبدل‌ها                  ۳- توجهات زیست محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش                  ۴- شایستگی های غیر فنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای                  ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی                  ۴- مستند سازی: گزارش نویسی</p>	۲	
<p><b>میانگین نمرات</b></p>			*
<p>حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.</p>			



## استاندارد فضا









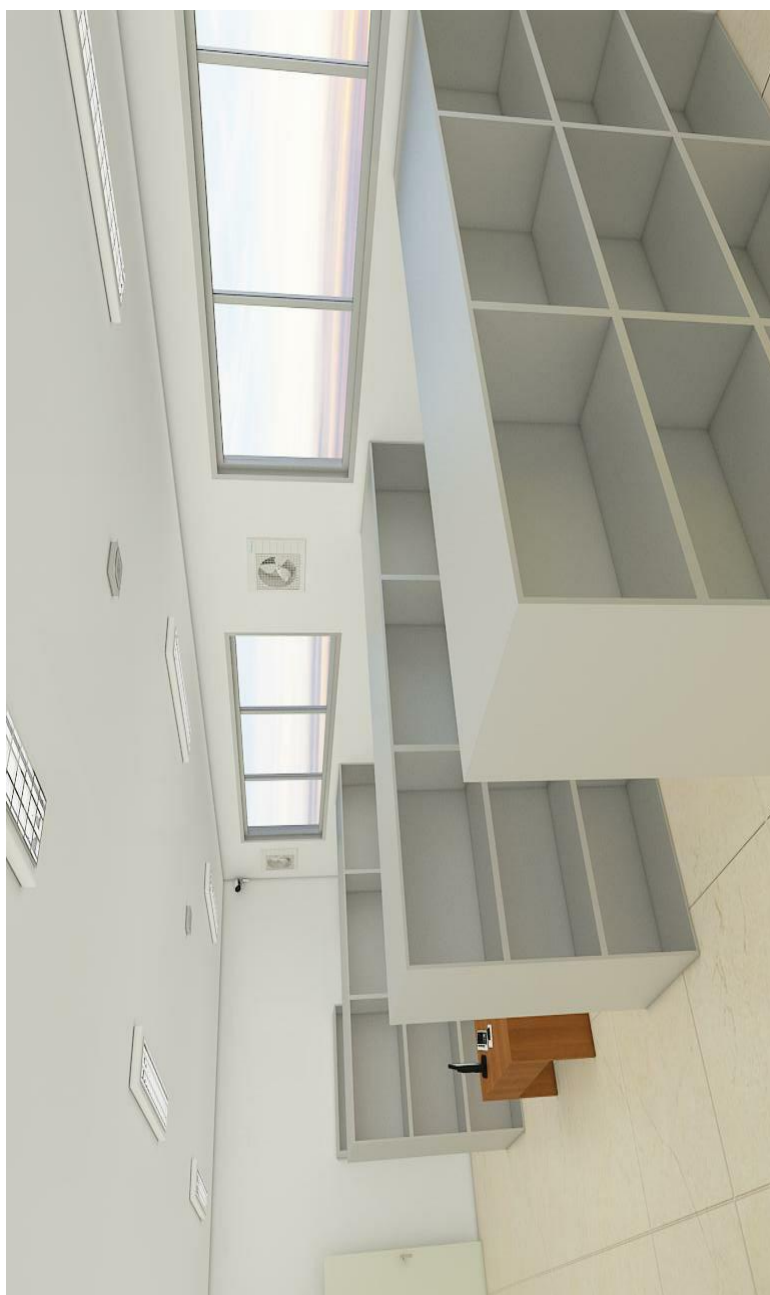




عملیات دستگاه‌ها در صنایع شیمیایی









# ارزشیابی



## ارزشیابی پیشرفت تحصیلی مبتنی بر شایستگی در آموزش‌های فنی و حرفه‌ای

### ۱- اشاره

ارزشیابی در فرایند توسعه سرمایه انسانی نقش مهمی به عهده دارد، صرف نظر از این که در هنرستان انجام شود یا اینکه خارج از برنامه‌های آموزشی رسمی انجام گیرد و یا در حین شغل یا برای ارزیابی تجارب حاصل در طول زندگی به کاربرده شود. ارزشیابی از جمله اجزاء مهم یادگیری مادام العمر است، هم برای افراد که به روشی برای ارزشیابی و اهدای گواهینامه معتبر در مراحل مختلف زندگی احتیاج دارند و هم برای مؤسسات مهارت آموزی که در پی ارتقاء برنامه‌های تحرک پذیری ارزشیابی خود هستند تا بتوانند سیاست‌های آموزش فنی و حرفه‌ای درازمدت خود را تحقق بخشند.

در اسناد بالادستی و توصیه‌های بین المللی توجه زیادی به تحول ارزشیابی در نظام آموزشی شده است:

### سیاست‌های کلی ایجاد تحول در آموزش و پرورش ابلاغی از طرف رهبر معظم انقلاب - ۱۳۹۲

- تحول بنیادین شیوه‌های ارزشیابی دانش‌آموزان برای شناسایی نقاط قوت و ضعف و پرورش استعدادها و خلاقیت دانش‌آموزان.
- سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش
- راهکار ۱۹/۲- طراحی و اجرای نظام ارزشیابی نتیجه محور براساس استانداردهای ملی برای گذر از دوره‌های تحصیلی و رویکرد ارزشیابی فرآیند محور در ارتقای پایه‌های تحصیلی دوره ابتدایی و رویکرد تلفیقی (فرآیند محور و نتیجه محور) در سایر پایه‌های تحصیلی.

### ارزشیابی در برنامه درسی ملی ایران

- به صورت مستمر تصویری روشن و همه جانبه از موقعیت کنونی
- دانش‌آموز، فاصله او با موقعیت بعدی و چگونگی اصلاح آن متناسب با ظرفیت‌ها و نیازهای وی ارائه می‌کند.
- زمینه انتخاب گری، خود مدیریتی و رشد مداوم دانش آموز را با تأکید بر خود ارزیابی فراهم می‌کند و بهره‌گیری از سایر روش‌ها را زمینه ساز تحقق آن می‌داند.
- ضمن حفظ کرامت انسانی، کاستی‌های یادگیری را فرصتی برای بهبود موقعیت دانش‌آموز می‌داند.
- کاستی‌های یادگیری را فرصتی برای بهبود و اصلاح نظام آموزشی می‌داند.

### توصیه نامه آموزش و تربیت فنی و حرفه‌ای (یونسکو ۲۰۱۵)

- برای ایجاد و استفاده از اطلاعات مربوط به پیشرفت‌های یادگیرندگان، باید سیستم‌های سنجش موثر و مناسب طراحی شوند. ارزشیابی فرایندهای یاددهی و یادگیری، از جمله سنجش تکوینی، باید با همکاری همه ذی‌نفعان، به ویژه معلم‌ها و مربیان، نمایندگان زمینه‌های حرفه‌ای مورد نظر، سرپرستان و یادگیرندگان انجام شوند. عملکرد کلی یادگیرندگان را باید با استفاده از روش‌های مختلف سنجش، از قبیل خودارزیابی و در صورت لزوم، ارزیابی توسط هم‌گروه‌ها مورد سنجش و ارزیابی قرار داد.

### توصیه‌نامه سومین کنگره بین‌المللی آموزش‌های فنی و حرفه‌ای (یونسکو ۲۰۱۲)

- پشتیبانی انعطاف‌پذیر مسیرهای آموزش و تجمیع آن‌ها، به رسمیت شناختن و انتقال از یادگیری‌های فردی از طریق شفاف‌سازی، استقرار سیستم‌های صلاحیت حرفه‌ای پیامد محور، اقدامات معتبر برای سنجش و ارزیابی، شناسایی و اعتباردهی صلاحیت‌های حرفه‌ای از جمله در سطح بین‌المللی، تبادل اطلاعات و توسعه اعتماد متقابل و همکاری میان تمام ذی‌نفعان مربوطه، تعمیم مکانیسم‌های تضمین کیفیت به صورت یکپارچه به تمام قسمت‌های سیستم صلاحیت حرفه‌ای

## ۲- تعاریف

### شایستگی

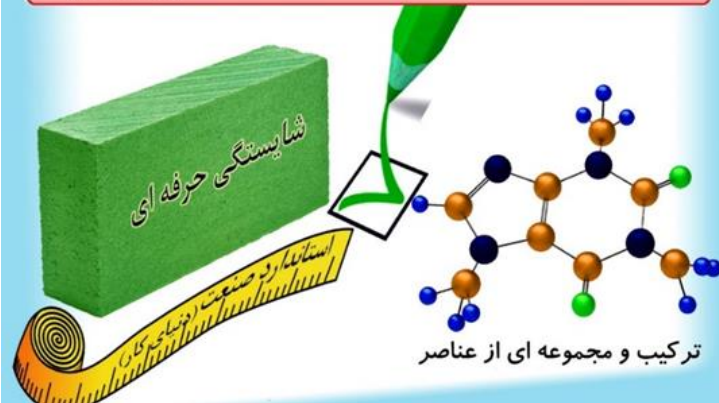
توانایی انجام کار بر اساس استاندارد را گویند.

### برخی از تعاریف شایستگی

- توانایی انجام کار برابر استاندارد.

