

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# راهنمای هنرآموز

کنترل فرایندهای شیمیایی

رشته صنایع شیمیایی

گروه مواد و فراوری

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه یازدهم دوره دوم متوسطه



وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



راهنمای هنرآموز کنترل فرایندهای شیمیایی - ۲۱۱۹۱۵

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

طیبه کنشلو، اعظم صفاری، سیدرضا سیف محدثی، رابعه شیخ‌زاده، اعظم یوسفی،

قاسم حاجی قاسمی (اعضای شورای برنامه‌ریزی)

سیدرضا سیف محدثی، محسن کدیور، حسین برنجانیان، زهرا طاهری، طیبه کنشلو،

علی پیرزاده (اعضای گروه تألیف)

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

جواد صفری (مدیر هنری) - رضوان جهانی فریمانی (صفحه‌آرا)

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)

تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌گاه: [www.irtextbook.ir](http://www.irtextbook.ir) و [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج -

خیابان ۶۱ (داروپخش) تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰ / صندوق پستی:

۱۳۹-۳۷۵۱۵

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ اول ۱۳۹۶

نام کتاب:

پدیدآورنده:

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:

شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

ناشر:

چاپخانه:

سال انتشار و نوبت چاپ:

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم 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.  
امام خمینی (قدّس سرّه الشّریف)

۱.....	راهبردهای یاددهی - یادگیری
۹.....	پودمان اول: نقشه خوانی در صنایع شیمیایی
۴۳.....	پودمان دوم: اندازه گیری، ثبت و کنترل دما
۶۷.....	پودمان سوم: اندازه گیری، ثبت و کنترل فشار
۸۷.....	پودمان چهارم: اندازه گیری، ثبت و کنترل شدت جریان
۱۰۱.....	پودمان پنجم: اندازه گیری، ثبت و کنترل ارتفاع سطح
۱۱۳.....	منابع

کتاب درسی و کتاب همراه هنرجو به همراه کتاب راهنمای هنرآموز از جمله اجزای بسته آموزشی تلقی می‌شوند که این بسته را سایر اجزا مانند فیلم و نرم‌افزار و... کامل می‌کند. کتاب راهنمای هنرآموز جهت ایفای نقش تسهیل‌گری، انتقال‌دهنده و مرجعیت هنرآموز در نظام آموزشی طراحی و تدوین شده است. این کتاب براساس کتاب درسی کنترل فرایندهای شیمیایی پایه یازدهم رشته تحصیلی - حرفه‌ای صنایع شیمیایی تنظیم شده و دارای پودمان‌های نقشه‌خوانی در صنایع شیمیایی - اندازه‌گیری، ثبت و کنترل دما - اندازه‌گیری، ثبت و کنترل فشار - اندازه‌گیری، ثبت و کنترل شدت جریان - اندازه‌گیری، ثبت و کنترل ارتفاع سطح است. هنرآموزان گرامی در هنگام مطالعه این کتاب به موارد ذیل توجه فرمایند:

۱- در کتاب راهنمای هنرآموز مواردی از قبیل نمونه طرح درس، راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها، ایمنی و بهداشت فردی و محیطی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، اشتباهات و مشکلات رایج در یادگیری هنرجویان، منابع یادگیری، نکات مهم هنرآموزان در اجراء فرآیند اجرا و آموزش در محیط یادگیری، بودجه‌بندی زمانی و دیگر موارد آورده شده است.

۲- ارزشیابی در درس کنترل فرایندهای شیمیایی بر اساس ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است، این درس شامل ۵ پودمان است و برای هر پودمان، ارزشیابی مستقل از هنرجو صورت می‌گیرد. همچنین یک نمره مستقل برای هر پودمان ثبت خواهد شد. این نمره شامل یک نمره مستمر و یک نمره شایستگی است.

۳- ارزشیابی از پودمان‌های این درس مطابق با جداول استانداردهای ارزشیابی پیشرفت تحصیلی تهیه شده توسط دفتر تألیف کتاب‌های درسی و حرفه‌ای و کاردانش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی صورت می‌گیرد.

۴- زمانی هنرجو در این درس، قبول اعلام می‌گردد که در هر پنج پودمان درس، حداقل نمره ۱۲ را کسب نماید. در این صورت میانگین نمره‌های پنج پودمان به عنوان نمره پایانی درس در کارنامه تحصیلی هنرجو منظور خواهد شد.

۵- ارزشیابی مجدد در پودمان یا پودمان‌هایی که حداقل نمره مورد نظر در آن کسب نشده است با برنامه‌ریزی هر هنرستان، انجام می‌شود و چنانچه هنرجو به هر دلیلی تا پایان خرداد ماه شایستگی لازم را در یک یا چند پودمان کسب ننماید، می‌تواند تا پایان سال تحصیلی برای ارزشیابی مجدد در ارزشیابی مبتنی بر شایستگی شرکت نماید.

**دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

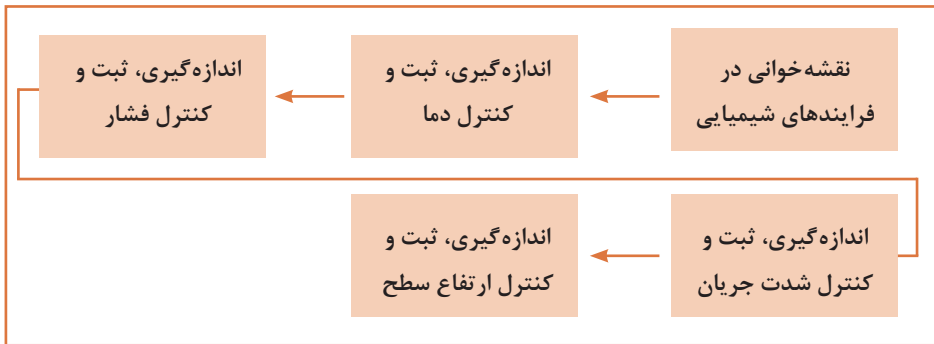


# راهنمای یاددهی - یادگیری

## سازمان دهی محتوی - درس کنترل فرایندهای شیمیایی

درس کنترل فرایندهای شیمیایی در قالب پودمان های مستقل و تکالیف کاری مستقل تعریف می شود که عبارت اند از: نقشه خوانی در صنایع شیمیایی - اندازه گیری، ثبت و کنترل دما - اندازه گیری، ثبت و کنترل فشار - اندازه گیری، ثبت و کنترل شدت جریان - اندازه گیری، ثبت و کنترل ارتفاع سطح

## مسیر یادگیری درس کنترل فرایندهای شیمیایی



## 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 شده، روش تدریس به دستورالعمل مربوطه ارجاع داده شود و از تکرار موارد جلوگیری به عمل آید.

دستورالعمل‌های مربوطه عبارت‌اند 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 مجدداً 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 را 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، مجدداً انجام داده و نتیجه را به هنرآموز ارائه دهند، به طوری که 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 سؤالات 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.

## نحوه ارزشیابی هنرجویان

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

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

یادگیری

نحوه ارزشیابی درس «کنترل فرایندهای شیمیایی» ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شیوه ارزشیابی هر پودمان در پایان آن پودمان 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.
- به شایستگی‌های غیرفنی نظیر: مدیریت زمان، مدیریت مواد و تجهیزات، کار گروهی، مسئولیت‌پذیری و... 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.

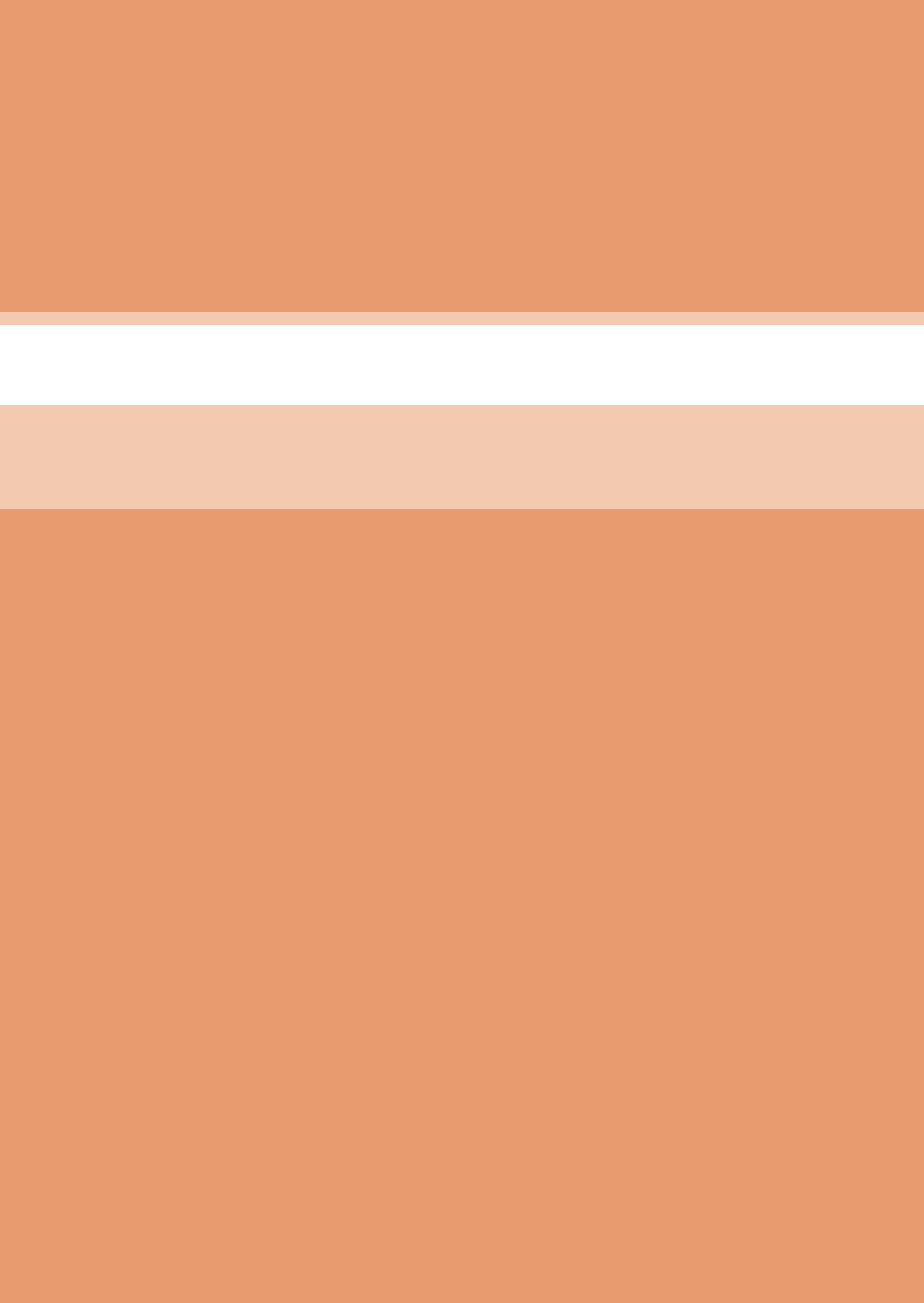
## ارزشیابی شایستگی.....

شرح کار:			
استاندارد عملکرد:			
شاخص‌ها:			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:			
شرایط:			
ابزار و تجهیزات:			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
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.

## بودجه بندی زمانی و مکانی درس کنترل فرایندهای شیمیایی

مکان	نحوه ارائه	زمان		محتوای قابل ارائه	پودمان	ردیف
		عملی	نظری			
✓ کلاس ✓ کارگاه	کتاب درسی تصویر - پوستر فیلم	۹	۶	تشخیص نقشه‌های فرآیندی	نقشه خوانی در صنایع شیمیایی	اول
		۱۲	۸	به کارگیری نمودار جعبه‌ای فرآیند (BFD)		
		۳	۲	به کارگیری نمودار جریان‌های فرآیند (PFD)		
		۱۲	۸	رسم نقشه‌های فرآیندی به کمک نرم افزار		
✓ کلاس ✓ کارگاه	کتاب درسی تصویر - پوستر فیلم	۱۲	۸	به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دما	اندازه‌گیری، ثبت و کنترل دما	دوم
		۱۲	۸	انجام روش‌های اندازه‌گیری دما		
		۶	۴	کالیبراسیون دماسنج		
		۶	۴	کنترل دما		
✓ کلاس ✓ کارگاه	کتاب درسی تصویر - پوستر فیلم	۱۸	۱۲	به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری فشار	اندازه‌گیری، ثبت و کنترل فشار	سوم
		۱۲	۸	انجام روش‌های اندازه‌گیری فشار		
		۶	۴	کنترل فشار		
✓ کلاس ✓ کارگاه	کتاب درسی تصویر - پوستر فیلم	۱۲	۸	به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دبی	اندازه‌گیری، ثبت و کنترل شدت جریان	چهارم
		۱۲	۸	اندازه‌گیری دبی جریان مایعات		
		۶	۴	اندازه‌گیری دبی جریان گازها		
		۶	۴	کنترل دبی جریان		
✓ کلاس ✓ کارگاه	کتاب درسی تصویر - پوستر فیلم	۹	۶	به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری ارتفاع سطح سیال	اندازه‌گیری، ثبت و کنترل ارتفاع سطح	پنجم
		۱۸	۱۲	اندازه‌گیری ارتفاع سطح سیال		
		۹	۶	کنترل ارتفاع سطح یک مخزن		



**پودمان اول**

**نقشه خوانی در صنایع شیمیایی**

در این پودمان هنرجویان با مراحل طراحی فرایندهای شیمیایی، انواع نمودارهای فرایندی و شیوه ترسیم آنها آشنا می‌شوند. آموزش این پودمان به صورت تدریس تئوری و عملی پیش‌بینی شده است. در ابتدا مطالب تئوری مربوط به انواع نمودارهای جعبه‌ای جریان (BFD)، جریان فرایندی (PFD)، لوله‌کشی و ابزار دقیق (P&ID) و جانمایی تجهیزات و همچنین معرفی و آموزش نرم‌افزار ویزو ارائه شده است. سپس به فراخور امکانات و تجهیزات موجود در هنرستان‌ها، فعالیت‌های عملی ساده و قابل اجرا برای ترسیم انواع نمودارها آورده شده است. همچنین در این پودمان استفاده هم‌زمان از فیلم‌های آموزشی با مطالب درسی پیش‌بینی گردیده است.

اغلب فعالیت‌های این پودمان به صورت گروهی در نظر گرفته شده است. بنابراین لازم است که هنرآموزان گرامی با تقسیم‌بندی هنرجویان کلاس به گروه‌های مختلف ۳ تا ۴ نفره و با نظارت و هدایت دقیق گروه‌های هنرجویان به طور مستقیم در فرایند یاددهی و یادگیری مشارکت مؤثر داشته باشند. همچنین هنرآموزان گرامی توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش‌بینی شده به شایستگی‌های غیرفنی این واحد یادگیری مانند اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به موقع، انجام وظایف و کارهای محوله، پیروی از قوانین کارگاهی، و...)، کار گروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام کارها و وظایف محوله و...) و مستندسازی (گزارش‌نویسی فعالیت‌های کارگاهی و...) توجه ویژه داشته باشند.