- انجام دادن درست کار در زمان درست با روش درست در موقعیت پیچیده با استفاده از ترکیب درست دانش، مهارت و نگرش و با ابزارها، تجهیزات، شرایط اجرا، مواد و استانداردها.

- منظور از شایستگی مجموعه‌ای ترکیبی از صفات، توانمندی‌ها و مهارت‌های ناظر به همه جنبه‌های هویت (عقلانی، عاطفی، ارادی و عملی) است، که متریان در جهت درک و عمل برای بهبود مستمر موقعیت خود (برای دستیابی به مراتب حیات طیبه) باید آن‌ها را «کسب» کنند.  
(مبانی نظری سند تحول)

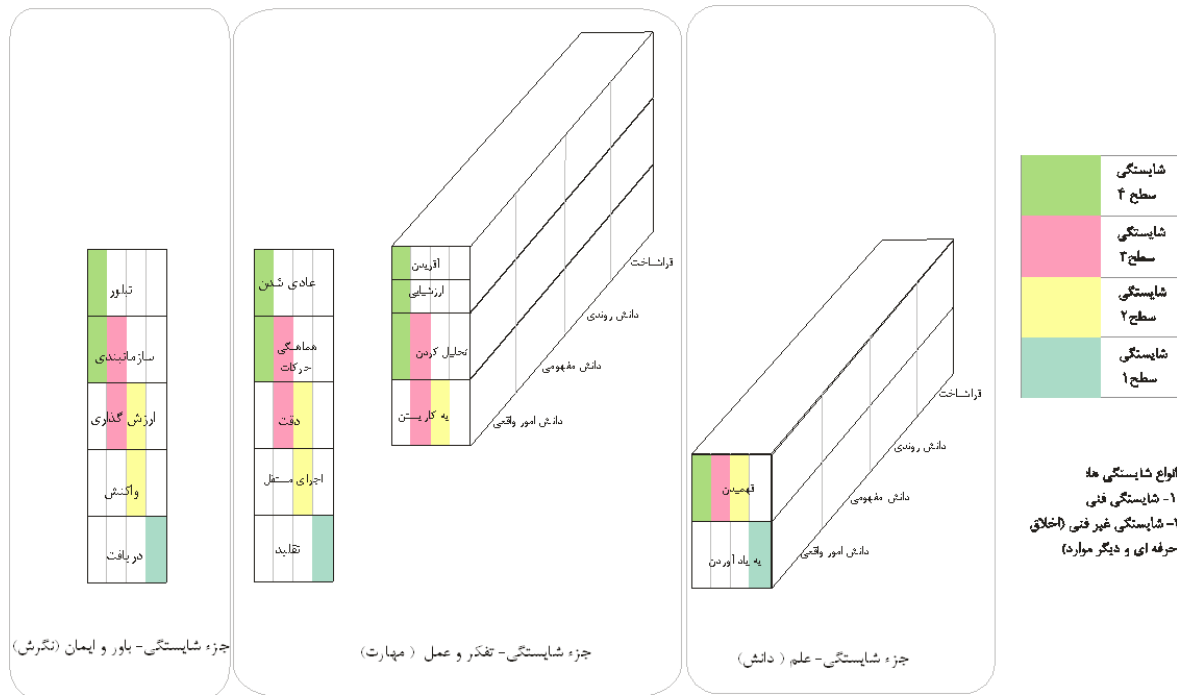


شایستگی دارای سطوحی است که یکی از انواع سطح بندی شایستگی‌های حرفه‌ای به صورت چهار مرحله‌ای می‌باشد که شامل موارد زیر می‌باشد:



### ۳- الگوهای نگاشت سطوح شایستگی به سطوح اهداف یادگیری

با توجه به سطوح بیان شده در اهداف یادگیری و عملکردی به همراه سطوح شایستگی‌ها الگوی نگاشت متفاوتی وجود دارد. با توجه به تجارب سایر کشورها در آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و تجارب داخلی الگوی ۱ نشان داده شده در شکل ۱ توصیه می‌گردد.



شکل ۱- الگوی ۱- طرحواره اجزاء شایستگی و ارتباط آنها با سطوح شایستگی

### تکلیف کاری-Task

- تکلیف کاری کوچکترین واحد یک کار با پیامد و خروجی مشخص و مفید می‌باشد.
- پیامد یک تکلیف کاری می‌تواند به صورت محصول، خدمت یا تصمیم در نظر گرفته شود.
- یک تکلیف کاری، قسمتی از کار است که قابل واگذار کردن خواهد بود.
- یک تکلیف کاری دارای نقطه شروع و انتها می‌باشد.
- یک تکلیف کاری قابل اندازه گیری و مشاهده است.
- یک تکلیف کاری می‌تواند مستقل از کارهای دیگر انجام شود.
- هر تکلیف کاری دارای دو یا چند مرحله کار (Step) می‌باشد.
- تعداد تکالیف کاری در هر شغل یا حرفه معمولاً در محدوده ۷۵ الی ۱۲۵ قرار می‌گیرد.
- از تکلیف کاری با نام "کار" نیز در برخی از موارد یاد می‌شود. کسب توانایی در انجام کار بر اساس استاندارد موجب شایستگی می‌گردد.

### مرحله کار-Step

- فعالیت‌های لازم برای انجام یک تکلیف کاری را "مرحله کار" می‌گویند. مراحل انجام کار یک رویه مشروح انجام کار است. معمولاً هر تکلیف کاری از سه یا چند مرحله کار تشکیل شده است.
- حرفه: خانه دار
- وظیفه: نگهداری حیاط
- کار: چمن زدن
- مرحله کار: روشن نمودن چمن زن

### استاندارد عملکرد (Performance Standard)

- شایستگی‌های حرفه‌ای دنیای کار براساس استاندارد عملکرد استوار است. آن سطح شناخته شده و قابل قبول برای انجام یک کار در یک حرفه یا شغل را استاندارد عملکرد آن کار می‌نامند. معمولاً در استاندارد عملکرد شرایط انجام کار، عملکرد و معیار ارزیابی آورده می‌شود (رجوع به نمون برگ‌های ارزشیابی در انتهای مقاله). در ادامه نمونه‌هایی از استاندارد عملکرد آورده شده است:
- نمونه ۱: استاندارد عملکرد جهت انجام کار "بررسی پمپ ها و سیالات" در حرفه مکترونیک: بررسی پمپ ها و سیالات طبق چک لیست به طوری که پمپ‌ها طبق مشخصات کار کرده و لزجت و سطح روغن طبق مشخصات سازنده باشد.
- نمونه ۲: استاندارد عملکرد جهت انجام کار "رسم مدارها و نقشه‌های الکتریکی با رایانه" در حرفه برق کار ماهر:

رسم نقشه‌های مدارهای فرمان با نرم افزار نقشه کشی و در فرمت برداری به نحوی که مطابق با نقشه دستی موجود بوده و علائم به کار رفته در آن با استاندارد IEC مطابق باشد.

نمونه ۳: استاندارد عملکرد جهت انجام کار "اجرای عملیات اولیه تراشکاری" در حرفه ماشین کار عمومی:

اجرای عملیات اولیه تراشکاری (روتراشی - پله تراشی - پیشانی تراشی) با استفاده از ماشین تراش و ابزارهای تراش به صورتی که قطعه کار با دقت ابعادی با تلرانس  $\pm 0.1$  mm و پرداخت سطح  $Ra 1/6$  حاصل شود

### مهارت (skills) (شامل تفکر و عمل):

توانائی عضلات و ایجاد هماهنگی بین آن ها و یا به عبارتی هماهنگی بین اعمال روان حرکتی را مهارت گویند. البته از سطوح بالائی حوزه شناختی نیز به عنوان مهارت یاد می شود. مهارت‌های روان حرکتی دارای ویژگی‌هایی هستند که در شکل زیر مشاهده می شود. در هر تکلیف کاری حداقل سه و حداکثر شش مرحله کاری وجود دارد که هر مرحله شامل دانش و مهارت است به نحوی که انجام هر مهارت مستلزم کاربرد دانش است و تعریف مذکور عملیاتی کردن مهارت را مد نظر دارد. بنابراین هر شایستگی (تکلیف کاری) می تواند از چندین مهارت تشکیل شده باشد.



شکل ۲ - ویژگی‌های مهارت (بخش روان حرکتی)

### دانش (knowledge) (شامل علم):

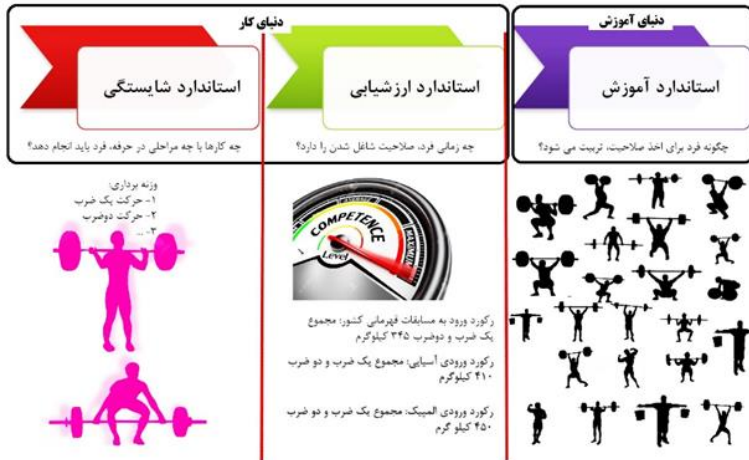
به توانائی‌های ذهنی - عقلانی از قبیل کسب دانش، رشد مهارت‌های ذهنی، قدرت تجزیه تحلیل را دانش گویند.