## مرحله ۱: به‌کارگیری نمودار جعبه‌ای فرایند

**فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته ۱:** معرفی کلی نقشه‌های فرایندی و نام انواع آن

**راهنمایی:** ابتدا اهمیت نقشه‌خوانی در صنعت بیان شده، سپس انواع نقشه‌های فرایندی بیان شود.

**فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته ۲:** شرح مشخصات نمودار جعبه‌ای با کمک مثال



**راهنمایی:** با توجه به شکل ۳ نمودار جعبه‌ای یک پالایشگاه به طور کلی برای هنرجویان شرح داده شود.

**فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته ۳:** شرح یک نمونه فرایند با استفاده از نمودار

**راهنمایی:** با توجه به شکل شماره ۵ نمودار جعبه‌ای فرایند تبدیل کاتالیزگری را همراه با مقادیر جریان‌های فرآیندی شرح داده و موازنه جرم ساده را برای آن انجام دهد.

**فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته ۴:** یادآوری موازنه کلی جرم با ذکر مثال **راهنمایی:** در ابتدا با توجه به شکل‌های ۶ و ۷ نمودار جعبه‌ای فرایند تبدیل کاتالیزگری را همراه با مقادیر جریان‌های فرآیندی شرح داده، و موازنه جرم را برای تعیین جریان‌های مجهول به کار رود.

فعالیت  
عملی ۱



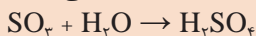
یادآوری موازنه کلی جرم با ذکر مثال و انجام فعالیت‌های پیش‌بینی شده با همکاری دوستان خود، نمودار جعبه‌ای فرایند دو آزمایش تهیه مواد آزمایشگاهی که در کتاب «عملیات آزمایشگاهی در صنایع شیمیایی» اشاره شده است را رسم نمایید.

راهنمایی: از هنرجویان خواسته شود که با توجه به فعالیت‌های عملی سال گذشته خود (تهیه صابون، آب مقطر و...) دو نمونه آزمایش مورد علاقه خود را انتخاب کرده و هر مرحله را به عنوان یک جعبه در نظر گرفته و برای آزمایش مربوطه نمودار جعبه‌ای ساده‌ای رسم کنند.

پرسش ۱



سولفوریک اسید از واکنش تری اکسید گوگرد ( $SO_3$ ) با آب تولید می‌گردد.



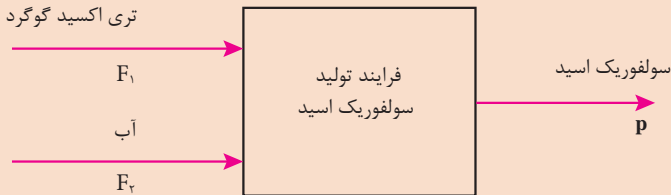
در یک کارخانه ۱۰۰۰ کیلوگرم سولفوریک اسید تولید شده است. اگر مقدار تری اکسید گوگرد مصرف شده، ۸۱۶ کیلوگرم باشد، مطلوب است:

الف) رسم نمودار جعبه‌ای فرایند تولید سولفوریک اسید

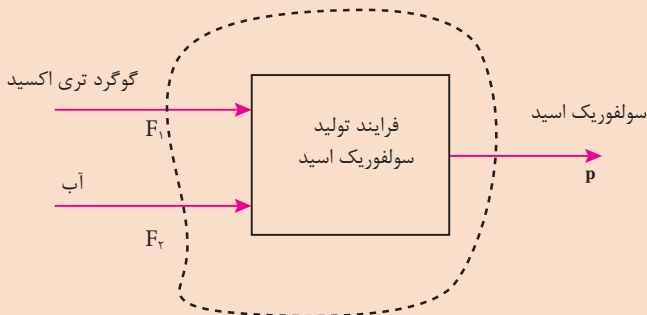
ب) موازنه جرم این فرایند

پاسخ:

الف) نمودار جعبه‌ای فرایند تولید سولفوریک اسید به صورت زیر می‌باشد:



ب) برای انجام موازنه جرم، می‌بایست در ابتدا یک سامانه برای فرایند انتخاب نمود. موازنه جرم مطابق سامانه انتخاب شده (سامانه خط‌چین)، عبارت است از:



بر اساس موازنه، جرم کل ورودی برابر است با جرم کل خروجی لذا:  
 $F_1 + F_r = \text{جرم کل ورودی به سامانه}$   
 $P = \text{جرم کل خروجی از سامانه}$

بنابراین:

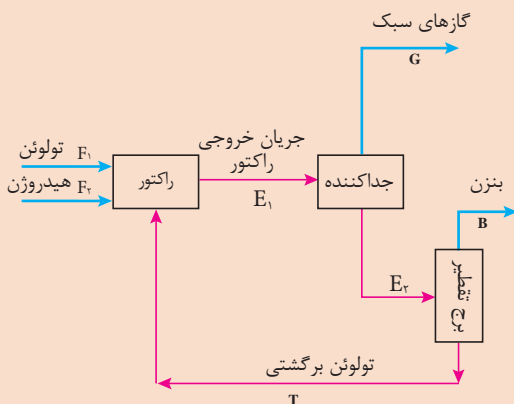
$$F_1 + F_r = P \rightarrow 816 + F_r = 1000 \rightarrow F_r = 1000 - 816 = 184 \text{ kg}$$

پرسش ۲



بنزن از واکنش هیدروژناسیون تولوئن به صورت زیر به دست می آید.  

$$C_7H_8 + H_2 \rightarrow C_6H_6 + CH_4$$
 نمودار جعبه‌ای این فرایند در شکل ۸ نشان داده شده است. مطلوب است:  
 الف) شرح این نمودار  
 ب) موازنه جرم پیرامون این فرایند مطابق با داده‌های مندرج در جدول ۳ و تعیین مقادیر جریان‌های  $E_1$  و تولوئن برگشتی (T)



شکل ۸- نمودار جعبه‌ای فرایند تولید بنزن

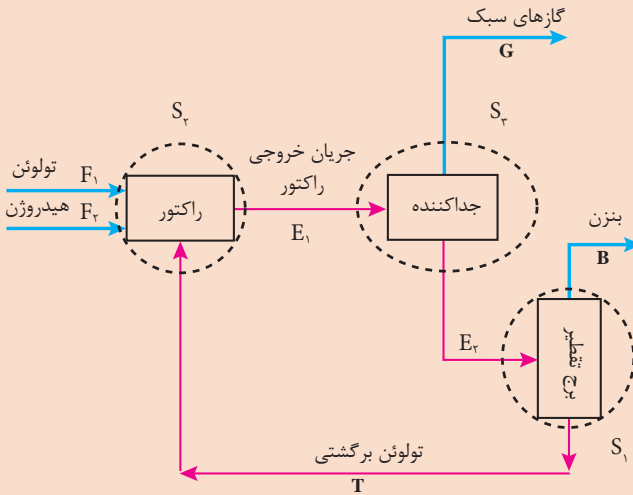
جدول ۳- مقادیر جریان‌های فرایند تبدیل کاتالیزگری

میزان دبی جرمی (کیلوگرم بر ساعت)	نام جریان
۱۰۰۰۰	$F_1$
۸۲۰	$F_2$
۸۹۶۰	$E_2$
۲۶۱۰	G
۸۲۱۰	B
؟	T
؟	$E_1$

### پاسخ:

الف) برای تولید بنزن از تولوئن مطابق واکنش اشاره شده، باید تولوئن و هیدروژن در بخش واکنش که شامل یک راکتور می‌باشد با هم واکنش دهند. در این فرایند در ابتدا هیدروژن و تولوئن با هم وارد راکتور می‌شوند و واکنش بین آنها اتفاق می‌افتد. سپس محصولات خروجی از راکتور (بنزن و متان) وارد یک جداکننده می‌شوند. محصولات سبک و یا همان گازهای سبک از بالای جداکننده خارج می‌شوند و محصولات پایین برج نیز وارد یک برج تقطیر می‌شوند. محصول بالای برج تقطیر به عنوان محصول اصلی این فرایند یعنی بنزن از برج خارج می‌شود و محصول پایین برج نیز که شامل تولوئن می‌باشد نیز مجدداً به راکتور برگشت داده می‌شود.

ب) برای انجام موازنه جرم، می‌بایست در ابتدا سامانه‌هایی مطابق شکل ۹ برای فرایند انتخاب نمود.



شکل ۹- سامانه‌های انتخاب شده جهت موازنه جرم

موازنه جرم مطابق سامانه ۱ ( $S_1$ ) انتخاب شده (سامانه خط چین) عبارت است از:

بر اساس موازنه، جرم کل ورودی برابر است با جرم کل خروجی لذا:

$$\text{جرم کل ورودی به سامانه} = E_2 = 8960 \text{ kg}$$

$$\text{جرم کل خروجی از سامانه} = T + B = ?$$

چون:

جرم کل خروجی از سامانه = جرم کل ورودی به سامانه

بنابراین:

$$E_p = T+B \rightarrow 8960 = T+ 8210 \rightarrow T= 750 \text{ kg}$$

موازنه جرم مطابق سامانه ۲ ( $S_2$ ) انتخاب شده (سامانه خط چین) عبارت است از:

بر اساس موازنه، جرم کل ورودی برابر است با جرم کل خروجی لذا:

$$\text{جرم کل ورودی به سامانه} = F_1 + F_p + T$$

$$\text{جرم کل خروجی از سامانه} = E_1 = ?$$

چون:

جرم کل خروجی از سامانه = جرم کل ورودی به سامانه

بنابراین:

$$F_1 + F_p + T = E_1 \rightarrow 10000 + 820 + 750 = E_1 \rightarrow E_1 = 11570 \text{ kg}$$

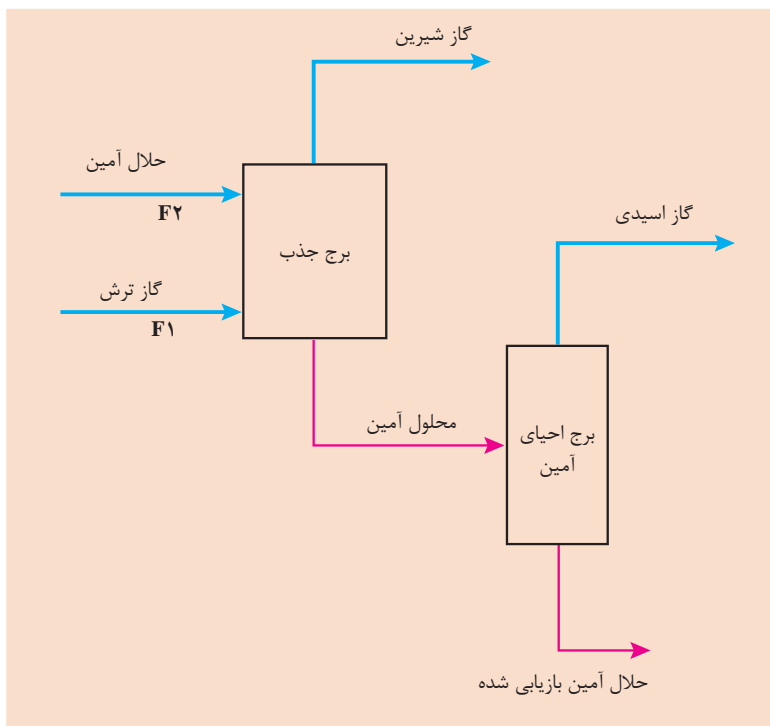
**فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته ۵:** رسم نمودار جعبه‌ای با توجه به شرح فرایند با ذکر مثال

### پرسش ۳



گاز ترش به نوعی از گاز طبیعی گفته می‌شود که شامل مقدار اندکی هیدروژن سولفید ( $H_2S$ ) است. برای مصرف گاز طبیعی می‌بایست این گاز شیرین گردد یعنی هیدروژن سولفید موجود در آن حذف گردد. شیرین‌سازی گاز ترش در یک برج جذب با استفاده از حلال آمین انجام می‌شود. به طوری که حلال آمین از بالا و گاز ترش از پایین وارد برج می‌شوند. محصول بالای برج جذب، گاز شیرین است که برای مصرف از فرایند خارج می‌شود. محصول پایین برج جذب، محلول آمینی است که مقداری هیدروژن سولفید دارد. لذا محصول پایین برج جذب به برج تقطیر احیای آمین فرستاده می‌شود. محصول بالای این برج تقطیر شامل گازهای سبکی است که هیدروژن سولفید نیز دارد که آن را گازهای اسیدی می‌نامند. محصول پایین برج تقطیر نیز حلال آمین احیا شده و عاری از هیدروژن سولفید می‌باشد.

مطلوب است: رسم نمودار جعبه‌ای فرایند شیرین‌سازی گاز طبیعی ترش پاسخ: با توجه به شرح فرایند اشاره شده، نمودار جعبه‌ای این فرایند مطابق شکل صفحه بعد می‌باشد.



نمودار جعبه‌ای ساده شده یک پالایشگاه در شکل شماره ۳ نشان داده شده است. با توجه به شکل مراحل عملیات در پالایشگاه را شرح دهید. پاسخ: نفت به صورت خام یا فراوری نشده خیلی مفید نیست و به صورتی که از دل زمین بیرون آمده کاربرد چندانی ندارد. نفت به خاطر دارا بودن هیدروکربن‌هایی با وزن‌های مختلف مانند پارافین، آروماتیک‌ها، نفتا و غیره بسیار مفید می‌باشد لذا در عملیات پالایش نفت خام ترکیبات هیدروکربنی مختلف، توسط برج تقطیر از هم از جدا می‌گردند.

پرسش ۴



معمولاً پالایشگاه‌های بزرگ توانایی پالایش هزاران بشکه نفت خام در روز را دارا می‌باشند. به دلیل ظرفیت بالای مورد نیاز، بسیاری از پالایشگاه‌ها به صورت دائم برای مدت طولانی از چندین ماه تا چندین سال به طور مداوم کار می‌کنند. در عملیات شست‌وشو قبل از آنکه نفت خام به واحد جداسازی تقطیر اتمسفریک منتقل گردد، نمک از نفت جدا می‌گردد. سپس در واحد

تقطیر اتمسفریک محصولات سبک تا سنگین از بالای برج تا پایین شامل نفتا، بنزین، سوخت جت، گازوئیل سبک و گازوئیل سنگین از یکدیگر جدا می‌شوند. محصول انتهایی برج تقطیر اتمسفریک نیز وارد برج تقطیر در خلأ گشته و مشابه برج تقطیر اتمسفریک، محصولات سبک تا سنگین آن از بالا تا پایین برج از یکدیگر جدا می‌شوند.

احتمال وجود ترکیبات گوگردی در نفتا وجود دارد که می‌بایست قبل از مصرف این ماده، ترکیبات گوگردی آن حذف گردند که گوگردزدایی از محصول سبک نفتا در فرایند گوگردزدایی صورت می‌گیرد. نفتای گوگردگیری شده وارد فرایند تبدیل کاتالیزگری شده و بنزین تولید می‌گردد. البته در فرایند گوگردزدایی نیز بنزین تولید می‌شود که هر دو محصول بنزین تولیدی در فرایندهای گوگرد زدایی و تبدیل کاتالیزگری با هم مخلوط می‌شوند و به عنوان بنزین برای مصرف عرضه می‌گردد.

فعالیت  
عملی ۲



با توجه به فیلم‌های آموزشی صنایع مختلف شیمیایی که دیده‌اید، نمودارهای جعبه‌ای هر کدام را رسم کنید. هر گروه هنرجویان دو نمودار را رسم کند.

**راهنمایی:** ابتدا یکی از فیلم‌های صنایع شیمیایی برای هنرجویان نمایش داده شود. پس از اطمینان از فهم کامل فرایند انتخاب شده، از هنرجویان خواسته شود که به‌طور گروهی نمودار جعبه‌ای فرایند مشاهده شده را رسم کنند.

در صورت داشتن زمان کافی، این کار با مشاهده فیلم مربوط به فرایند دیگری تکرار شود.

## مرحله ۲: به‌کارگیری نمودار جریان‌های فرایند (PFD)

**فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته ۶:** معرفی نمودار جریان‌های فرایند، با رسم علامت‌ها و جدول‌های مربوط به آن  
**راهنمایی:** ابتدا اجزای اصلی نمودار جریان‌های فرایند توضیح داده شده، و سپس قواعد تهیه نمودار جریان فرایند بیان شود.

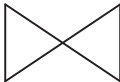
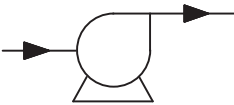
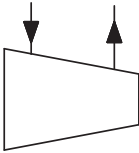

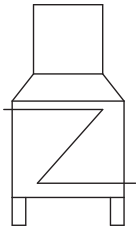
فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته ۷: معرفی علامت‌های اختصاری و نماد تجهیزات در صنایع با استفاده از جدول انواع شکل و نماد تجهیزات که در نمودار جریان فرایند به کار می‌رود مانند:

- نماد تجهیزات:
- نماد ابزار کنترلی:
- نماد جریان‌های سیال

ترسیم و نماد استاندارد تجهیزات فرایندی آموزش داده شود.

جدول ۱۱ را کامل کنید.

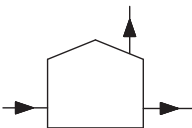



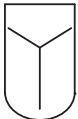
پاسخ:

ردیف	نام تجهیز	نماد
۱	شیر	
۲	پمپ	
۳	کمپرسور	
۴	مبدل پوسته و لوله	
۵	کوره	

پرسش ۵



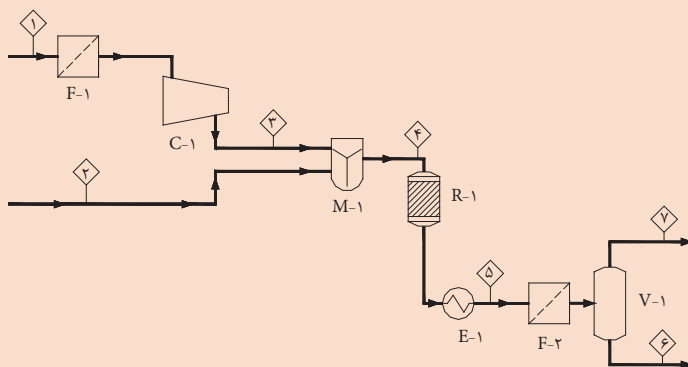


	مخزن	۶
	جداکننده دو فازی	۷
	برج های پر شده و راکتورهای کاتالیزگری	۸
	صافی	۱۰
	همزن	۱۱

پرسش ۶



با توجه به نمادهای متداول در رسم نمودار جریان فرایند، تجهیزات به کار رفته در نمودار جریان فرایند شکل ۱۹ مطلوب است:



شکل ۱۹- نمودار جریان فرایند

الف) نام تجهیزات موجود در نمودار جریان فرایند با توجه به نمادهای نشان داده شده در جدول ۱۲  
 ب) تکمیل نام جریان‌های موجود در جدول ۱۳  
 ج) شرح فرایند  
 پاسخ: الف)

**جدول ۱۲- تجهیزات موجود در نمودار جریان فرایند**

ردیف	نماد	نام تجهیز
۱	F-۱	صافی شماره ۱
۲	C-۱	کمپرسور شماره ۱
۳	M-۱	مخلوط‌کن شماره ۱
۴	R-۱	راکتور شماره ۱
۶	E-۱	مبدل حرارتی شماره ۱
۷	F-۲	صافی شماره ۲
۸	V-۱	جداکننده شماره ۱

ب)

**جدول ۱۳- نام جریان‌های موجود در نمودار جریان فرایند**

ردیف	شرح جریان	نام جریان
۱	جریان ورودی به صافی شماره ۱	۱
۲	جریان ورودی به صافی شماره ۲	۵
۳	جریان خروجی از مبدل حرارتی شماره ۱	۵
۴	جریان‌های ورودی به همزن	۱ و ۲
۶	جریان گاز خروجی از جداکننده شماره ۱	۷

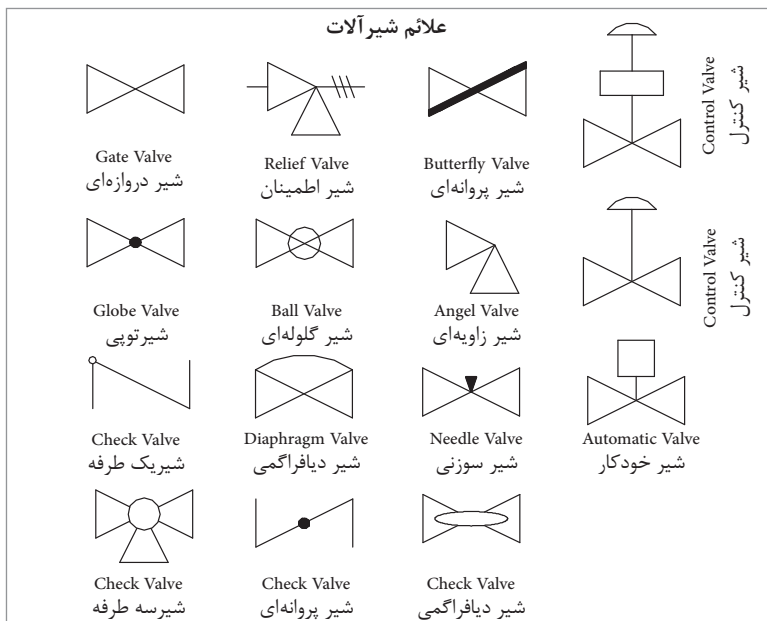
۴	جریان ورودی به راکتور شماره ۱	۷
۳	جریان خروجی از کمپرسور شماره ۱	۸
۶	جریان مایع خروجی از جداکننده شماره ۱	۹

ج) بر اساس نمودار جریان فرایند ارائه شده، جریان شماره ۱ از صافی شماره ۱ عبور کرده و فشار توسط کمپرسور شماره ۱ افزایش می‌یابد. جریان شماره ۲ با جریان خروجی از کمپرسور با هم مخلوط شده و وارد راکتور شماره ۱ می‌گردد. جریان خروجی از راکتور ابتدا از مبدل حرارتی شماره ۱ عبور کرده سپس از صافی شماره ۲ نیز عبور می‌نماید. در انتها جریان خروجی از صافی شماره ۲، وارد جداکننده شماره ۱ شده و محصول مایع از پایین جداکننده با شماره ۶ و محصول گازی از بالای جداکننده با شماره ۷ خارج می‌شوند.

بیشتر بدانید

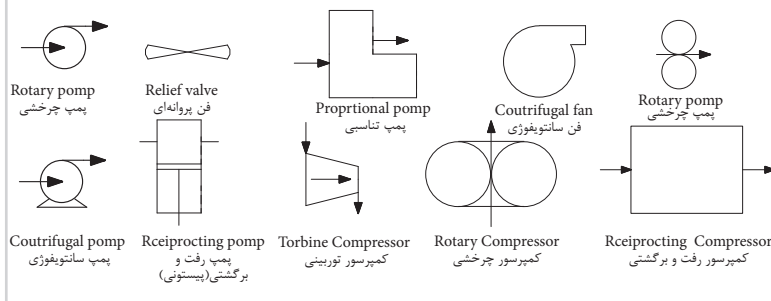


استاندارد ترسیم و نماد تعدادی از تجهیزات فرایندی در شکل‌های زیر ارائه شده است.

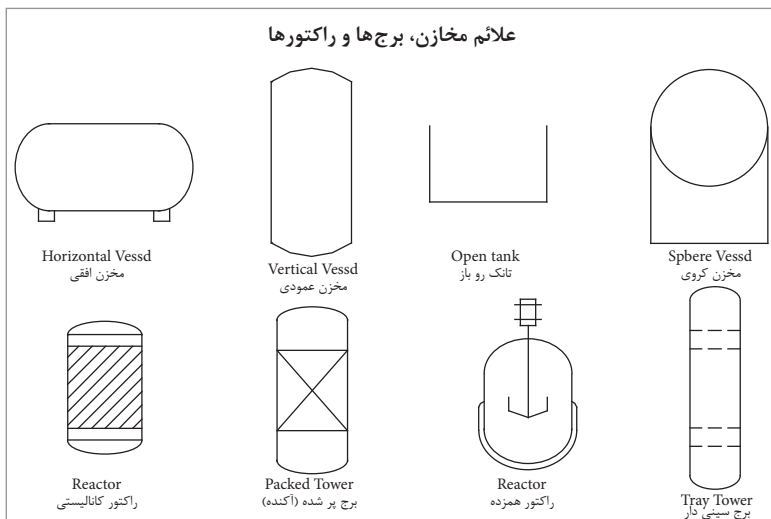


شکل الف) نشان شیر آلات

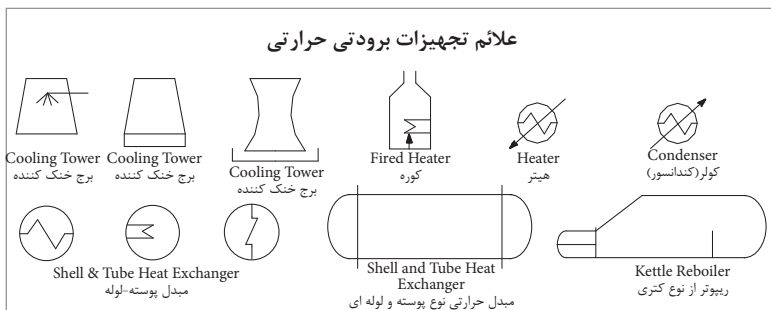
### علائم تجهیزات مکانیکی غیر ثابت



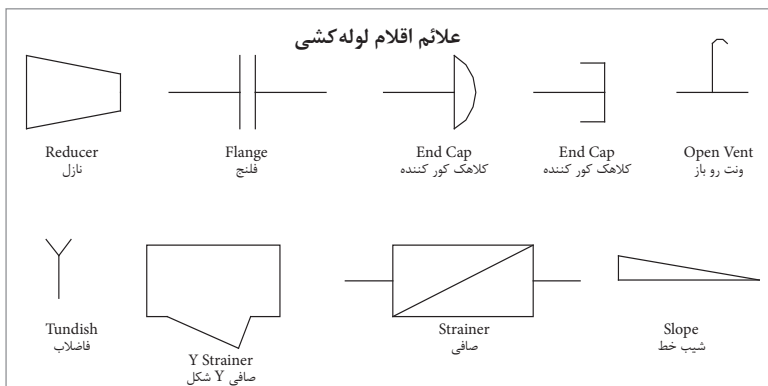
### شکل ب) نشان تجهیزات دوار



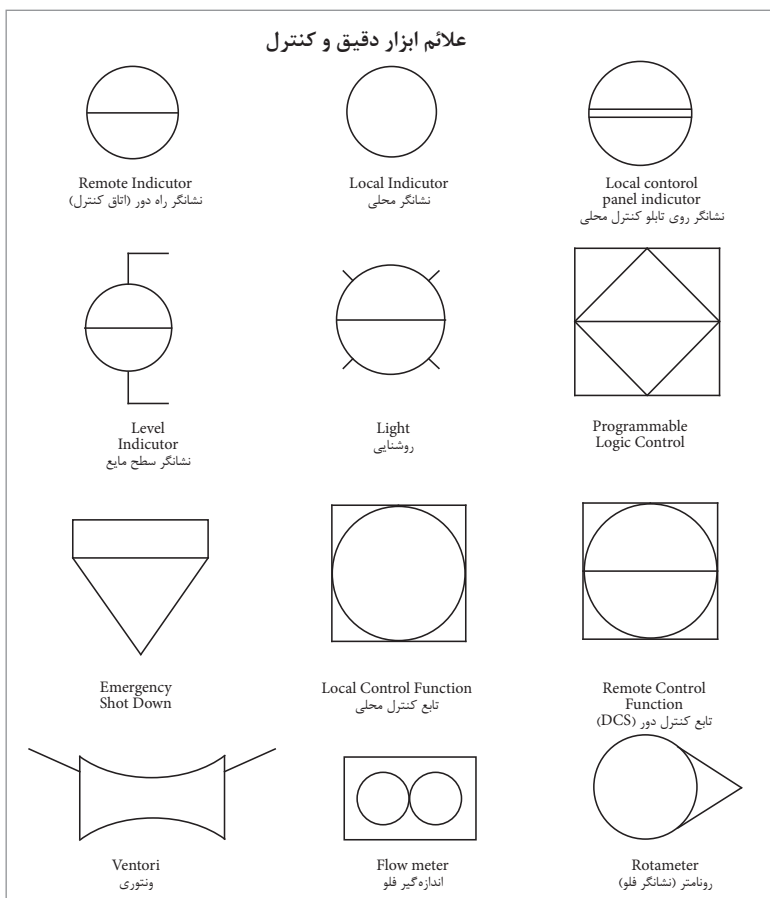
### شکل پ) نشان مخازن، راکتور و برج



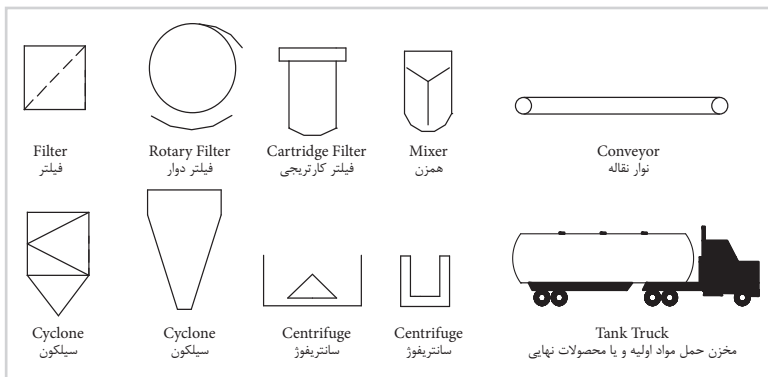
### شکل ت) نشان تجهیزات گرمایشی و سرمایشی