### نگرش (Attitude) (شامل اخلاق و باور)

نگرش به توانایی هایی گفته می شود که به جنبه احساسی و عاطفی، ارزش، علائق و نگرش مربوط می شود. توانایی مشارکت فعال توأم با علاقه مثالی از این نوع توانایی است. نگرش در واقع نوعی مهارت ذهنی و عملی است.

### رابطه ارزشیابی با استاندارد شایستگی و صلاحیت حرفه ای

ارزشیابی باید مستقیماً با استانداردهای شایستگی حرفه مرتبط باشد و براساس آنها تدوین شود (نه آن که از استانداردهای آموزشی اقتباس شود). این امر برای ارزشیابی دقیق میزان توانایی فرد ضروری می باشد. از نظر فردی، ارزشیابی می تواند منجر به صدور گواهینامه شود. به افراد کمک می کند تا وارد حرفه و شغل خاصی شوند و در آن پیشرفت نمایند و در شرایط یادگیری دائمی روشی را برای ثبت توانایی ها و شایستگی های افراد در شرایط مختلف و زمان های متفاوت به دست دهد. از نظر کارفرمایان ارزشیابی می تواند در استخدام، ارتقاء و برنامه ریزی برای آموزش های داخلی به کار برده شود. از نظر مؤسسات مهارت آموزی ارزشیابی و سنجش، روشی برای تعیین کیفیت مهارت ها و دانش های آموخته شده در برابر شایستگی های واقعی مورد نیاز در یک حرفه است. با اعطای گواهینامه به افراد، هنرستان ها ی فنی و حرفه ای می توانند برنامه های آموزشی خود را به افراد و کارفرمایان ارائه نمایند. در مسیر حرکت از دنیای کار به دنیای آموزش می توان سه نوع استاندارد را مورد توجه قرار داد (شکل ۳).



شکل ۳- توالی استانداردهای شایستگی حرفه، ارزشیابی و آموزش



نظام صلاحیت‌های حرفه‌ای ملی بر اساس سطوح صلاحیت‌های حرفه‌ای پایه‌گذاری شده است. تحرک پذیری افقی و عمودی از ویژگی‌های این نظام است. برای ورود به ارزشیابی در یک سطح از صلاحیت، باید مدرک سطح صلاحیت قبلی به همراه زمان تجربی مورد نیاز کسب شده باشد. جهت ارزش گذاری به تجربه کسب شده، سنجش آغازین مبتنی بر استاندارد عملکرد گذشته (اما با سطح شایستگی بالاتر) صورت می‌گیرد و برای ورود به سطح بالاتر از ارزشیابی تشخیصی صورت می‌گیرد. در هنگام تحرک افقی در داخل یک حرفه و یا حرف دیگر شایستگی‌های مشترک که احراز شده است مورد قبول واقع می‌شود.

استانداردهای عملکرد مبنای تهیه استاندارد ارزشیابی حرفه هستند. در شکل ۴ نمونه‌ای از استاندارد ارزشیابی حرفه نشان داده شده است.

نمون برگ ۸-۱ تحلیل استاندارد عملکرد کار

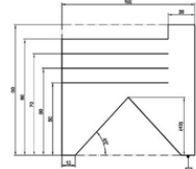
نام و نام خانوادگی	شماره ملی	شماره ملی	شماره ملی	شماره ملی	شماره ملی
کد حرفه	۱۱۱۳۳۳۱۱۱	حرفه	۱	محل ملاجبت	۱.۱
کد وظیفه	۰۱	وظیفه	۱	گروه کاری	۱
کد کار	۰۰۱	کار	۱	تک شاخه ناستکی	۲

نمون برگ ۸-۲ ارزیابی کار

کد حرفه	حرفه	محل ملاجبت	گروه کاری	تک شاخه ناستکی
۱۱۱۳۳۳۱۱۱	۱	۱	۱	۲

۱- شرایط انجام کار: ۱- نور محیط کار گاه ۲- نور یکبارخت با شدت ۳۰۰ لکس ۳- تهویه استاندارد و دمای ۳۰ ± ۰.۵°C ۴- ایزرالات و تجهیزات استاندارد و آماده به کار ۵- وسایل ایمنی استاندارد ۶- زمان ۹۰ دقیقه

۲- شاخص‌های اصلی استاندارد عملکرد کار:  
۱- نورتنس راست بودن خطوط اندازه کاری ۱ mm ۲- اندازه براساس استاندارد ISO 2768-C



۳- نمونه و نقشه کار:  
۴- ایزر ارزیابی: ۱- مشاهده ۲- نقشه کار

۵- ایزر و تجهیزات مورد نیاز انجام کار: نقشه کار میزکار - گیره موازی - آچار تنظیم گیره - خط کش فزنی (۳۰۰) میلی متر - کمان اهر ثابت ۳۰۰ - تیغه اهر آهن بر ۲۶ - دنده در اینچ - گریزای فلزکاری به شول ۱۵۰ میلیتر - صفحه صافی کارگاهی ۳۰۰ ۳۰۰ - سنبه شنان ۵۰ - سوزن خط کش ۳۰۰ و پاپهادر - سوهان تخت ۲۵۰ - سوهان سه گوش ۱۵۰ - کانت کیود - وسایل نظیف - چکش فولادی

۶- تکالیف کاری مرتبط در گروه کاری:

T0102

ردیف	براهل کار	شرایط عملکرد	نتایج ممکن	استاندارد (ناحیه ۱۵) دایره ای، نرده ای	نمره
۱	برسی نقشه کار اولیه	خط کش عمود ۳۰۰ میلیتر مکان برابری در تمام نقاط کار	۱- نقشه کار به درازای کافی ایام ۲- حسن بودن اجزای داده شده ۳- همپوشانی کار به لحاظ فکال ایام ۴- حسن مشاهده انتخاب شده است	۱- ایزر نقشه به درازای کافی ایام ۲- حسن بودن اجزای داده شده ۳- همپوشانی کار به لحاظ فکال ایام ۴- حسن مشاهده انتخاب شده است	۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰
۲	انتخاب و آماده سازی وسایل	کمان اهر ثابت ۳۰۰ - تیغه اهر آهن بر دنده در اینچ بر وزن ۵ دقیقه	۱- کمان اهر در جهت درست ۲- کمان اهر در جهت اولیه ۳- کمان اهر در جهت ثانویه ۴- کمان اهر در جهت اولیه	۱- کمان اهر در جهت درست ۲- کمان اهر در جهت اولیه ۳- کمان اهر در جهت ثانویه ۴- کمان اهر در جهت اولیه	۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰
۳	آماده سازی و پین نشانی کار	نور مناسب - سوهان ۲۵۰ - خط کش موتور - سوزن خط کش ۳۰۰ - گیره موازی خط کش فزنی (۳۰۰) میلی متر ۳۰۰ میلی متر گیره موازی ۳۰۰ میلی متر گیره موازی ۳۰۰ میلی متر گیره موازی ۳۰۰ میلی متر گیره موازی	۱- خط کشی صحیح ۱ گیره ۲- پین نشانی صحیح ۳- خط کشی صحیح ۱ گیره ۴- خط کشی صحیح ۱ گیره ۵- خط کشی صحیح ۱ گیره	۱- خط کشی صحیح ۱ گیره ۲- پین نشانی صحیح ۳- خط کشی صحیح ۱ گیره ۴- خط کشی صحیح ۱ گیره ۵- خط کشی صحیح ۱ گیره	۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰
۴	انجام عملیات اهر کاری	موتور سه گوش ۱۵۰ کمان اهر آماده در سرجه ۴ وزن ۲۰ دقیقه	۱- برشکاری مطابق نقشه و پین نشانی ۲- کمان اهر در جهت اولیه ۳- کمان اهر در جهت ثانویه ۴- کمان اهر در جهت اولیه ۵- کمان اهر در جهت ثانویه	۱- برشکاری مطابق نقشه و پین نشانی ۲- کمان اهر در جهت اولیه ۳- کمان اهر در جهت ثانویه ۴- کمان اهر در جهت اولیه ۵- کمان اهر در جهت ثانویه	۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰
۵					۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰
۶					۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰
۷					۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰
۸					۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰
۹					۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰
۱۰					۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰
ارزیابی کار استیمنگ					

نمون برک ۹-۱- ارزیابی کار

نام و نام خانوادگی	تاریخ ارزیابی	نوع
کد حرفه: ۲۲۴۶-۱۹۳	حرفه: ۲	استادار مشاور از طراحی و اجرای نشانه و علائم راهنمایی و ایمنی برای پروژه عمومی و اختصاصی نام استاندارد و طراحی و مرمت پانل‌های عمومی، خصوصی، دولتی و مشاور نامتعارف، رنگ، فرم و اندازه. متناسب با مقررات مندری
کد وظیفه: ۰۱	وظیفه: ۱	
کد کار: ۰۱-۱	کار: ۲	

نمون برک ۸-۱- تحلیل استاندارد عملکرد کار

نام و نام خانوادگی:	تاریخ ارزیابی:	نوع کار:
کد حرفه: ۲۲۴۶-۱۹۳	حرفه: ۲	استادار عملکرد کار ارزی گرایی نشانه و علائم تصویری و راهنمایی برای پروژه عمومی و اختصاصی نام استاندارد و طراحی و مرمت پانل‌های عمومی، خصوصی، دولتی و مشاور نامتعارف، رنگ، فرم و اندازه. متناسب با مقررات مندری
کد وظیفه: ۰۱	وظیفه: طراحی نوبت	
کد کار: ۰۱-۱	کار: کار	

۱- شرایط انجام کار:

- ۱- زمان: ۱ ساعت (تجویزهایی قابل نیچستال)
- ۲- مکان‌های مناسب: کارگاه گرایی
- ۳- تجهیزات: کامپیوتر، میز، صندلی
- ۴- ابزار اختیاری: فرار دانه نشانه ها و علائم محیط سازبانی
- ۲- مشخصه های اصلی استاندارد عملکرد کار:
  - ۱- انتخاب رنگ و فرم مناسب
  - ۲- تناسب نوشته ها و نمادها با موضوع
  - ۳- خروجی مناسب (از نظر کامل خروجی)
  - ۴- طراحی مستقیم مفهوم
- ۳- نمونه نوشته کار از روی عملیاتی:
  - ۱- گردآوری اشل های تصویری برای طراحی نشانه و علائم تصویری
  - ۲- تولید دستی بر اساس طرح های پیشنهادی مدیر هنری یا طرح ارشد
  - ۳- اجرای کامپیوتری نشانه و علائم تصویری
  - ۴- انتخاب فونت سازبانی هماهنگ با علائم تصویری و نشانه
  - ۵- انتخاب رنگ یا رنگ های مناسب چه برای فضای مجازی (RGB یا CMYK) یا چاپی (CMYK)
  - ۶- انتخاب مواد و مصالح مناسب برای ساخت نشانه و علائم تصویری
- ۴- ابزار ارزشمندی: متناسب - نمونه کار - زمان بررسی نشانه
- ۵- ابزار و تجهیزات مورد نیاز انجام کار: ۱- کامپیوتر یا نرم افزار های مرتبط ۲- پرینتر و اسکنر
- ۳- مواد یا کانتینر رنگ
- ۴- مواد یا کانتینر رنگ
- ۶- تکالیف کاری مرتبط در گروه کاری:

ردیف	مراحل کار	شرایط عملکرد	نتایج ممکن	استاندارد دانش جانمایی امره ها:	نمره
۱	پایبوش سفارش	رعایت ۱- ایمنی مکان آینه گرایی جهت روان تر فرار دانست فست	فیل هوول فرورد فست فرورد فست مکان آینه گرایی جهت روان تر فرار دانست	فرورد فست فرورد فست مکان آینه گرایی جهت روان تر فرار دانست	۲
۲	آماده سازی مقدمات پروژه	رعایت ۱- ایمنی مکان آینه گرایی جهت روان تر فرار دانست	فیل هوول فرورد فست فرورد فست مکان آینه گرایی جهت روان تر فرار دانست	فرورد فست فرورد فست مکان آینه گرایی جهت روان تر فرار دانست	۲
۳	طراحی کردن نمونه های اولیه	رعایت ۱- ایمنی مکان آینه گرایی جهت روان تر فرار دانست	فیل هوول فرورد فست فرورد فست مکان آینه گرایی جهت روان تر فرار دانست	فرورد فست فرورد فست مکان آینه گرایی جهت روان تر فرار دانست	۲
۴	ارائه دادن به مشتری	رعایت ۱- ایمنی مکان آینه گرایی جهت روان تر فرار دانست	فیل هوول فرورد فست فرورد فست مکان آینه گرایی جهت روان تر فرار دانست	فرورد فست فرورد فست مکان آینه گرایی جهت روان تر فرار دانست	۲
۵					۲
۶					۲
<p>دانشکی های در این بخش توجه به رنگ</p>					
<p>ارزشی کار (دانشکی انجام کار)</p> <p>شماره تاریخ نوع</p>					

ب

شکل ۴ - نمونه‌ای از استاندارد ارزیابی حرفه برای یک شایستگی

## اصول حاکم بر ارزشیابی پیشرفت تحصیلی و تربیتی در آموزش فنی و حرفه‌ای

ارزشیابی باید واجد حداقل روایی (یعنی اندازه‌گیری باید استاندارد عملکرد حرفه‌ای انتخاب شده را اندازه‌گیری کند) و پایایی باشد (یعنی بتواند این استانداردها را به صورت یکنواخت و ناوابسته به یک مکان و یا دستگاه خاص ارزشیابی کند). اگر ابزار ارزشیابی در سطح منطقه درست می‌شود - براساس استانداردهای محلی و ملی و یا بانک سئوالات امتحان - و نتایج نیز دارای اعتبار وسیع باشند. ضروری است کارشناسان مراکز ملی سنجش و هنر آموزان منطقه، آموزش‌های کافی در زمینه مدیریت و طراحی ارزشیابی را دیده باشند. اگر ابزارهای ارزشیابی استاندارد شده به صورت متمرکز تدوین شوند، لازم است این کار توسط متخصصان ارزشیابی و با کمک افرادی که استانداردهای حرفه را تدوین کرده‌اند صورت پذیرد. خطا در مقدار روایی و اعتبار آزمون‌های ملی دارای اثرات منفی بسیاری خواهد بود. ارزشیابی پیشرفت تحصیلی و تربیتی در شاخه فنی و حرفه‌ای ناظر بر تحقق شایستگی‌ها و دستیابی به سطوح شایستگی‌ها و صلاحیت حرفه‌ای ملی ایران به شرح زیر می‌باشد:

۱- تنوع ابزارها و روش‌ها در بهره‌گیری از شایستگی‌ها در موقعیت ابزارها و روش جهت سنجش پیشرفت تحصیلی و شایستگی‌های حرفه‌ای و عمومی متنوع خواهد بود.

ملاک کسب شایستگی‌های حرفه‌ای استاندارد ارزشیابی حرفه مبتنی بر استاندارد عملکرد حرفه تکلیف کاری.

۲- شواهد کافی و متنوع برای قضاوت

ارزشیابی به صورت مستمر و عملکردی مبتنی بر عمل خواهد بود. ملاک گذر از دوره کسب استاندارد شایستگی حرفه‌ای و عمومی کسب مدرک براساس صلاحیت خواهد بود.

۳- ارزشیابی متنوع و مستمر با توجه به یادگیری هر یک از هنرجویان استفاده از واقعیت‌های دنیای کار و تجربه ارزشیابی حرفه به ارزشیابی گروه‌کاری و ارزشیابی.

۴- خود آگاهی و خود ارزیابی در دستیابی به سطوح شایستگی بالاتر در ارزشیابی شایستگی عمومی و حرفه ۱۰ الی ۲۰ درصد قضاوت توسط هنرجو انجام خواهد پذیرفت.

تکالیف کاری همراه با سطح بندی شایستگی‌های حرفه‌ای و عمومی.

۵- عدم استفاده از شرایط اضطراب آور  
شرایط ارزشیابی مبتنی بر شرایط ذکر شده در استاندارد ارزشیابی باشد.  
منصفانه باشد

- ۶- مشارکت سایر دانش‌آموزان و والدین در سنجش (ارزیابی هم‌تا<sup>۱</sup>)  
استفاده از گروه دانش‌آموزان برای سنجش قضاوتی در فرآیندهای ساخت، طراحی،  
تعمیر، نصب، تحلیل، اپراتوری.
- ۷- حفظ نقش مدرسه و معلم در ارزشیابی  
ارزشیابی نهایی گروه کاری توسط تیمی از هنرآموز انجام می‌شود.
- ۸- نتیجه محور و فرآیند محوری  
استاندارد عملکرد تکالیف کاری به عنوان نتیجه فرآیند یاددهی- یادگیری تلقی  
می‌شود. برخی از نتایج باید در دنیای کار (کارآموزی) ارزشیابی شوند.  
به کارگیری ارزشیابی فرآیند محور در کسب شایستگی‌ها
- ۹- کارگروهی و حل مساله  
اجرای فرآیند ارزشیابی در بستر کارگروهی و موقعیت‌های جدید جهت حل مساله  
در زندگی.
- ۱۰- ارزشیابی بعنوان بخش جدایی ناپذیر از فرآیند یاددهی- یادگیری  
ارزشیابی پیشرفت تحصیلی قبل از ارزشیابی مبتنی بر استاندارد عملکرد اتفاق  
خواهد افتاد.
- ۱۱- تکالیف عملکردی در سنجش  
ارزشیابی و سنجش مبتنی بر واقعیات و شرایط موجود در استاندارد ارزشیابی حرفه  
خواهد بود.
- ۱۲- کسب کلیه شایستگی جهت اخذ صلاحیت  
زمانی که یک هنرجو شایسته دریافت مدرک صلاحیت حرفه‌ای می‌گردد که در  
تمامی پودمان‌ها گواهینامه شایستگی دریافت کرده باشد. و در پودمان زمانی  
گواهینامه شایستگی دریافت می‌کند که در تمامی کارها، شایستگی انجام کار را با  
توجه به استاندارد عملکرد داشته باشند.