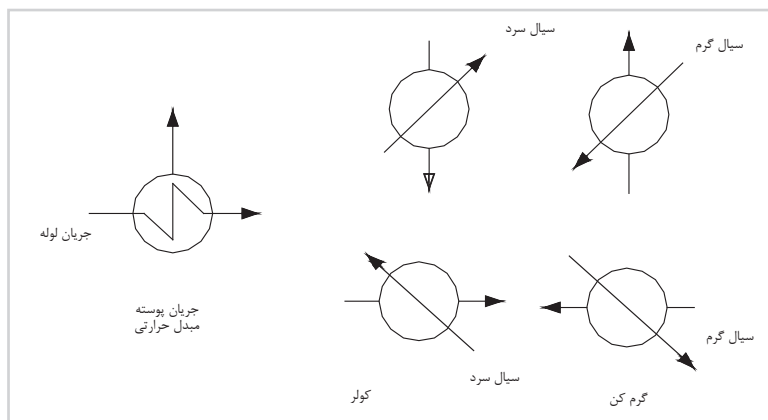
شکل ث) نشان لوله کشی



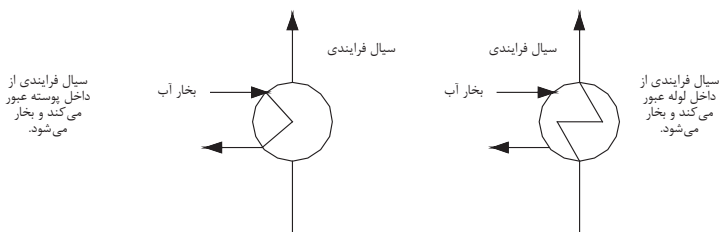
شکل ج) نشان ابزار دقیق



شکل چ) نشان تجهیزات متفرقه
















نشانه‌های انواع مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله



نشانه‌های انواع جوش آورنده‌ها (Reboilers) از نوع پوسته و لوله

شکل ح) نشان مبدل و جوش آور

	Temperature Controller (کنترل کننده دما)		Level Controller (کنترل کننده سطح)
	Temperature Recorder and Controller (کنترل کننده و ثبت کننده دما)		Level Indicator and Controller (کنترل کننده و نشان دهنده سطح)
	Temperature Indicator and Controller (کنترل کننده و نشان دهنده دما)		Level Switch (سطح مایع را در محدوده معینی نگه می‌دارد)
	Flow Controller (کنترل کننده جریان)		Level Switch Low (اجازه نمی‌دهد سطح مایع از حدی کمتر شود)
	Flow Indicator (نشان دهنده جریان)		Level Switch High (اجازه نمی‌دهد سطح مایع از حدی بیشتر شود)
	Flow Indicator and Controller (کنترل کننده و نشان دهنده جریان)		
	Pressure Indicator (نشان دهنده فشار)		
	Pressure Indicator and Controller (کنترل کننده و نشان دهنده فشار)		

شکل خ) نشان کنترلی

فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته ۸: خواندن نمودار و نوشتن شرح فرایند با ذکر مثال

پرسش ۷



نیتریک اسید از واکنش اکسیداسیون آمونیاک مطابق واکنش‌های زیر تولید می‌گردد.

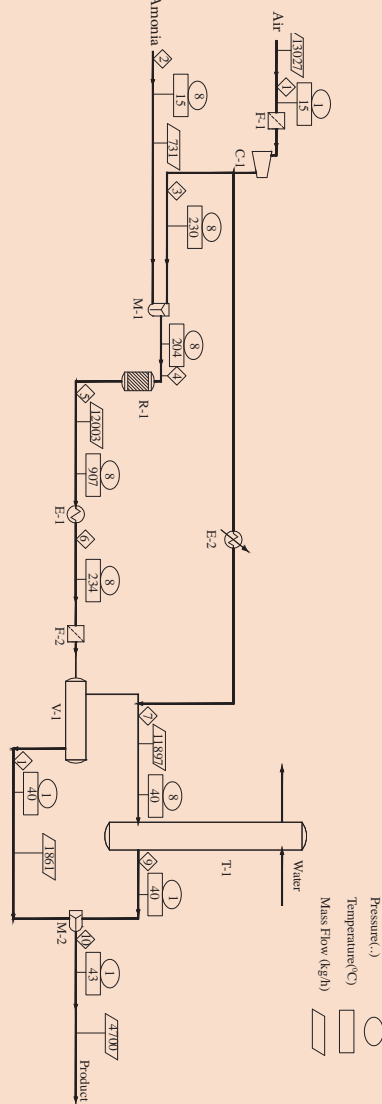


نمودار جریان فرایند واحد تولید نیتریک اسید در شکل ۲۲ نشان داده شده است. مطلوب است:

الف) شرح فرایند

ب) تعیین اسامی تجهیزات و تکمیل جدول ۱۴

ج) تعیین اسامی و مشخصات جریان‌ها و تکمیل جدول ۱۵



شکل ۲۲- نمودار جریان فرایند تولید نیتریک اسید



### پاسخ:

الف) شرح فرایند:

فرایند اکسایش آمونیاک با هوا (فشار ۱ بار) انجام می‌گردد. ناخالصی هوا پس از عبور از صافی (F-۱) گرفته شده و فشار آن توسط کمپرسور (C-۱) تا ۸ بار افزایش می‌یابد. بخشی از هوای فشرده شده با آمونیاک مخلوط شده و وارد راکتور (R-۱) می‌گردد. دمای جریان محصول خروجی از راکتور پس از عبور از مبدل حرارتی پوسته-لوله (E-۱) تا ۲۳۰ درجه سلسیوس کاهش می‌یابد و از صافی (F-۲) عبور می‌کند.

جریان خروجی از صافی وارد ظرف جداکننده (V-۱) می‌شود و جریان گازهای خروجی از جداکننده به همراه بخشی از جریان خروجی از کمپرسور که توسط کولر (E-۲) خنک شده، وارد برج جذب (T-۱) می‌گردند. در این برج از آب به عنوان حلال استفاده می‌گردد. محصول گاز تولیدی در برج جذب از بالای برج خارج گردیده و محصول مایع اسیدی برج جذب نیز از پایین برج خارج شده و با محصول مایع خروجی از جداکننده مخلوط می‌گردد و به عنوان محصول نیتریک اسید به بازار عرضه می‌گردد.

ب)

جدول ۱۴- اسامی تجهیزات نمودار جریان فرایند

ردیف	نام تجهیز	عنوان تجهیز
۱	فیلتر هوای ورودی	F-۱
۲	برج جذب	T-۱
۳	مخلوط‌کن هوا و آمونیاک	M-۱
۴	کمپرسور هوای ورودی	C-۱
۵	راکتور واکنش	R-۱
۶	جدا کننده محصول راکتور	V-۱
۷	مبدل حرارتی	E-۱

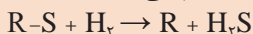
ج) تعیین اسامی و مشخصات جریان‌ها و تکمیل جدول ۱۵

### جدول ۱۵- اسامی جریان های نمودار جریان فرایند

ردیف	شرح جریان	شماره جریان	دما (سلسیوس)	فشار (بار)	دبی (کیلوگرم بر ساعت)
۱	هوای ورودی	۱	۱۵	۱	۱۳۰۲۷
۲	جریان ورودی به راکتور	۴	۲۰۴	۸	-
۳	آمونیاک ورودی	۲	۱۵	۸	۷۳۱
۴	جریان ورودی به صافی دوم	۶	۲۳۴	۸	۱۲۰۰۳
۵	جریان ورودی به برج جذب	۷	۴۰	۸	۱۱۸۹۷
۶	جریان خروجی از راکتور	۵	۹۰۷	۸	۱۲۰۰۳
۷	جریان مایع خروجی از جداکننده	۸	۴۰	۱	۱۸۶۱
۸	جریان مایع خروجی از برج جذب	۹	۴۰	۱	
۹	محصول فرایند	۱۰	۴۳	۱	۴۷۰۰
۱۰	هوای ورودی به کمپرسور	۱	۱۵	۱	۱۳۰۲۷



فرایند گوگردزدایی از مواد نفتی مانند نفتا، نفت سفید و گازوئیل توسط هیدروژن در پالایشگاه‌های نفت مطابق واکنش زیر انجام می‌شود.



منظور از R-SH ترکیبات نفتی گوگرددار است.

نمودار جریان فرایند این واکنش (بدون در نظر گرفتن تجهیزات کنترلی) در شکل ۲۳ نشان داده شده است. شرح فرایند گوگردزدایی نفتا به صورت زیر می‌باشد.

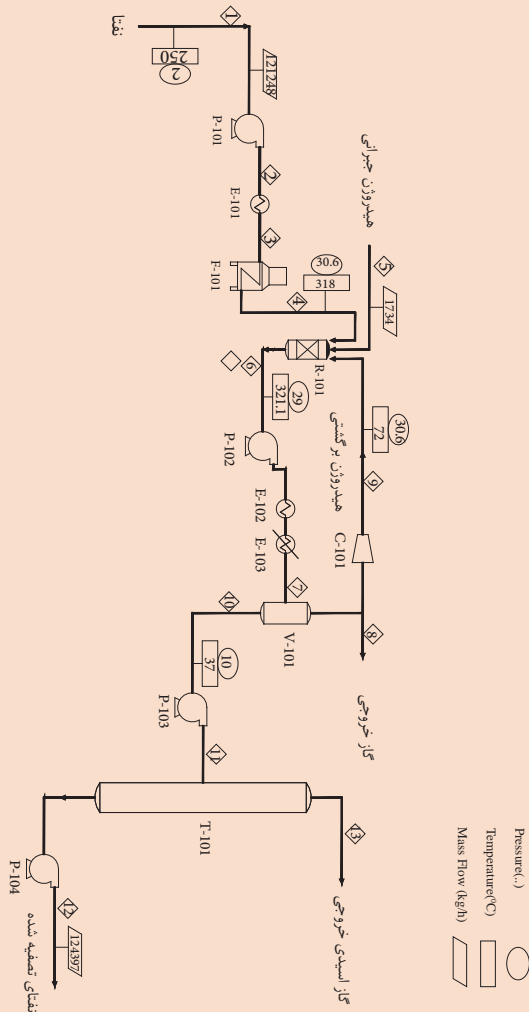
خوراک نفتا (جریان شماره ۱) در دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس و فشار ۲ بار و با دبی ۱۲۴۸۴۸ کیلوگرم بر ساعت توسط پمپ (P-۱۰۱) منتقل شده (جریان شماره ۲) و وارد مبدل (E-۱۰۱) می‌گردد. جریان خروجی از مبدل (جریان شماره ۳) وارد کوره (F-۱۰۱) شده به گونه‌ای که دما و فشار جریان خروجی کوره (جریان شماره ۴) به ترتیب به ۳۱۸ درجه سلسیوس و ۳۰/۶ بار افزایش می‌یابد.

جریان گرم شده خروجی از کوره، وارد راکتور (R-۱۰۱) می‌شود تا با استفاده از هیدروژن واکنش‌های گوگردزدایی انجام شود. برای تأمین هیدروژن مورد نیاز راکتور از یک جریان هیدروژن جبرانی (جریان شماره ۵) با دبی ۱۷۳۴ کیلوگرم بر ساعت استفاده می‌شود. جریان خروجی از راکتور می‌یابد. برای خنک کردن محصول خروجی از راکتور که در دمای ۳۲۱/۱ درجه سلسیوس و فشار ۲۹ بار قرار دارد و توسط پمپ (P-۱۰۲) انتقال یافته از یک مبدل حرارتی (E-۱۰۲) و کولر (E-۱۰۳) استفاده می‌گردد.

جهت جداسازی گازهای سبک از جریان خنک شده خروجی از کولر (E-۱۰۳)، جریان خروجی از کولر (E-۱۰۳) با شماره جریان ۷ وارد جداکننده (V-۱۰۱) می‌شود. جریان گاز خروجی از جداکننده که عمدتاً شامل گاز هیدروژن است به دو بخش تقسیم می‌شود. بخشی از آن به عنوان گاز خروجی با شماره ۸ از فرایند خارج می‌شود و بخش دیگر آن ابتدا وارد کمپرسور (C-۱۰۱) شده تا فشار جریان خروجی از کمپرسور (جریان شماره ۹) به ۳۰/۶ بار افزایش یابد و سپس به عنوان جریان هیدروژن برگشتی به راکتور برگشت داده می‌شود. به دلیل تراکم گاز در کمپرسور، دمای جریان هیدروژن برگشتی به ۷۲ درجه سلسیوس می‌رسد. جریان مایع خروجی از جداکننده (V-۱۰۱) به شماره جریان ۱۰، که در دمای ۳۷ درجه سلسیوس و فشار ۱۰ بار قرار دارد، توسط پمپ (P-۱۰۳) به برج تقطیر (T-۱۰۱) جداکننده گازهای اسیدی (گازهای حاوی هیدروژن سولفید) انتقال می‌یابد. جریانی که وارد برج شده (جریان شماره ۱۱) به دو محصول با نام‌های، محصول بالای برج (جریان شماره ۱۳)

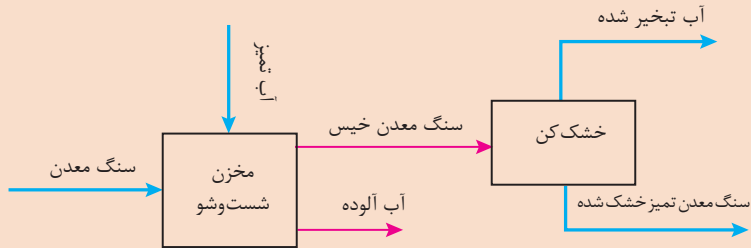
که حاوی گازهای سبک و هیدروژن سولفید است و محصول پایین برج (جریان شماره ۱۲) که همان نفتای گوگردزایی شده یا به عبارتی نفتای تصفیه شده است، تبدیل می‌شود. محصول مایع پایین برج (جریان شماره ۱۲) نیز توسط پمپ (P-۱۰۴) به مخازن نگهداری نفتا انتقال می‌یابد. مطلوب است: تکمیل نمودار جریان فرایند (شماره جریان، نام جریان، دما، فشار و دبی) با استفاده از شرح فرایند گفته شده.