---

۱- ارزیابی‌های هم‌تا که بیشتر در حوزه آموزش هنر تحت عنوان ژوژمان انجام می‌شود از این نوع است. به طور کلی  
در آن دسته از ارزیابی‌هایی که احساس معیار ارزیابی است، برای حفظ روایی به صورت ارزیابی هم‌تا انجام می‌شود.

## روش‌های سنجش و ارزشیابی با توجه به زمان در آموزش‌های فنی و حرفه‌ای

سنجش آغازین: برای ارزیابی ورودی تعیین صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود. سنجش تکوینی: برای اصلاح یادگیری صورت می‌گیرد. سنجش تشخیصی: برای شروع آموزش که معمولاً در محیط آموزش انجام می‌گیرد. سنجش تراکمی: در انتهای تکالیف کاری و پودمان‌ها و سطوح صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌گیرد. سنجش تکمیلی: برای کارآموزی و کارورزی و عملیات میدانی انجام می‌شود. در نظام صلاحیت‌های حرفه‌ای با توجه به نوع حرفه و سطح صلاحیت حرفه‌ای و نوع نظام یادگیری (مادام‌العمر و ...) از روش‌های مختلف زمانی استفاده می‌شود. البته سنجش تراکمی برای اندازه‌گیری سطح شایستگی و تسلط در هر کار و حرفه مورد توجه ویژه‌ای قرار می‌گیرد.

## ابزارهای سنجش شایستگی

- سنجش عملکردی شامل کتبی عملکردی، سنجش شناسایی، شبیه‌سازی شده، نمونه کار، پروژه‌های طولانی مدت، سنجش ۳۶۰ درجه‌ای و ...
- سنجش مشاهده‌ای: شامل سنجش بر اساس فهرست وارسی، مقیاس‌های درجه-بندی، واقع نگاری و ...
- سنجش عاطفی: شامل پرسش‌نامه، تفکیک معنایی، سنجش نگرش با مقیاس لیکرت، مصاحبه
- سنجش تکمیلی: مصاحبه با کارفرما، مشاهده در حین کار، سنجش پیرو و ... این نوع سنجش برای اطمینان از شایستگی موردنظر در محیط کار واقعی استفاده می‌شود (در کارآموزی و کارورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد).
- سنجش همه جانبه (ترکیبی): شامل کارپوشه، ۳۶۰ درجه‌ای و ... این نوع سنجش‌ها برای سنجش کلی حوزه‌های یادگیری استفاده می‌شود.

از آنجا که شما بر مبنای تجارب گذشته، با ابزارهای ارزشیابی اهداف دانشی آشنا هستید، در جدول ۱ برخی از ابزارهای ارزشیابی مؤلفه‌های شایستگی در اهداف مهارتی (شامل تفکر و عمل) و اهداف نگرشی (شامل ایمان و اخلاق) آمده است.

جدول ۱- برخی از ابزارهای ارزشیابی مؤلفه‌های شایستگی  
ابزارهای اندازه‌گیری و سنجش مهارت (تفکر)

مهارت‌های شناختی				بعد دانش و مهارت شناختی
آفریدن	ارزشیابی کردن	تحلیل کردن	به کار بستن	الف: دانش امور واقعی
★ ○ △ ■	■ ○ △ ★	■ ○ △ ★ ×	■ ★ △ ○ +	ب: دانش مفهومی
○ △ ★ ▲ ■ *	▲ * ★ △ ○ ■	○ ⊗ * + ■ ▲ △ ★	■ △ ★ ○ ⊗ ×	ج: دانش روندی
■ △ ★ ○	■ △ ★ ○	■ ○ △ ★	○ ⊗ * ■ + △ ★	د: دانش فراشناختی
● ○ △ ★	△ ★ ○	○ △ ★	★ ○ △	

ابزارهای اندازه‌گیری و سنجش مهارت (عمل)

تقلید	اجرای مستقل	دقت	هماهنگی حرکت	عادی شدن
○ ● ■ ★	★ △ ○ ■ ● ⊙	■ ★ ⊙ ○ △ ●	★ ○ △ ■ ●	○ △ ■ ● ★

ابزارهای اندازه‌گیری و سنجش نگرش (باور و اخلاق حرفه‌ای)

دریافت	واکنش	ارزشگذاری	سازمانبندی	تبلور
○ △ ● ■ ⊗ ★	★ ⊗ △ ○ ● ■	★ ○ △ ● ■ ⊗	○ △ ⊗ ⊗ ● ■ ★	⊗ ⊗ ● ○ △ ■ ★

ابزارهای آزمون و سنجش:

+ آزمون صحیح-غلط × آزمون جور کردنی \* آزمون تشریحی □ آزمون کوتاه-  
پاسخ ⊗ چند گزینه‌ای ★ مشاهده ○ سنجش عملکردی △ کارپوشه ■ روبریک ●  
فهرست و ارسای ▲ نقشه مفهومی ◇ مصاحبه ◆ پرسش شفاهی ⊕ نمونه کار ⊞ پروژه

📖 آزمون ۳۶۰ درجه ↩️ گزارش ✦ پژوهش موردی © محک زنی © ارائه ✓ ایفای نقش ☒ کارگروهی ☼ خودسنجی  
به طور خلاصه انواع سنجش در آموزش بر اساس شایستگی عبارتند از:

### انواع سنجش در آموزش بر اساس شایستگی

#### مشاهده عملکرد

در این نوع سنجش تمرکز ارزیاب بر فرایند انجام کار است که اثبات شایستگی عملکرد بر اساس فرایند و رویه کاری هم نامیده می‌شود.

#### آزمون مهارت

در این نوع سنجش تمرکز ارزیاب بر نمونه کار، نمونه مهارت و یا انجام یک پروژه است. بدیهی است در پروژه‌ها نمونه مهارت‌ها به صورت تکراری و فراوان ممکن است مورد ارزیابی قرار گیرد.

#### شبیه سازها

در این نوع سنجش تمرکز ارزیاب متوجه محصول نهایی و یا مشاهده فرایند انجام کار باشد در برخی از موارد شبیه سازی مستلزم انجام محاسبات و راه‌اندازی نرم‌افزارهای خاص می‌باشد.

#### آزمون کتبی عملکردی

در این نوع سنجش تمرکز ارزیاب بر نتایج محاسبات و عملیات انجام شده است. بیشتر این نوع سنجش در تکالیف کاری دانشی که سطح بالای مهارت‌های شناختی .

شکل ۵- انواع سنجش در آموزش مبتنی بر شایستگی



## محتوای مورد ارزشیابی

ارزشیابی در حرفه باید شایستگی انجام کار براساس استاندارد عملکرد را سنجش نماید. این شایستگی ترکیبی از دانش، مهارت و نگرش می‌باشد. با توجه به استانداردهای حرفه‌ای و شرایط ارائه آموزش‌ها، شایستگی‌های مورد ارزیابی به صورت‌های گوناگون خواهند بود. ارزشیابی ممکن است علاوه بر ارزشیابی مهارت‌ها و شایستگی‌هایی که مستقیماً با حرفه فرد در ارتباط هستند، مهارت‌های دیگری را نیز اندازه‌گیری کند و به آنها مهارت‌های محوری می‌گویند: این مهارت‌ها عبارتند از سواد و حساب، مهارت‌های زندگی شامل مهارت‌های اجتماعی و شهروندی، مهارت‌های عام‌کاری مانند ارتباطات و تصمیم‌سازی و براساس حرفه فرد مهارت‌های مدیریت و کار آفرینی. لذا ارزشیابی به صورت کل نگر می‌باشد به طوری که شایستگی‌های فنی و غیرفنی در تحلیل کارها مورد توجه قرار خواهد گرفت. رویکردها و روش‌های سنجش و ارزیابی محتوی یک فرآیند و سیستم آموزش و تربیت فنی و حرفه‌ای می‌تواند براساس شاخص‌های مختلف دسته‌بندی گردد:

## روش‌های مدیریتی ارزشیابی

دو روش مدیریتی ارزشیابی وجود دارد: آزمون‌های استاندارد شده و بانک‌های اطلاعاتی

### آزمون‌های استاندارد شده

این رویکرد شامل تدوین ارزشیابی‌های شایستگی حرفه‌ای استاندارد شده و سازمان دادن آزمون در موقعیت‌های متمرکز است که یا مستقیماً توسط مراکز ملی سنجش انجام می‌شود و یا این که این مراکز اعتباربخشی آن را به عهده می‌گیرند. این روش معمولاً در کشورهای در حال توسعه انجام می‌شود که با مؤسساتی نظیر UK, City Guilds همکاری کرده‌اند. این مؤسسات به کشورهای در حال توسعه کمک کرده‌اند تا برنامه‌های ارزشیابی مناسب این برنامه‌ها را تدوین کنند و یا اقتباس نمایند. در سال‌های اخیر برخی شرکت‌های فن آوری نظیر میکروسافت و Cisco نیز ابزار ارزشیابی استاندارد شده و برنامه‌های مهارت‌آموزی به کار برده شده در سطح جهان را تولید کرده‌اند. این مؤسسات می‌توانند گواهینامه‌های مربوطه را صادر نمایند.

### بانک‌های اطلاعاتی

در این روش براساس استانداردهای حرفه، بانک اطلاعاتی شامل سؤالات ارزشیابی شایستگی حرفه براساس استاندارد عملکرد تشکیل می‌شود. این بانک اطلاعاتی در اختیار تمام افراد ذی نفع (مانند مؤسسات آموزش و کارفرمایان) قرار می‌گیرد تا بتوانند براساس این بانک اطلاعات، ارزشیابی‌های خود را تدوین کنند. انجام این کار مستلزم وجود کارشناسانی در مرکز ملی سنجش است که استانداردهایی را تدوین

کرده است. این کارشناسان به ارائه دهندگان آموزشی، آموزش می‌دهند که چگونه از این اطلاعات در ارزشیابی‌های خود استفاده کنند. انجام این کار در کشورهای در حال توسعه بسیار مشکل است مخصوصاً اگر آزمون‌ها بخواهد دارای روایی و پایایی باشند. این روش نسبت به آزمون‌های استاندارد به اقدامات امنیتی و کارکنان تخصصی کمتری احتیاج دارد. سؤالات این بانک را می‌توان مستقیماً به تمام فعالیت‌ها در هر حرفه مرتبط کرد و تدوین و اجرای این آزمون‌ها محتاج کارهای اداری عریض و طویل نیست. این آزمون‌ها دارای انعطاف بیشتری هستند زیرا در صورت تغییر استانداردهای یک حرفه می‌توان اطلاعات مربوط در بانک را تغییر داد، در صورت اجرای این روش باید افراد به صورت متمرکز ثبت نام شوند و گواهینامه‌های آنها صادر گردد تا بتوان تغییر محل افراد به سهولت صورت گیرد و یادگیری مادام‌العمر نیز میسر شود.

## مقیاس بندی و نمره دهی شایستگی

ارزشیابی پیشرفت تحصیلی در نظام جدید آموزشی دوره دوم متوسطه مبتنی بر شایستگی است. هدف نهایی ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، یادگیری و کسب توانایی انجام کار در شغل و حرفه است. مقیاس‌های گوناگونی برای ارزشیابی شایستگی حرفه‌ای وجود دارد که در جدول ذیل مشاهده می‌شود.

مقیاس بندی رتبه‌ای - ارزشیابی شایستگی حرفه

ردیف	مقیاس بندی شایستگی جزء	محدوده انتظارات - مقیاس بندی شایستگی جزء	مقیاس بندی شایستگی (کار)	مقیاس بندی شایستگی (گروه کاری)
۱	بلی - خیر	عدم شایستگی: کسب نکردن حداقل ۷۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز شایسته: کسب حداقل ۷۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز	نیازمند آموزش: نداشتن معیارهای مربوط به شایستگی کار شایسته: داشتن معیارهای مربوط به شایستگی کار	نیازمند آموزش: نداشتن معیارهای مربوط به شایستگی کار شایسته: داشتن معیارهای مربوط به شایستگی کار
۲	مقیاس‌های ۱، ۲، ۳	سطح مقیاس ۱: کسب نکردن حداقل ۶۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۲: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۳: کسب کردن حداقل ۸۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز	نیازمند آموزش: کسب نکردن حداقل ۶۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز شایسته: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز شایستگی کامل: کسب کردن حداقل ۸۵ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز	نیازمند آموزش: کسب نکردن حداقل ۶۰ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایسته: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایستگی کامل: کسب کردن حداقل ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز
۳	مقیاس‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵	سطح مقیاس ۱: کسب نکردن حداقل ۴۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۲: کسب حداقل ۴۰ درصد و حداکثر ۶۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۳: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۴: کسب حداقل ۸۰ درصد و حداکثر ۹۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۵: کسب کردن حداقل ۹۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز	کاملاً نیازمند آموزش: کسب نکردن حداقل ۴۰ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز نیازمند آموزش: کسب حداقل ۴۰ درصد و حداکثر ۶۰ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایسته: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایستگی کامل: کسب کردن حداقل ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز	کاملاً نیازمند آموزش: کسب نکردن حداقل ۴۰ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز نیازمند آموزش: کسب حداقل ۴۰ درصد و حداکثر ۶۰ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایسته: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایستگی کامل: کسب کردن حداقل ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز

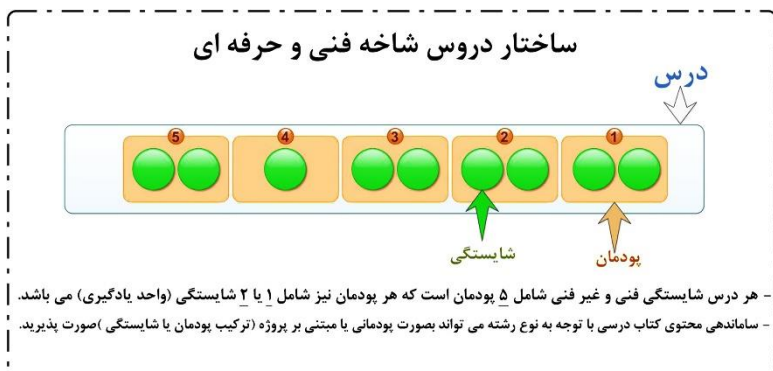
ردیف	مقیاس بندی شایستگی جزء	محدوده انتظارات - مقیاس بندی شایستگی جزء	مقیاس بندی شایستگی (کار)	مقیاس بندی شایستگی (گروه کاری)
۴	مقیاس‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵	سطح مقیاس ۱: کسب نکردن حداقل ۶۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۲: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۳: کسب کسب حداقل ۸۰ درصد و حداکثر ۸۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۴: کسب حداقل ۹۰ درصد و حداکثر ۹۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۵: کسب کردن حداقل ۶۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی بالاتر از سطح مورد نیاز	کاملاً نیاز مند آموزش: کسب نکردن حداقل ۴۰ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز نیازمند آموزش: کسب حداقل ۴۰ درصد و حداکثر ۶۰ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایسته: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایستگی کامل: کسب کردن حداقل ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز	کاملاً نیاز مند آموزش: کسب نکردن حداقل ۴۰ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز نیازمند آموزش: کسب حداقل ۴۰ درصد و حداکثر ۶۰ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایسته: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایستگی کامل: کسب کردن حداقل ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز
۵	مقیاس‌های ۱، ۲، ۳ و ۴	سطح مقیاس ۱: کسب نکردن حداقل ۶۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۲: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۳: کسب کسب حداقل ۸۰ درصد و حداکثر ۹۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز سطح مقیاس ۴: کسب حداقل ۹۰ درصد انتظارات در سطح شایستگی مورد نیاز	کاملاً نیازمند آموزش: کسب نکردن حداقل ۴۰ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز نیازمند آموزش: کسب حداقل ۴۰ درصد و حداکثر ۶۰ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایسته: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایستگی کامل: کسب کردن حداقل ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز	کاملاً نیازمند آموزش: کسب نکردن حداقل ۴۰ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز نیازمند آموزش: کسب حداقل ۴۰ درصد و حداکثر ۶۰ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایسته: کسب حداقل ۶۰ درصد و حداکثر ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز شایستگی کامل: کسب کردن حداقل ۸۵ درصد انتظارات در سطوح شایستگی مورد نیاز

## نحوه ارزشیابی دروس شایستگی‌های پایه فنی، فنی و غیر فنی

- مواد درسی که ارزشیابی آنها مبتنی بر شایستگی است عبارتند از:

- ۱- شایستگی‌های غیر فنی شامل الزامات محیط کار در پایه دهم کارگاه نوآوری و کار آفرینی، کاربرد فناوری‌های نوین، مدیریت تولید در پایه یازدهم و اخلاق حرفه‌ای در پایه دوازدهم (شاخه فنی و حرفه‌ای و کاردانش)
- ۲- درس مشترک گروه در پایه دهم شامل: نقشه کشی فنی رایانه‌ای، عناصر و زبان بصری، آب، خاک و گیاه، ارتباط مؤثر. (شاخه فنی و حرفه‌ای)
- ۳- کارگاه‌های ۸ ساعته (شاخه فنی و حرفه‌ای) پایه‌های دهم، یازدهم و دوازدهم
- ۴- دروس شایستگی‌های پایه شامل: ریاضی، فیزیک، زیست و شیمی
- ۵- دروس دانش فنی پایه و دانش فنی تخصصی

- هر یک از مواد درسی موضوع ماده یک شامل پنج پودمان (فصل) می‌باشد که باید برای هر یک از آنها توسط هنرآموز مربوط ارزشیابی مستقل از هنرجو صورت گیرد و در نتیجه یک نمره مستقل از ۲۰ نمره برای هر یک پودمان‌ها ثبت می‌گردد.



- نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد و فقط یک نمره بر اساس ۰ تا ۲۰ ثبت می‌گردد.

بخش اول شامل ارزشیابی پایانی هر پودمان: نمره ارزشیابی از کسب شایستگی از پودمان مورد نظر که با سه نمره ۱، ۲، ۳ (=۱) عدم احراز شایستگی؛ ۲= احراز شایستگی ۳= احراز شایستگی بالاتر از انتظار) مشخص می‌گردد و نتیجه آن با ضریب ۵ منظور می‌گردد (شکل ۶).