پاسخ:

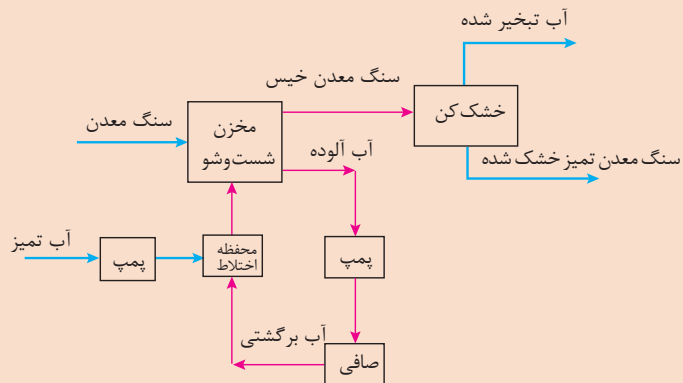




سنگ معدن خام در کارخانجات پس از مرحله شست و شو با آب و تمیز شدن به مرحله استخراج شیمیایی فرستاده می شود. نمودار جعبه‌ای و جریان این فرایند در شکل‌های ۲۵ و ۲۶ نشان داده شده است.



شکل ۲۵- فرایند شست و شوی سنگ معدن خام



شکل ۲۶- نمودار جریان فرایند شست و شوی سنگ معدن خام

مطلوب است:

الف) شرح فرایند شست و شوی سنگ معدن خام براساس نمودارهای جعبه‌ای و جریان فرایند

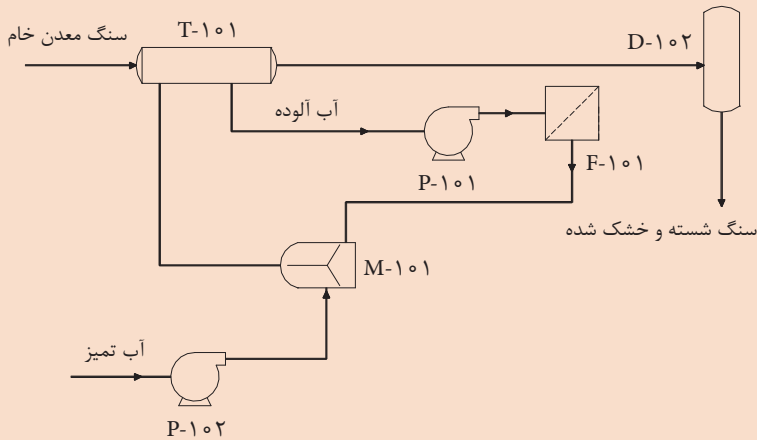
ب) رسم نمودار جریان فرایند بر اساس شکل‌های استاندارد

**پاسخ:**

الف) شرح فرایند بر اساس نمودار جعبه فرایند: سنگ معدن خام در ابتدا در مخزن شست و شو با آب تمیز شسته می شود تا آلودگی‌هایی که با سنگ معدن وجود دارد از سطح آن جدا گردد. سپس با توجه به اینکه سنگ خیس می شود می بایست توسط هوای گرم در خشک کن، سنگ را خشک نمود. شرح فرایند بر اساس نمودار جریان فرایند: سنگ معدن خام در ابتدا در

مخزن شست‌وشو با آب تمیز شسته می‌شود تا آلودگی‌هایی که با سنگ معدن وجود دارد از سطح آن جدا گردد. سپس با توجه به اینکه سنگ خیس می‌شود می‌بایست توسط هوای گرم در خشک‌کن، سنگ را خشک نمود. البته با توجه به مصرف بالای آب، نمی‌توان مدام از آب تمیز استفاده نمود لذا پس از مرحله شست‌وشو و انتقال سنگ خیس به خشک‌کن، می‌بایست آب آلوده را تمیز نمود و مجدداً استفاده کرد. بنابراین آب آلوده از مخزن توسط پمپ وارد صافی می‌گردد و آب تمیز خروجی از صافی با آب تمیز ورودی مخلوط شده و مجدداً به مخزن شست‌وشو منتقل می‌گردد.

(ب)



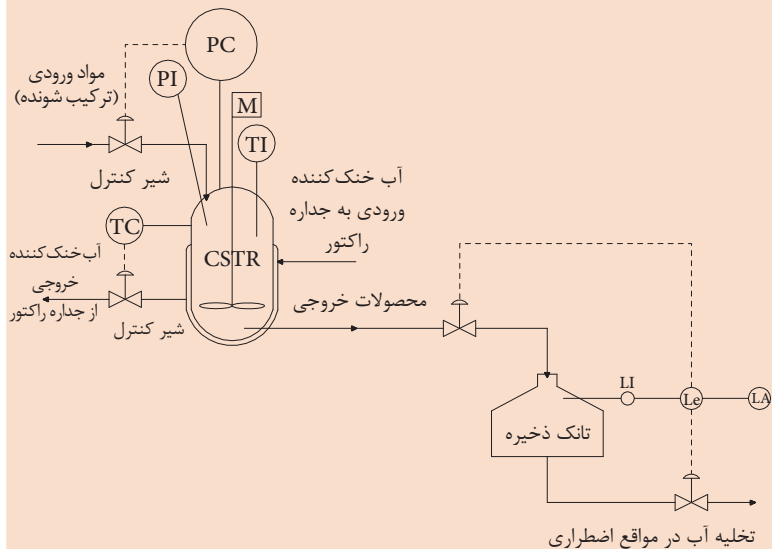
## مرحله ۳: به کارگیری نمودار لوله کشی و ابزار دقیق (P&ID) و نقشه جانمایی تجهیزات

فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته ۹: توضیح نمودار لوله کشی و ابزار دقیق با مثال

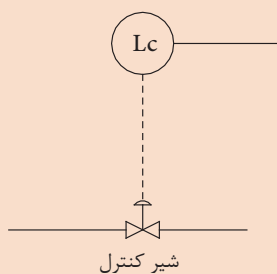
پرسش ۱۰



فرایندهای کنترلی ارائه شده در نمودار لوله کشی و ابزار دقیق شکل ۳۰ را شرح دهید.



شکل ۳۰- سامانه کنترل راکتور مخزنی در نمودار لوله کشی و ابزار دقیق



پاسخ:

در شکل ۳۰ تانک ذخیره‌ای نشان داده شده است که محصولات خروجی از راکتور اشاره شده در مثال ۴، درون آن جمع‌آوری می‌گردد. تانک ذخیره دارای یک سامانه کنترل سطح (ارتفاع) مطابق شکل ۳۱ می‌باشد.

شکل ۳۱- سامانه کنترل سطح در نمودار لوله کشی و ابزار دقیق

میزان ارتفاع محصولات داخل راکتور توسط نشانگر سطح (LI)، نشان داده می‌شود. در این سامانه کنترل‌کننده سطح و همچنین زنگ هشدار سطح وجود دارد که کنترل‌کننده سطح در بالاترین نقطه مخزن واقع شده است.

خط توپر متصل به LC نشان می‌دهد که کنترل‌کننده سطح (LC)، ارتفاع محصولات درون تانک ذخیره را اندازه‌گیری می‌کند. خط چین متصل به LC نشان می‌دهد که کنترل‌کننده سطح، به شیری که بر روی جریان خروجی تانک نصب شده است، دستور مناسب را جهت کنترل ارتفاع محصولات در تانک ذخیره می‌دهد.

اگر تانک ذخیره از محصولات پر شد، محصولات از مخزن سرریز می‌کنند برای اینکه چنین اتفاقی نیفتد، هنگامی که سطح مواد در مخزن به حد مورد نظر رسید یعنی ظرفیت مخزن تکمیل شد، کنترل‌کننده سطح به شیر کنترل موجود در پایین مخزن در محل خروجی مخزن دستور باز شدن می‌دهد، لذا با باز شدن شیر خروجی مخزن محصولات، مقداری از محتویات مخزن کاسته می‌شود و سطح پایین می‌آید و در این حال کنترل‌کننده سطح به شیر کنترل دستور می‌دهد که بسته شود. ضمناً یک سامانه زنگ هشدار نیز نصب شده است و در هنگامی که سطح (ارتفاع) مایع و محصولات موجود در مخزن به حد بالایی رسید، کنترل‌کننده سطح (LC) به این سامانه دستور می‌دهد و زنگ هشدار به صدا در می‌آید. البته چون سامانه کنترل سطح و شیر کنترل وجود دارد، معمولاً این زنگ هشدار به صدا در نخواهد آمد.

**فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته ۱۰:** ترسیم یک نمودار ساده از نمودار لوله‌کشی و ابزار دقیق (P&ID) با نمایش فیلم یک فرایند شیمیایی

با توجه به فیلم‌های آموزشی صنایع مختلف، نمودارهای لوله‌کشی و ابزار دقیق هر کدام را رسم کنید. هر گروه دانش‌آموزی دو نمودار را رسم نماید.

فعالیت  
عملی ۳





**راهنمایی:** ابتدا یکی از فیلم‌های صنایع شیمیایی برای هنرجویان نمایش داده شود. پس از اطمینان از فهم کامل فرایند انتخاب شده، از هنرجویان خواسته شود که به‌طور گروهی نمودار لوله‌کشی و ابزار دقیق مشاهده شده را رسم کنند.

در صورت داشتن زمان کافی این کار با مشاهده فیلم مربوط به فرایند دیگری تکرار شود.

**فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته ۱۱:** مشخصات کلی نقشه جانمایی تجهیزات

**راهنمایی:** مشخصات کلی نقشه جانمایی توضیح داده شود.

#### مرحله ۴: به‌کارگیری نرم‌افزار برای رسم نقشه‌های فرایندی

**فعالیت‌های یادگیری ساخت یافته ۱۲:** استفاده از نرم‌افزار (Visio) به‌صورت عملی

**آشنایی مقدماتی با نرم‌افزار**

برای اجرای نرم‌افزار بر روی دکمه Start کلیک کنید.

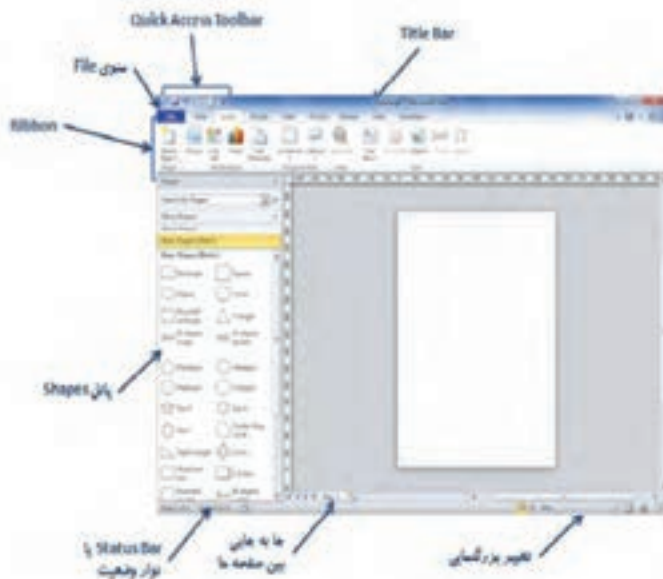
■ منوی فرعی All Programs را باز کنید.

■ منوی فرعی Microsoft Office را باز کنید.

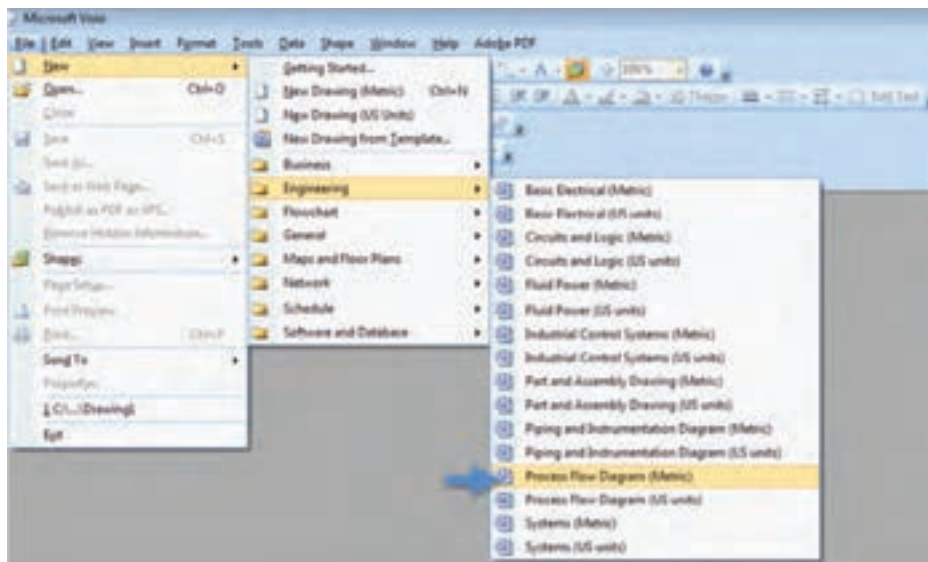
■ بر روی گزینه Microsoft Office Visio کلیک کنید.



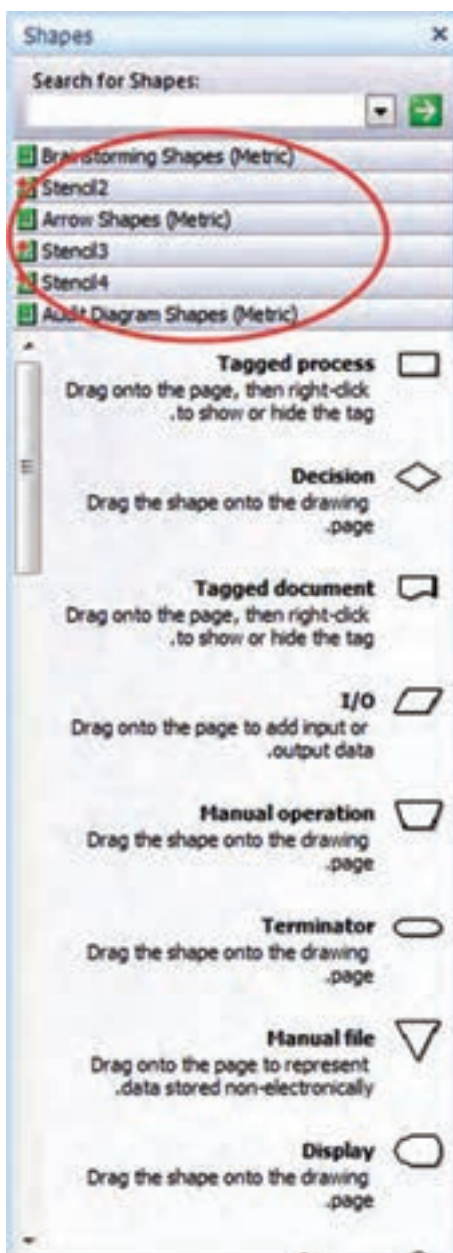
در شکل زیر بخش‌های مختلف محیط نرم‌افزار ویزیو ۲۰۱۰ معرفی شده‌اند.