بخش دوم ارزشیابی مستمر: نمره مستمر که بر اساس انجام فعالیت‌های کلاسی و کارگاهی، نظم، مشارکت در فعالیت‌های آموزشی و تربیتی خودارزیابی، ابتکار در تکالیف عملکردی درسی و ... از ۰ تا ۵ نمره اختصاص پیدا خواهد کرد. شرط قبولی در هر پودمان کسب نمره حداقل ۱۲ می‌باشد.

- با توجه به اینکه خودآگاهی، خودارزیابی و تصمیم‌گیری از سوی هنرجویان، چگونگی جبران و رفع کاستی‌ها از اصول ارزشیابی پیشرفت تحصیلی و تربیتی است، توصیه می‌گردد هنرآموزان ۲ نمره از ۱/۵ نمره مستمر را به خودارزیابی توسط هنرجویان اختصاص دهند. همچنین خودارزیابی‌ها، بایستی بر اساس ارزشیابی‌ها مندرج در کتاب‌های درسی و موارد مطرح شده در کتاب راهنمای هنرآموز انجام پذیرد.

رشته تحصیلی: نام و نام خانوادگی:	درس: کد دانش آموزی:
-------------------------------------	------------------------

پودمان ۱:			تعداد واحد یادگیری: ۱		
تعداد مراحل: ۶			تعداد واحد یادگیری: ۲		
مرحله کار	حدافل نمره	نمره	مرحله کار	حدافل نمره	نمره
۱	۲	۱	۱	۲	۱
۲	۱	۲	۲	۱	۲
۳	۱	۳	۳	۱	۳
۴	۱	۴	۴	۱	۴
۵	۲	۵	۵	۲	۵
۶	۱	۶	۶	۱	۶
ایمنی بهداشت/شایستگی غیر فنی/توجهات زیست محیطی	۲		ایمنی بهداشت/شایستگی غیر فنی/توجهات زیست محیطی	۲	
میانگین مراحل	۲	۰	میانگین مراحل	۲	۰
نمره شایستگی ۳		۰	نمره شایستگی از ۳		۰
نمره مستمر (از ۵)			نمره مستمر (از ۵)		
نمره نهایی کار از ۲۰		۰.۰	نمره واحد یادگیری از ۲۰		۰.۰

زمانی هنرجو شایستگی را کسب می نماید که ۲ نمره از ۳ نمره واحد یادگیری را اخذ نماید. شرط قبولی هر پودمان حداقل ۱۲ است. نمره کلی درس (میانگین نمرات پودمان ها) زمانی لحاظ می شود که هنرجو در کلیه کارها شایستگی را کسب نماید.

شکل ۶ - ساختار نمره یک پودمان که از دو واحد یادگیری تشکیل شده است.

نمرات احتمالی که برای هر پودمان ثبت می شود در شکل زیر نشان داده شده است:

نمرات احتمالی در ثبت نمره واحد یادگیری											
نتیجه	نمره قابل ثبت	نمره مستمر	نمره شایستگی	نتیجه	نمره قابل ثبت	نمره مستمر	نمره شایستگی	نتیجه	نمره قابل ثبت	نمره مستمر	نمره شایستگی
شایسته (قبول)	۱۵	۰	۳	غیر شایسته	۱۰	۰	۲	غیر شایسته	۵	۰	۱
شایسته (قبول)	۱۵.۵	۰.۵	۳	غیر شایسته	۱۰.۵	۰.۵	۲	غیر شایسته	۵.۵	۰.۵	۱
شایسته (قبول)	۱۶	۱	۳	غیر شایسته	۱۱	۱	۲	غیر شایسته	۶	۱	۱
شایسته (قبول)	۱۶.۵	۱.۵	۳	غیر شایسته	۱۱.۵	۱.۵	۲	غیر شایسته	۶.۵	۱.۵	۱
شایسته (قبول)	۱۷	۲	۳	شایسته (قبول)	۱۲	۲	۲	غیر شایسته	۷	۲	۱
شایسته (قبول)	۱۷.۵	۲.۵	۳	شایسته (قبول)	۱۲.۵	۲.۵	۲	غیر شایسته	۷.۵	۲.۵	۱
شایسته (قبول)	۱۸	۳	۳	شایسته (قبول)	۱۳	۳	۲	غیر شایسته	۸	۳	۱
شایسته (قبول)	۱۸.۵	۳.۵	۳	شایسته (قبول)	۱۳.۵	۳.۵	۲	غیر شایسته	۸.۵	۳.۵	۱
شایسته (قبول)	۱۹	۴	۳	شایسته (قبول)	۱۴	۴	۲	غیر شایسته	۹	۴	۱
شایسته (قبول)	۱۹.۵	۴.۵	۳	شایسته (قبول)	۱۴.۵	۴.۵	۲	غیر شایسته	۹.۵	۴.۵	۱
شایسته (قبول)	۲۰	۵	۳	شایسته (قبول)	۱۵	۵	۲	غیر شایسته	۱۰	۵	۱

در صورت غیبت نمره شایستگی = است.

شکل ۷- نمرات احتمالی ثبت شده برای هر پودمان



- هر پودمان شامل یک تا سه واحد یادگیری (واحد شایستگی) است و ارزشیابی پیشرفت تحصیلی از واحدهای شایستگی مطابق با شیوه مندرج در کتاب‌های درسی صورت خواهد کرد و نتیجه آن در دفاتر ثبت نمره کلاسی در مدرسه ثبت خواهد شد و بر اساس نتیجه حاصل از ارزشیابی واحدهای شایستگی نمره پودمان به دست خواهد آمد.
- به منظور استقرار نظام ارزشیابی پیشرفت تحصیلی استاندارد در کشور، استانداردهای ارزشیابی پیشرفت تحصیلی با رویکرد شایستگی را برای هر یک از دروس در شاخه‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش تهیه شده است.



شکل ۸- کتاب استانداردهای ارزشیابی پیشرفت تحصیلی مبتنی بر شایستگی برای کلیه رشته‌های تحصیلی

در شکل ۹ نمونه‌هایی از نمره‌دهی بر اساس استانداردهای ارزشیابی مبتنی بر شایستگی برای پودمان‌های مختلف رشته‌های گروه بزرگ حرفه‌ای صنعت، خدمات، کشاورزی و هنر نشان داده شده است.

نام فصل/پودمان ۱- برش کاری با قیچی					
واحد یادگیری ۱: برش کاری با قیچی دستی			واحد یادگیری ۲- برش کاری با قیچی اهرمی		
ردیف	مراحل کاری	کد	ردیف	مراحل کاری	کد
حدافل نمره قبولی	نمره	حدافل نمره	نمره	حدافل نمره	نمره
۱	آماده سازی	۲	۱	آماده سازی	۲
۲	برش کاری	۲	۲	برش کاری	۲
۳	کنترل نهایی	۲	۳	کنترل نهایی	۲
	ایمنی، بهداشت، شایستگی غیرفنی و توجهات زیست محیطی*	۲		ایمنی، بهداشت، شایستگی غیرفنی و توجهات زیست محیطی*	۲
	میانگین مراحل			میانگین مراحل	
	نمره شایستگی واحد یادگیری از ۳			نمره شایستگی واحد یادگیری از ۳	
	نمره مستمر از ۵			نمره مستمر از ۵	
	نمره واحد یادگیری از ۲۰			نمره واحد یادگیری از ۲۰	
	نمره پودمان از ۲۰			نمره پودمان از ۲۰	

### الف

نام فصل/پودمان ۱- برش کاری با قیچی					
واحد یادگیری ۱: برش کاری با قیچی دستی			واحد یادگیری ۲- برش کاری با قیچی اهرمی		
ردیف	مراحل کاری	کد	ردیف	مراحل کاری	کد
حدافل نمره قبولی	نمره	حدافل نمره	نمره	حدافل نمره	نمره
۱	آماده سازی	۲	۱	آماده سازی	۲
۲	برش کاری	۲	۲	برش کاری	۲
۳	کنترل نهایی	۲	۳	کنترل نهایی	۲
	ایمنی، بهداشت، شایستگی غیرفنی و توجهات زیست محیطی*	۲		ایمنی، بهداشت، شایستگی غیرفنی و توجهات زیست محیطی*	۲
	میانگین مراحل			میانگین مراحل	
	نمره شایستگی واحد یادگیری از ۳			نمره شایستگی واحد یادگیری از ۳	
	نمره مستمر از ۵			نمره مستمر از ۵	
	نمره واحد یادگیری از ۲۰			نمره واحد یادگیری از ۲۰	
	نمره پودمان از ۲۰			نمره پودمان از ۲۰	

### ب

نام فصل/بودمان ۳- عکاسی پرسنلی									
واحد یادگیری ۵: عکاسی پرسنلی		کد		واحد یادگیری ۶: عکاسی پرسنلی		کد		واحد یادگیری ۷: عکاسی پرسنلی	
ردیف	مراحل کاری	حداقل نمره	ردیف	مراحل کاری	حداقل نمره	ردیف	مراحل کاری	حداقل نمره	ردیف
۱	آماده کردن مدل برای عکاسی	۱	۱	انتخاب عکس	۱	۱	انتخاب عکس	۱	۱
۲	نورپردازی	۲	۲	ویرایش نور رابانه و بازسازی	۲	۲	ویرایش نور رابانه و بازسازی	۲	۲
۳	تهیه عکس یا عکس برداری	۳	۳	گرفتن خروجی	۳	۳	گرفتن خروجی	۳	۳
۴	ویرایش و گرفتن خروجی نهایی	۴	۴	ایمنی، بهداشت، شایستگی غیرفنی و توجهات زیست محیطی	۴	۴	ایمنی، بهداشت، شایستگی غیرفنی و توجهات زیست محیطی	۴	۴
	میانگین مراحل			میانگین مراحل			میانگین مراحل		
	نمره شایستگی واحد یادگیری از ۳			نمره شایستگی واحد یادگیری از ۳			نمره شایستگی واحد یادگیری از ۳		
	نمره مستمر از ۵			نمره مستمر از ۵			نمره مستمر از ۵		
	نمره واحد یادگیری از ۲۰			نمره واحد یادگیری از ۲۰			نمره واحد یادگیری از ۲۰		
	نمره بودمان از ۲۰			نمره بودمان از ۲۰			نمره بودمان از ۲۰		

پ

نام بودمان ۲: حسابداری پرداخت ها			
واحد یادگیری ۲: ثبت پرداخت وجه نقد/ اسناد پرداختی			
کد:			
ردیف	مراحل کاری	حداقل نمره قبولی	نمره
۱	کنترل اسناد مثبت در یافت وجه نقد/ اسناد پرداختی	۱	
۲	پرداخت وجه نقد/ اسناد پرداختی	۲	
۳	صدور سند پرداخت وجه نقد/ اسناد پرداختی	۱	
	ایمنی، بهداشت، شایستگی غیرفنی و توجهات زیست محیطی	۲	
	میانگین مراحل		
	نمره شایستگی واحد یادگیری از ۳		
	نمره مستمر از ۵		
	نمره واحد یادگیری از ۲۰		
	نمره بودمان از ۲۰		

ت

شکل ۹- نمونه‌هایی از نمره‌دهی ارزشیابی مبتنی بر شایستگی در رشته‌های مختلف

- زمانی هنرجو در دروس مبتنی بر شایستگی، قبول اعلام می‌گردد که در هر ۵ پودمان درس نمره بالای ۱۲ کسب کند. در این صورت میانگین ۵ نمره پودمان به عنوان نمره کلی درس در کارنامه تحصیلی هنرجو منظور خواهد شد. در صورتی که فرد در یک یا چند پودمان حداقل نمره ۱۲ را کسب نکند در آن ماده درسی قبولی را بدست نمی‌آورد و نمره ۱۰ در سیستم برای او منظور خواهد شد. ارزشیابی مجدد صرفاً در پودمان یا پودمان‌هایی که حداقل نمره مورد نظر در آن کسب نشده است صورت خواهد پذیرفت و در تمام طول سال تحصیلی حداقل برای یک بار امکان پذیر خواهد بود.
- خلاصه نمرات کسب شده در پودمان‌ها رشته‌های تحصیلی در یک کاربرگ تحت عنوان گواهی شایستگی‌های حرفه‌ای تنظیم و همراه با مدارک تحصیلی دیگر به هنرجو تحویل داده خواهد شد.
- هنرجویان می‌توانند در ارزشیابی فرآیند مدار و نتیجه مدار، کتاب همراه هنرجو را در زمان اجرای ارزشیابی با خود به همراه داشته باشند. این کتاب با هدف کاهش اضطراب در دانش آموزان و تحقق اهداف آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی طراحی گردیده است. در طول دوران تحصیل هنرجویان تنها یک کتاب همراه خواهند داشت و برای کلیه دروس مبتنی بر شایستگی کاربرد دارد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ - اهداف و ویژگی های کتاب همراه هنرجو

- ارنست لودویگ، ۲۰۰۱، "طراحی فرآیندهای کاربردی"، جلد سوم، ویرایش سوم
- استنلی والاس، ۲۰۱۲، "تجهیزات فرآیندهای شیمیایی"، ویرایش سوم
- "استاندارد مهندسی برای طراحی فرآیندی و انتقال مایع و گاز و ذخیره سازی"، استانداردهای نفت ایران شماره IPS-E-PR-360، ویرایش اول، اسفند ۱۳۸۷
- اصول و ساختمان توربین‌های گازی، شرکت ره آوران فنون پتروشیمی
- اکتاو لوناشپیل، ترجمه: آقای دکتر سهرابی، طراحی رآکتورهای شیمیایی، انتشارات دانشگاه امیر کبیر
- باغمیشه، غلامرضا، سیدعلی اکبر، نخلی، ۱۳۸۹، طراحی راکتور کارشناسی ارشد مجموعه مهندسی شیمی، چاپ اول انتشارات مهر سبحان
- بهمنیار، حسین (۱۳۹۴). انتقال جرم، تهران، جهد دانشگاهی دانشگاه تهران .
- "تجهیزات فرآیندهای شیمیایی"، استنلی والاس، ویرایش سوم، ۲۰۱۲
- توفیقی سید پندار، صدرایی نوری ساسان، ۱۳۹۴، عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی
- توفیقی سید پندار، صدرایی نوری ساسان، ۱۳۹۴، کارگاه عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی
- چالکش امیری، محمد (۱۳۸۶). اصول انتقال جرم، تهران، انتشارات ارکان .
- خراط ریاض، محبی علی، فضائلی پور محمدحسن، ۱۳۸۸، "اصول موازنه مواد و انرژی در مهندسی شیمی و نفت"، چاپ اول انتشارات دانشگاه شهید باهنر
- رازی فر مهدی، ۱۳۹۴، طراحی تجهیزات فرآیندی، انتشارات اندیشه سرا
- رازی فر مهدی، ۱۳۹۱ "طراحی تجهیزات فرآیندی"
- رابرت تریبال (۱۹۸۱). عملیات واحد، ترجمه: پریسا زینی (۱۳۹۳)، تهران: نهر دانش
- رابرت مادوکس، آنتونی هانیز (۱۹۸۴). اصول و کاربرد انتقال جرم، ترجمه: جلال الدین هاشمی و محمد علی آرون (۱۳۸۵). تهران: انتشارات آینده سازان
- دیوید هیمل بلاو، مرتضی سهرابی، ۱۳۹۲، اصول بنیانی و مبانی محاسبات در مهندسی شیمی، چاپ ۲۲، انتشارات دانشگاه امیر کبیر

- سمیع پور، محمد (۱۳۸۹). انتقال جرم و عملیات واحد، تهران، انتشارات پوران پژوهش
- سیف محدثی، سید رضا، محمود سلیمی، ۱۳۹۴، مهندسی واکنش‌ها و اصول اولیه طراحی رآکتورهای شیمیایی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی اراک، چاپ اول، زمستان
- صدیقی، سپهر (دی ۱۳۸۰). نصب، راه اندازی و بررسی عملکرد برج استخراج ضربانی با سینی‌های غربالی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف: دانشکده مهندسی شیمی
- فرانک اینکروپرا، ۲۰۱۱، "اصول انتقال حرارت و انتقال جرم"، ویرایش هفتم
- کاویانی احمد، مبانی کمپرسورها، شرکت ره آوران فنون پتروشیمی،
- کنشلو، طیبه و همکاران، ۱۳۹۲، سند استاندارد شایستگی حرفه صنایع شیمیایی ناشر سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی دفتر برنامه ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- کنشلو، طیبه و همکاران، ۱۳۹۳، سند استاندارد ارزشیابی صنایع شیمیایی ناشر سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی دفتر برنامه ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- کنشلو، طیبه و همکاران، ۱۳۹۴، سند راهنمای برنامه درسی رشته صنایع شیمیایی ناشر سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی دفتر برنامه ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- کنشلو، طیبه و همکاران، ۱۳۹۴، سند راهنمای برنامه درسی درس عملیات دستگاه‌ها در صنایع شیمیایی دفتر برنامه ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- مجتهدی علی، باقری مهدی، ۱۳۸۷، مبانی مهندسی واکنش‌های شیمیایی و طراحی رآکتورها، چاپ اول، انتشارات جنگل
- مک کیب، اسمیت- هرپوت (۱۹۵۶). عملیات واحد مهندسی شیمی. ترجمه: بهرام پوستی (۱۳۹۰)، تهران: نشر کتاب دانشگاهی .
- نصرزادانی مهدی پمپ‌ها، انواع، اصول کار، بهره برداری، تعمیرات و عیب یابی، اداره آموزش پالایشگاه نفت اصفهان

- Cunha, Burke A; Burillo, Almudena; Bouza, Emilio (2015). "Legionnaires' disease". The Lancet. doi:10. 1016/S0140-6736(15)60078-2. ISSN 0140-6736.
- -Ludwig, -Applied process design for chemical and petrochemical plants, Volume 1, third edition
- Harry silla, 2003, Chemical Process engineering design and economics
- -"Improve Selection and Sizing of Storage Tanks", A. Heydari Gorji, H. Kalat Jari, Sazeh Consultant, Hydrocarbon Processing, 2006
- -Cabe, W. , Smith, J. C. , & Harriott, P. (2004), Unit Operations of Chemical Engineering, 7th ed. , Mc GrawHill Chemical Engineering Series.
- -Treybal, R. E. (1990), Mass Transfer Operations, 3rd ed. , Mc Graw Hill Chemical Engineering Series.
- -Zulkarnain, M. I. , Liquid-Liquid Extraction (LLE), Bioseparation Engineering Course, ERT 313, portal. unimap.edu. my