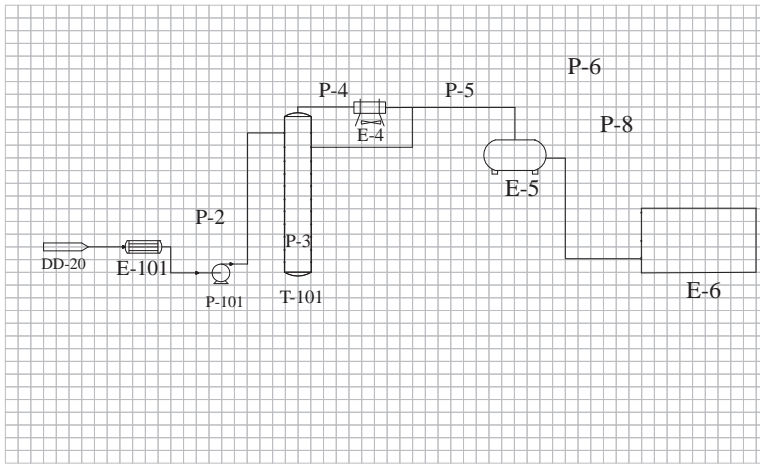
مراحل زیر را انجام دهید و یک فایل جدید مربوط به PFD با واحد متریک انتخاب کنید.



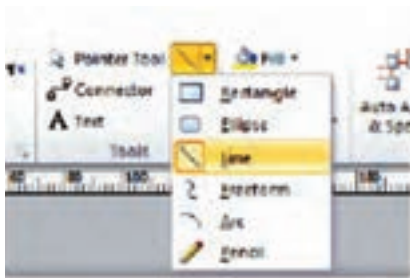
صفحه باز شده آن، اغلب تجهیزات فرایندی را مشخص نموده که با انتخاب آن و درگ کردن می توان به نقشه خود اضافه نمود.



با دانستن و آشنایی با فرایند مورد نظر جانمایی و اتصال تجهیزات از طریق PIPELINE مورد نظر (مسیر اصلی یا جانبی) مشخص می‌شود.



● برای رسم ارتباط بین دو شکل، می‌توانید از ابزار Line در گروه Tools از روبان Home استفاده کنید.



روش دیگر استفاده از ابزار Connector می‌باشد. (نوع اتصال این ابزار با Line تفاوت دارد و همچنین جهت‌دار نیز می‌باشد) که با آن می‌توانید از هر یک از نقاط اتصال پیرامون شکل اول به هر یک

از نقاط شکل دوم درگ کنید. (Point to Point Connector)

نوع دیگر استفاده از ابزار Connector این است که نشانه‌گر را روی مرکز شکل اول برده و به سمت مرکز شکل دوم درگ کنید. ارتباط ایجاد شده در این روش هوشمند بوده و در صورت جابه‌جایی شکل‌ها، از نقاط صحیح‌تری از پیرامون شکل برای برقراری ارتباط استفاده می‌کند. (Shape to Shape Connector)

نکته



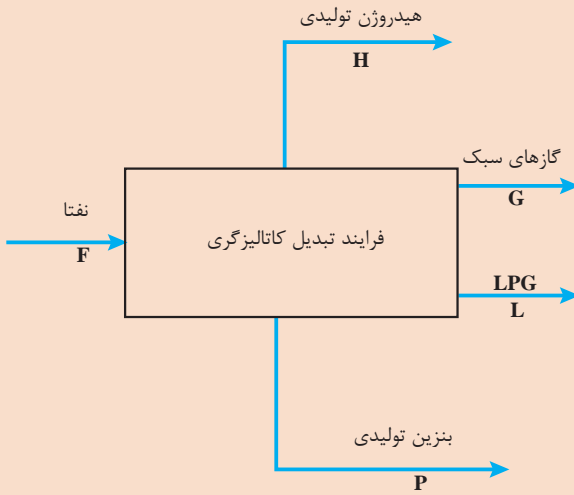
بعد از انتخاب Connector رسم شده می‌توانید با درگ کردن نقاط ابتدا و انتهای آن به محل دلخواه از شکل، نوع آن را تغییر دهید.

- برای برقراری ارتباط بین دو شکل، شکل دوم را به سمت شکل اول برده و با ظاهر شدن چهار فلش در چهار طرف شکل اول، با جابه‌جایی شکل دوم به سمت جهتی که می‌خواهید ارتباط برقرار شود، بعد از پررنگ شدن فلش شکل دوم را رها کنید.
- برای برقراری ارتباط بین دو شکل، بعد از رسم شکل اول شکل دوم را از شابلن انتخاب کنید و سپس نشانه‌گر را روی شکل اول برده و با ظاهر شدن چهار فلش چهار طرف شکل، روی فلشی که می‌خواهید شکل دوم در آن جهت ظاهر شود کلیک کنید.
- برای برقراری ارتباط بین دو شکل، نشانه‌گر را روی شکل اول برده و با ظاهر شدن چهار فلش در چهار طرف شکل، روی فلشی که می‌خواهید شکل دوم در آن جهت ظاهر شود کلیک کرده و به سمت نقطه اتصال دلخواه از شکل دوم حرکت کنید.
- می‌توانید بعد از برقراری ارتباط بین دو شکل، شکل سوم را به روی خط ارتباط بین دو شکل بکشید تا به‌طور خودکار بین دو شکل درج شود.
- برای نوشتن بر روی یک Connector می‌توانید ابتدا آن را انتخاب کرده و سپس شروع به نوشتن کنید. در این حالت متن نوشته شده به‌طور خودکار در وسط خط Connector ظاهر می‌شود.

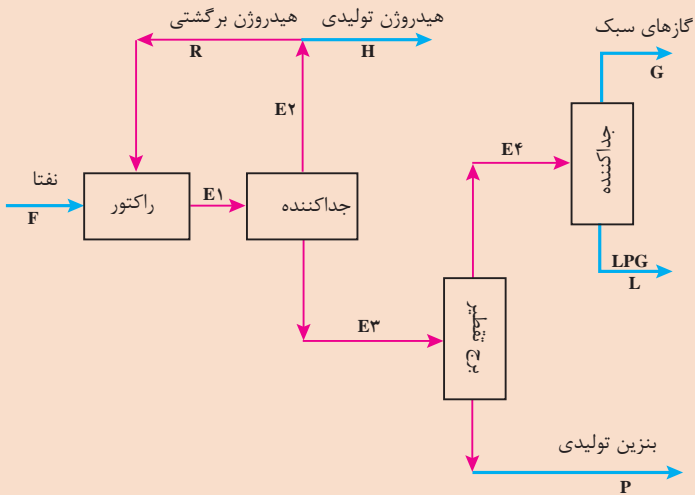


۱ نمودار جعبه‌ای مثال‌های ۱ و ۲ را با استفاده از نرم‌افزار ویزیو رسم نمایید.

راهنمایی: نمودار جعبه‌ای مثال ۱



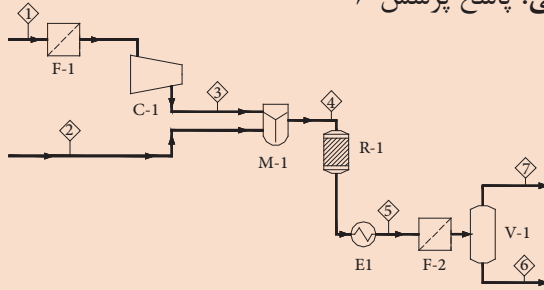
نمودار جعبه‌ای مثال ۲



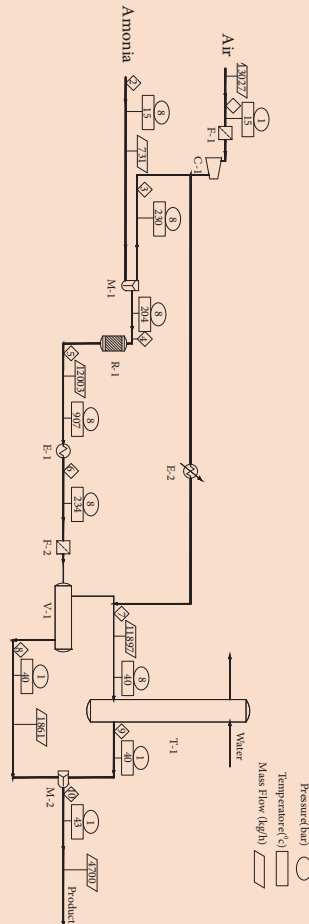
۲ نمودار جریان فرایندی پرسش ۶، ۷ و ۸ را با استفاده از نرم افزار

ویزیو رسم کنید.

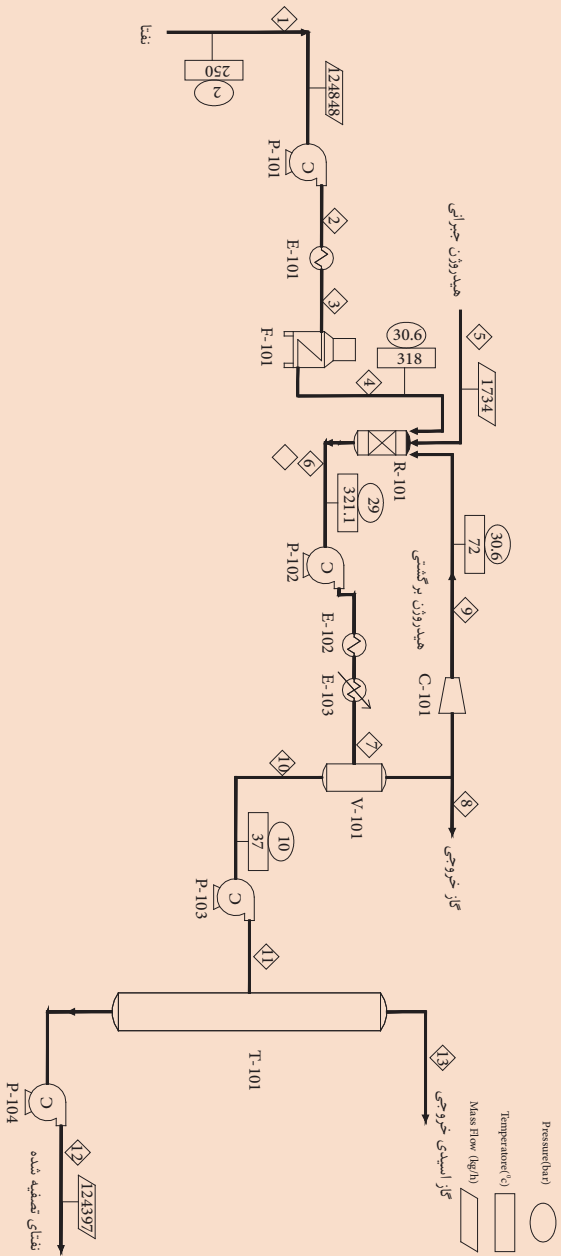
راهنمایی: پاسخ پرسش ۶



پاسخ پرسش ۷:



پاسخ پرسش ۸:





**پودمان دوم**

**اندازه‌گیری ، ثبت و کنترل دما**

در این پودمان هنرجویان با مفاهیم و محاسبات، روش‌های اندازه‌گیری دما، کالیبراسیون دماسنج‌ها و کنترل دما آشنا می‌شوند. آموزش این پودمان به صورت تدریس تئوری و عملی پیش‌بینی شده است. در ابتدا مطالب تئوری مربوط به دما، یکاها، روابط بین آنها، انواع روش‌های اندازه‌گیری دما و دماسنج‌های مختلف، مزایا و معایب هر کدام، چگونگی تنظیم دقیق وسایل اندازه‌گیری و کنترل فرایندها ارائه شده است. سپس به فراخور امکانات و تجهیزات موجود در هنرستان‌ها، فعالیت‌های عملی ساده و قابل اجرا آورده شده است. همچنین در این پودمان استفاده هم‌زمان از فیلم‌های آموزشی با مطالب درسی پیش‌بینی گردیده است. با توجه به اینکه بازدید از مراکز صنعتی مرتبط با هر دستگاه و فرایند، تأثیر به‌سزایی در امر یادگیری دارد، از هنرآموزان گرامی درخواست می‌گردد که در این راستا نیز بازدیدهای خواسته شده را جامعاً عمل ببوشانند.

اغلب فعالیت‌های این پودمان به صورت گروهی در نظر گرفته شده است. بنابراین لازم است که هنرآموزان محترم با تقسیم‌بندی هنرجویان کلاس به گروه‌های مختلف ۳ تا ۴ نفره و با نظارت و هدایت دقیق گروه‌های دانش‌آموزی به‌طور مستقیم در فرایند یاددهی و یادگیری مشارکت مؤثر داشته باشند. همچنین هنرآموزان گرامی توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش‌بینی شده به شایستگی‌های غیر فنی این واحد یادگیری مانند اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به موقع، انجام وظایف و کارهای محوله، پیروی از قوانین کارگاهی، و . . .)، کار گروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی انجام کارها و وظایف محوله، و . . .) و مستندسازی (گزارش‌نویسی فعالیت‌های کارگاهی و . . .) توجه ویژه داشته باشند.

## مرحله ۱: به کارگیری مفاهیم و محاسبات دما

**فعالیت ساخت یافته ۱:** بیان مفهوم دما با کمک تصویر و آزمایش:  
**آزمایش:**

پاسخ: پس از اینکه هر دو دست را در ظرف آب معمولی وارد می‌کنید، دستی که در آب سرد بوده، احساس گرمی و دستی که در آب گرم بوده، احساس سردی می‌کند. در صورتی که دمای آب ظرف یکی می‌باشد.

تحقیق کنید



بررسی نمایید در فرهنگ لغات فارسی کلمه دما به چه معنی می‌باشد؟  
**راهنمایی:** دما در فرهنگ لغت‌نامه دهخدا، دم و نفس، در فرهنگ فارسی معین به مفهوم اندازه گرمی و یا سردی یک جسم و در فرهنگ فارسی عمید درجه حرارت معنی شده است.

### ۱- دما

پرسش



با توجه به آزمایش انجام شده در ابتدای این بخش، آیا برای اندازه‌گیری دما می‌توان از حس لامسه استفاده نمود؟ چرا؟  
**پاسخ:** خیر، به دلایل زیر:  
\* حس لامسه، دما را به طور نسبی اندازه‌گیری می‌کند و عدد مشخصی را نشان نمی‌دهد.  
\* حس لامسه دارای خطا می‌باشد.  
\* برای دماهای بالا و خیلی پایین نمی‌توان از حس لامسه استفاده نمود.

**فعالیت ساخت یافته ۲:** بیان واحد دما در سامانه‌های مختلف

تحقیق کنید



همان‌طور که بیان شد در اندازه‌گیری دما با مقیاس سلسیوس از دمای ذوب یخ و دمای جوش آب خالص در فشار اتمسفریک استفاده می‌شود.  
• اگر ناخالصی در آب وجود داشته باشد، دمای ذوب و جوش آب چه تغییری می‌کند؟

• اگر فشار هوا اتمسفریک نباشد، دمای ذوب و جوش آب چه تغییری می‌کند؟

**راهنمایی:** وجود ناخالصی در آب، دمای ذوب را پایین‌تر و دمای جوش را بالاتر می‌برد. به همین دلیل در زمستان‌های سرد، بر روی جاده‌های یخ‌زده مخلوط خاک و نمک می‌پاشند، تا یخ‌ها ذوب شوند. افزایش فشار محیط، دمای ذوب را پایین‌تر و دمای جوش را بالاتر می‌برد.

پرسش



با توجه به شکل و جدول ارائه شده به سؤالات زیر پاسخ دهید:  
الف) دماسنج داده شده در شکل ۶ براساس چه مقیاسی درجه‌بندی شده است؟

ب) جدول زیر را با این دماسنج به طور تقریبی کامل کنید.



شکل ۶- مقایسه دماهای سلسیوس و فارنهایت

دما (درجه سلسیوس)	-۴۰	۵	۳۰	۵۰
دما (درجه فارنهایت)	-۴۰	۴۰	۸۶	۱۲۰

راهنمایی: الف) مقیاس سلسیوس

ب) با کمک یک خط‌کش دمای معین در مقیاس سلسیوس را با مقیاس فارنهایت مقایسه کرده و دمای تقریبی در مقیاس دوم را به دست آورند.

**فعالیت ساخت یافته ۳:** تبدیل یکای دمایی در سامانه‌های مختلف با ذکر مثال و تمرین

پرسش



با توجه به رابطه بین دمای سلسیوس و فارنهایت، معین کنید در چه دمایی، مقدار دما بر حسب سلسیوس و فارنهایت با هم برابرند؟  
پاسخ: با توجه به رابطه دمای سلسیوس و فارنهایت:

$$T(^{\circ}\text{F}) = T(^{\circ}\text{C}) \times \frac{1}{1.8} + 32$$

باید در رابطه فوق به جای دمای فارنهایت، دمای سلسیوس قرار داد.

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(^{\circ}\text{C}) \times \frac{1}{1.8} + 32 \rightarrow T(^{\circ}\text{C}) - T(^{\circ}\text{C}) \times \frac{1}{1.8} = 32 \\ - 0.5 / 1.8 T(^{\circ}\text{C}) = 32 \rightarrow T(^{\circ}\text{C}) = \frac{32}{-0.5 / 1.8} = -40(^{\circ}\text{C})$$

بنابراین دمای  $-40$  درجه سلسیوس معادل دمای  $-40$  درجه فارنهایت است.

پرسش



**۱** دمای خشک شدن رنگ بر پایه رزین اکریلیک،  $537$  درجه رانکین می‌باشد. دمای خشک شدن رنگ را بر حسب سلسیوس، فارنهایت و کلونین به دست آورید.

پاسخ: با توجه به رابطه دمای رانکین و فارنهایت:

$$T(^{\circ}\text{R}) = T(^{\circ}\text{F}) + 460$$

حال با توجه به رابطه فوق، دما بر حسب فارنهایت تعیین می‌گردد.

$$T(^{\circ}\text{F}) = T(^{\circ}\text{R}) - 460 \rightarrow T(^{\circ}\text{F}) = 537 - 460 = 77^{\circ}\text{F}$$

با توجه به رابطه فارنهایت و سلسیوس:

$$T(^{\circ}\text{F}) = T(^{\circ}\text{C}) \times \frac{1}{1.8} + 32 \rightarrow T(^{\circ}\text{C}) = \frac{T(^{\circ}\text{F}) - 32}{1.8} \rightarrow \\ T(^{\circ}\text{C}) = \frac{77 - 32}{1.8} = 25^{\circ}\text{C}$$

با توجه به رابطه سلسیوس و کلونین:

$$K \quad 25 + 273 = 298 = (T(K) \rightarrow 273 + (T(K) = T(^{\circ}C$$

۲ پاستوریزه کردن شیر، فرایندی است که شیر را خالص می کند و باعث دوام و تازگی آن می شود. در عمل پاستوریزه کردن، شیر ابتدا به دمای ۳۴۵ درجه کلونین رسیده و در مدت ۱۶ ثانیه گرم شده و سپس تا دمای ۴ درجه سلسیوس به سرعت سرد می شود. مطلوب است:

الف) دمای پاستوریزاسیون بر حسب سلسیوس، فارنهایت و رانکین  
ب) دمای سرد شدن شیر بر حسب کلونین، فارنهایت و رانکین  
پاسخ:

الف) دمای پاستوریزاسیون بر حسب مقیاس های مختلف دما برابر است با:  
 $T(K) = T(^{\circ}C) + 273 \rightarrow T(^{\circ}C) = T(K) - 273 = 345 - 273 = 72^{\circ}C$

$$T(^{\circ}F) = T(^{\circ}C) \times 1/8 + 32 \rightarrow T(^{\circ}F) = 72 \times 1/8 + 32 = 161/6 (^{\circ}F)$$

$$T(^{\circ}R) = T(^{\circ}F) + 460 \rightarrow T(^{\circ}R) = 161/6 + 460 = 621/6 (^{\circ}R)$$

ب) دمای سرد کردن شیر نیز بر حسب مقیاس های مختلف دما برابر است با:

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273 \rightarrow T(K) = 4 + 273 = 277 (K)$$

$$T(^{\circ}F) = T(^{\circ}C) \times 1/8 + 32 \rightarrow T(^{\circ}F) = 4 \times 1/8 + 32 = 39/2 (^{\circ}F)$$

$$T(^{\circ}R) = T(^{\circ}F) + 460 \rightarrow T(^{\circ}R) = 39/2 + 460 = 499/2 (^{\circ}R)$$

۳ لاستیک کلروپرن به عنوان لاستیک مصنوعی برای اولین بار توسط شرکت آمریکایی دوپانت در سال ۱۹۳۱ تولید گردید. این لاستیک به روش پلیمریزاسیون امولسیون در دمای ۱۰۰ درجه فارنهایت در مجاورت گوگرد تهیه می شود. مطلوب است دمای پلیمریزاسیون بر حسب سلسیوس، کلونین و رانکین.  
پاسخ: دمای پلیمریزاسیون بر حسب مقیاس های مختلف دما برابر است با:

$$T(^{\circ}F) = T(^{\circ}C) \times 1/8 + 32 \rightarrow T(^{\circ}C) = \frac{T(^{\circ}F) - 32}{1/8}$$

$$\rightarrow T(C) = \frac{100 - 42}{1/8} = 46/66C$$

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273 \rightarrow T(K) = 37/77 + 273 = 310/77 (K)$$

$$T(^{\circ}R) = T(^{\circ}F) + 460 \rightarrow T(^{\circ}R) = 100 + 460 = 560^{\circ}R$$

## مرحله ۲: کار با انواع دماسنج‌ها

### ۲- دماسنج

فعالیت ساخت یافته ۴: ساخت دماسنج ساده در کارگاه به صورت عملی

فیلم



ساخت یک دماسنج ساده

فعالیت  
عملی ۱



### ساخت یک دماسنج ساده

**راهنمایی:** پس از نمایش فیلم تهیه دماسنج ساده، با استفاده از وسایل معرفی شده در کارگاه یک دماسنج بسازند. هدف از این فعالیت آشنایی با اساس کار دماسنج‌ها می‌باشد.

پرسش



با توجه به فعالیت عملی انجام یافته، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

(الف) دماسنج ساخته شده براساس چه مقیاسی دما را اندازه‌گیری می‌کند؟  
(ب) چگونه می‌توان دقت این دماسنج را بالا برد؟  
(پ) آیا می‌توان از این دماسنج جهت اندازه‌گیری دمای فریزر استفاده کرد؟ چرا؟ برای این منظور چه راه حلی پیشنهاد می‌کنید؟  
(ت) به کمک این دماسنج، دمای هوا را در ساعات مختلف اندازه‌گیری نمایید. آیا نتایج به دست آمده یکسان‌اند؟ آیا اگر فرد دیگری چنین دماسنجی بسازد، دمایی که دماسنج او از یخ در حال ذوب نشان می‌دهد. با دماسنج شما برابر خواهد بود؟

**پاسخ:**

(الف) اگر از آب در مخزن استفاده شود و فاصله بین دو نقطه ذوب و جوش را ۰ تا ۱۰۰ انتخاب کنیم، مقیاس سلسیوس خواهد بود.  
(ب) برای بالا بردن دقت دماسنج، بهتر است نی به کار رفته در ظرف نازک‌تر باشد.  
(پ) خیر، چون دمای فریزر کمتر از صفر درجه سلسیوس است و در این ظرف از آب استفاده شده است لذا در دمای صفر و پایین‌تر یخ می‌زند. برای تعیین دمای فریزر باید به جای آب از الکل استفاده نمود.  
(ت) با توجه به تغییر دمای هوا در طول شبانه‌روز، دمای هوای ثبت شده برای ساعات مختلف نیز متفاوت خواهد بود. اگر شرایط محیطی و مکان ساخت دماسنج یکسان باشد قاعدتاً نباید فرق داشته باشد.

**فعالیت ساخت یافته ۵:** معرفی دماسنج و انواع آن (انبساطی، پرشده، ترموکوپل، مقاومتی، دوفلزی، ترموستات) با کمک تصویر، نمودار و نمایش فیلم

پرسش



چرا ضخامت مخزن مایع در دماسنج الکلی، نازک است؟  
پاسخ: برای اینکه دمای مایع درون دماسنج به راحتی به دمای نمونه برسد.

پرسش



چرا دماسنج خالی از هوا می باشد؟  
پاسخ: اگر هوا وجود داشته باشد مانع بالا آمدن مایع درون لوله دماسنج می شود.

پرسش



با استفاده از جدول ۱ گستره اندازه گیری دما را در دماسنج های جیوه ای و الکلی تعیین کنید.  
پاسخ: با توجه به نقاط انجماد و جوش جیوه و الکل گستره اندازه گیری دما

پرسش



در این دو دماسنج بر حسب سلسیوس عبارت است از:  
دماسنج الکلی: دامنه پایین:  $114/1 -$   
دامنه بالا:  $78/38$   
دماسنج جیوه ای: دامنه پایین:  $38/7 -$   
دامنه بالا:  $356/7$

پرسش



آیا با استفاده از دماسنج جیوه ای می توان دمای قطب جنوب که به  $50 -$  درجه سلسیوس می رسد را اندازه گیری کرد؟  
پاسخ: خیر، چون در شرایط معمولی، کمترین مقدار اندازه گیری دما توسط دماسنج جیوه ای  $38/7 -$  درجه سلسیوس است.

پرسش



اگر هدف اندازه گیری فقط نقطه جوش و یا نقطه ذوب مواد موجود در جدول ۲ باشد، کدام دماسنج (الکلی یا جیوه ای) را برای اندازه گیری آن پیشنهاد می دهید؟  
پاسخ:

### جدول ۲- نقطه جوش و یا نقطه ذوب مواد مختلف

ردیف	ماده	موضوع	مقدار ( $^{\circ}\text{C}$ )	انتخاب دماسنج
۱	استیک اسید	دمای جوش	۱۱۸	جیوه ای
۲	سیکلوهگزان	دمای جوش	$80/74$	الکلی - جیوه ای
۳	کلروفرم	نقطه ذوب	$-63/5$	الکلی
۴	استون	نقطه ذوب	$-95$	الکلی



تحقیق کنید



با استفاده از منابع اینترنتی مزایای دو دماسنج جیوه‌ای و الکلی را بررسی نمایید.  
پاسخ:

مزایای دماسنج جیوه‌ای:

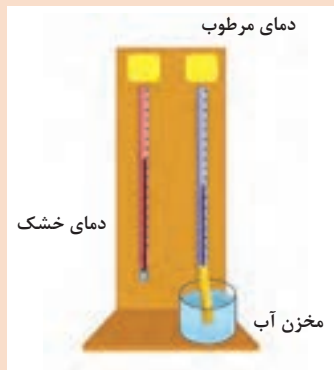
- جیوه به آسانی دیده می‌شود ولی الکل باید رنگی باشد.
  - جیوه به دیواره لوله نمی‌چسبد ولی الکل می‌چسبد.
  - جیوه تغییرات دما را واضح‌تر نشان می‌دهد ولی در مورد الکل این طور نیست.
  - برای دماهای بالا جیوه مناسب‌تر است زیرا الکل دارای سرعت تبخیر زیاد است.
- مزایای دماسنج الکلی:
- دماسنج الکلی برای دماهای پایین مناسب‌تر است.
  - میزان انبساط الکل از جیوه بیشتر است، پس می‌توان برای دماسنج الکلی از لوله باریک استفاده کرد.
  - الکل ارزان‌تر از جیوه است، جیوه سمی بوده و اگر دماسنج جیوه‌ای بشکند خطرناک است.

### فعالیت ساخت یافته ۶: تعیین رطوبت نسبی هوا با استفاده از دماسنج در کارگاه به صورت عملی

فعالیت  
عملی ۲



تعیین رطوبت نسبی هوا با استفاده از دمای مرطوب و خشک هوا  
**راهنمایی:** آب به وسیله دستمال کاغذی مرتباً بالا رفته و دائماً دور مخزن را مرطوب نگه می‌دارد و آب دستمال شروع به تبخیر می‌کند. چون تبخیر سطحی باعث کاهش دما می‌شود، دماسنج مربوطه عدد کمتری را نسبت به دماسنج دیگر نشان می‌دهد. هر قدر بخار آب هوای محیط کم باشد، تبخیر سطحی زیادتر و در نتیجه اختلاف دمای بین دو دماسنج زیادتر است؛ و بالعکس هوای مرطوب سبب می‌شود که تبخیر آب کمتر انجام پذیرد و تفاوت دما بین دو دماسنج کمتر می‌شود. پس در مراجعه به دو دماسنج، اختلاف دمای بیشتر دلیل خشک بودن هوا و اختلاف درجه کمتر دلیل بر مرطوب بودن هوای محیط است.



شکل ۱۱- آزمایش تعیین رطوبت نسبی هوا

- ۱ دو دماسنج جیوه‌ای را مطابق شکل ۱۱ کنار هم به یک پایه چوبی نصب کنید.
- ۲ در زیر یکی از دماسنج‌ها یک لیوان پر آب قرار داده و یک فتیله یا دستمال کاغذی را در آب درون لیوان قرار دهید و انتهای فتیله را با نخ به مخزن جیوه یکی از دماسنج‌ها ببندید.
- ۳ یک پنکه جلوی دو دماسنج قرار دهید.
- ۴ پنکه را روشن کرده و سرعت آن را در مقدار کم قرار دهید.
- ۵ پس از گذشت چند دقیقه (با ثابت شدن دما) دمای هر دو دماسنج را یادداشت نمایید.
- ۶ دمای دماسنجی که با دستمال خیس پوشیده شده را دمای مرطوب و دیگری را دمای خشک نامگذاری کنید.
- ۷ اختلاف دمای مرطوب و خشک را محاسبه کنید.
- ۸ با استفاده از دمای خشک، اختلاف دمای محاسبه شده و جدول ۳، رطوبت نسبی هوا را به دست آورید.

جدول ۳- میزان رطوبت نسبی هوا بر حسب دمای خشک و اختلاف دمای خشک و مرطوب

دمای خشک (°C)								اختلاف دمای خشک و مرطوب
۳۳	۳۰	۲۷	۲۵	۲۲	۲۰	۱۸	۱۵	
۹۳	۹۳	۹۲	۹۲	۹۲	۹۱	۹۱	۹۰	۱
۸۷	۸۶	۸۵	۸۵	۸۴	۸۳	۸۲	۸۰	۲
۸۰	۷۹	۷۸	۷۷	۷۶	۷۵	۷۳	۷۱	۳
۷۴	۷۳	۷۱	۷۰	۶۸	۶۷	۶۵	۶۲	۴
۶۹	۶۷	۶۵	۶۴	۶۱	۵۹	۵۷	۵۳	۵
۶۳	۶۱	۵۹	۵۷	۵۴	۵۲	۴۹	۴۴	۶
۵۸	۵۵	۵۳	۵۱	۴۷	۴۵	۴۲	۳۶	۷
۵۳	۵۰	۴۷	۴۵	۴۱	۳۸	۳۴	۲۸	۸
۴۸	۴۵	۴۱	۳۹	۳۴	۳۱	۲۷	۲۱	۹
۴۳	۴۰	۳۶	۳۳	۲۸	۲۵	۲۰	۱۳	۱۰

در صورت موجود نبودن پنکه، این آزمایش در مسیر جریان هوا مانند آزمایشگاه با درب‌ها و پنجره‌های کاملاً باز و یا زیر هود روشن با باز بودن شیشه آن، انجام شود.

فعالیت  
عملی ۳



این آزمایش را بدون استفاده از پنکه انجام دهید و رطوبت نسبی هوا را تعیین نمایید.  
راهنمایی: آزمایش را به دو روش انجام داده و نتیجه رطوبت‌های به دست آمده را با هم مقایسه کنید.

پرشش



دماسنج‌های پرشده در چه محدوده دمایی قابل استفاده می‌باشند؟  
پاسخ: محدوده دمایی دماسنج‌های پرشده و مزایای آنها در جدول ارائه شده است.

مزایا	محدوده دمایی قابل استفاده (°C)	نوع دماسنج
- مقاوم در برابر ضربه و ارتعاش - امکان نشان‌دهی، کنترل و ثبت دما از راه دور	۵۰- تا +۶۰۰	دماسنج پرشده از جیوه با نشان‌دهنده سامانه فشار
- مقاوم در برابر ضربه و ارتعاش - امکان نشان‌دهی، کنترل و ثبت از راه دور	۱۰۰- تا +۴۰۰	دماسنج پرشده از مایع با نشان‌دهنده سامانه فشار
- گستره دمایی کاری محدود - امکان ساخت دماسنج برای گستره دمایی خاص - درستی کمتر در مقایسه با دماسنج پر شده از مایع با نشان‌دهی سامانه فشار	۳۰- تا +۲۰۰	دماسنج با نشان‌دهنده سامانه فشار بخار
- گستره دمایی کاری وسیع - تأثیر پذیری از فشار محیط	۲۰۰- تا +۶۰۰	دماسنج با نشان‌دهنده سامانه فشار گاز

**فعالیت ساخت یافته ۷:** ساخت یک ترموکوپل ساده و مدرج کردن آن در کارگاه به صورت عملی

فعالیت  
کارگاهی ۴



### ساخت یک ترموکوپل

**راهنمایی:** هنرجویان در گروه‌های کاری، مطابق روش کار داده شده و با استفاده از سیم‌های فلزی متفاوت یک ترموکوپل ساده ساخته و سپس مطابق مراحل کار داده شده، ولت‌سنج را بر اساس دما درجه‌بندی نمایند.

فیلم دماسنج ترموکوپل و RTD

فیلم ۳



فیلم دماسنج ترموکوپل

فیلم ۴



چگونگی کار با دماسنج غیرتماسی

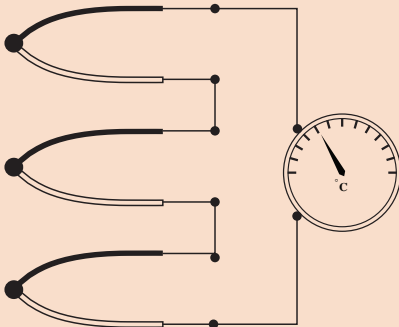
فیلم ۵



ترموپیل چیست و کاربرد آن کجا است؟

پاسخ:

اگر در ترموپیل دمای محیط کلیه اتصالات و همچنین سیم‌های اتصال یکسان باشد در این صورت حساسیت آن بالا رفته و میزان دقت آن نیز بیشتر خواهد شد. به عنوان مثال با سری کردن ۲۵ ترموکوپل از نوع کنستانتان - کرمل میزان دقت ۰/۰۰۱ درجه سلسیوس بالا خواهد رفت.



تحقیق کنید



دماهای مورد نیاز در عملیات صنعتی مطابق جدول زیر می‌باشد. چه ترموکوپلی را برای اندازه‌گیری دمای هر عملیات پیشنهاد می‌دهید.

پاسخ:

پرسش



ترموکوپل مورد نیاز	دمای مورد نیاز (°C)	عملیات	ردیف
J	۵۰۰	راکتور واحد بنزین‌سازی پالایشگاه	۱

R	۱۴۰۰	کوره سیمان	۲
K	۹۰۰	کربن‌دهی سطحی در عملیات حرارتی فولاد	۳
K	۸۰۰	راکتور تولید هیدروژن	۴
T	۳۵۰	راکتور واحد تصفیه گازوئیل پالایشگاه	۵

## دماسنج‌های مقاومتی

دانش‌افزایی: برای تعیین مقاومت یک جسم از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

که در این رابطه  $L$  طول جسم،  $A$  سطح مقطع جسم و  $\rho$  مقاومت الکتریکی مخصوص جسم می‌باشد و از خواص ذاتی جسم و به دمای آن بستگی دارد. اگر چه مطابق مباحث تئوری می‌توان از هر نوع فلزی برای تشخیص دما استفاده کرد ولی در عمل فلزاتی با نقطه ذوب بالا که در برابر خوردگی مقاوم هستند و فلزاتی که مقاومت مخصوص بالایی دارند برای دماسنج‌های مقاومتی مناسب‌تر می‌باشند. در جدول ۶ مقاومت مخصوص برخی از فلزات معمولی و مورد استفاده در دماسنج‌های مقاومتی آورده شده است.

جدول ۶ - مقاومت مخصوص برخی از فلزات معمولی

ردیف	نام فلز / آلیاژ	مقاومت مخصوص (اهم بر سانتی‌متر)
۱	نقره	۸/۸
۲	مس	۹/۲۶
۳	طلا	۱۳/۰۰
۴	تنگستن	۳۰/۰۰
۵	نیکل	۳۶/۰۰
۶	پلاتین	۵۹/۰۰

معروف‌ترین فلزات مورد استفاده در دماسنج مقاومتی نیکل و پلاتین یا آلیاژهای نیکل می‌باشند. تنها فلزی که تقریباً تغییرات مقاومت آن نسبت به تغییرات دما، خطی است، فلز پلاتین (Pt) است. هر چند که این فلز بسیار

گران بها است (به طور متوسط قیمت پلاتین دو برابر قیمت طلا است) اما برای اندازه گیری دما از آن استفاده می کنند. دماسنج مقاومتی پلاتین را می توان برای دماهای خیلی دقیق در گستره ۲۵۳- تا ۸۰۰ درجه سلسیوس به کار برد. معمولاً فلزات طلا، نقره و مس مقاومت مخصوص پایینی دارند و استفاده از آنها برای دماسنج مقاومتی مناسب نیست. لذا برای آشکارسازی تغییرات مقاومت الکتریکی می بایست اندازه مقاومت فلز نسبتاً بزرگ باشد به همین دلیل با ساخت مقاومت به صورت سیم پیچ طول آن افزایش یافته و در نهایت مقاومت الکتریکی آن افزایش می یابد.

**فعالیت ساخت یافته ۸:** بررسی چشمی سالم بودن دماسنج های موجود در کارگاه به صورت عملی

راهنمایی: هنرجویان دماسنج های موجود در کارگاه را از نظر سالم بودن به صورت چشمی بررسی نموده و در مورد هر کدام، جدول داده شده در روش کار را کامل نمایند. هدف از این تمرین تشخیص سریع دماسنج سالم و مناسب برای گستره های مختلف دمای است.

فعالیت  
کارگاهی ۵



**فعالیت ساخت یافته ۹:** اندازه گیری دمای نمونه های مختلف با استفاده از دماسنج های مناسب در کارگاه به صورت عملی

پس از بررسی دماسنج های موجود در کارگاه، با دماسنج های سالم اندازه گیری نمونه های داده شده را انجام نمایند. هدف از این فعالیت تمرین بیشتر برای کسب مهارت کار با دماسنج ها می باشد.

فعالیت  
کارگاهی ۶



بررسی نمایید انبساط طولی اجسام با افزایش دما به چه صورت بوده و ضرایب انبساط طولی چند ماده را پیدا کنید.  
جواب: اگر جسمی انرژی گرمایی دریافت کند دچار تغییر دما و تغییر حجم، تغییر حالت و شکل و یا تغییر ماهیت خواهد شد. هنگامی که دما افزایش می یابد،

تحقیق کنید



فاصله متوسط بین مولکولی افزایش یافته و این امر موجب انبساط تمامی جسم می‌گردد. تغییر هر بعد جسم جامد مانند طول، عرض یا ضخامت (ارتفاع) را یک انبساط خطی می‌نامند. رابطه انبساط طولی از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$\Delta L = \alpha L \Delta \theta$$

که در این رابطه  $\Delta L$  تغییر طول جسم،  $\alpha$  ضریب انبساط طولی،  $L$  طول اولیه،  $\Delta \theta$  میزان افزایش دما می‌باشند. ضریب انبساط طولی عبارت است از تغییر نسبی طول به ازای یک درجه تغییر دما، که این ضریب یکی از مشخصات ماده محسوب می‌شود و برای مواد مختلف دارای مقادیر متفاوت و نسبتاً ثابتی است. بنابراین برای جامدات از جنس‌های مختلف با دانستن ضریب انبساط طولی می‌توان علاوه بر مشخص کردن تغییر طول، تغییر مساحت یا حجم آن ماده را نیز با تغییر دما بررسی نمود. در جدول زیر ضریب انبساط طولی اجسام ارائه شده است.

ردیف	نام مواد	ضریب انبساط طولی (1/K)
۱	پتاسیم	$83 \times 10^{-6}$
۲	سدیم	$72 \times 10^{-6}$
۳	روی	$39/7 \times 10^{-6}$
۴	سرب	$28/3 \times 10^{-6}$
۵	منیزیم	$27 \times 10^{-6}$
۶	آلومینیوم	$23/9 \times 10^{-6}$
۷	منگنز	$22 \times 10^{-6}$
۸	نقره	$18/2 \times 10^{-6}$
۹	مس	$16/6 \times 10^{-6}$
۱۰	طلا	$19 \times 10^{-6}$
۱۱	آهن	$11/76 \times 10^{-6}$
۱۲	بتن	$11 \times 10^{-6}$
۱۳	آجر	$9 \times 10^{-6}$
۱۴	شیشه معمولی	$8/5 \times 10^{-6}$
۱۵	الماس	~۰

## فعالیت ساخت یافته ۱۰: ساخت دماسنج دو فلزی در کارگاه به صورت عملی

ساخت یک ترموستات  
**راهنمایی:** هدف مشاهده کاربرد دماسنج دوفلزی در یک نمونه از وسایل موجود می باشد. در واقع با استفاده از راه انداز لامپ مهتابی و آزمایش ساده طراحی شده، چگونگی عملکرد ترموستات بهتر درک می گردد.

فعالیت  
عملی ۷



ساخت دماسنج دوفلزی  
**راهنمایی:** با استفاده از دو تیغه فلزی هم شکل و هم اندازه ولی با جنس متفاوت (آهنی و مس) و امکانات موجود در کارگاه هنرستان خود، هنرجویان یک دماسنج دوفلزی بسازند.

فعالیت  
عملی ۸



## فعالیت ساخت یافته ۱۱: معرفی انواع دماسنج های غیر تماسی (آذرسنج نوری و آذرسنج تشعشعی) با کمک تصویر

نمایش فیلم چگونگی کار با دماسنج غیر تماسی

فیلم ۵



هنرآموزان محترم، توجه داشته باشند که بازدید از مراکزی که دارای کوره های دما بالا هستند، می تواند در این زمینه بسیار مؤثر باشد. کارخانجات تولیدی وسایل شیشه ای و بلور، برای اندازه گیری دمای کوره ذوب مواد اولیه از انواع آذرسنج نوری و تشعشعی استفاده می کنند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۲:** معرفی انواع نشانگرهای دما (شیشه ای، عقربه ای، دیجیتالی)

**راهنمایی:** برای آموزش این مبحث می توان از انواع نشانگرهای شیشه ای، عقربه ای و دیجیتالی موجود در آزمایشگاه ها، کارگاه ها، موتورخانه ها، وسایل پیرامون هنرجو و ... استفاده نمود.



### مرحله ۳: کالیبراسیون دماسنج‌ها

**فعالیت ساخت یافته ۱۳:** بیان مفهوم و ضرورت کالیبراسیون در سامانه‌های صنعتی، طبقه‌بندی تجهیزات از نظر کالیبراسیون، نکات مهم در عمل کالیبراسیون

پرسش



به نظر شما چگونه می‌توان پی برد که یک دماسنج یا دبی‌سنج درست کار می‌کند یا خیر؟

پاسخ: برای تعیین صحت اندازه‌گیری دستگاه اندازه‌گیر مانند دماسنج، می‌توان هر دماسنجی که در آزمایشگاه دارید از قبیل جیوه‌ای، دو فلزی و یا ترموکوپل را در دو ظرف حاوی یخ و آب جوش قرار دهید. فائدتاً ظرف آب و یخ می‌بایست دمای صفر درجه سلسیوس و ظرف آب جوش دمای حدود صد درجه سلسیوس را نشان دهد. هر کدام از دماسنج‌ها، دماهای مذکور را نشان نداد، نشانه خطای اندازه‌گیری آن می‌باشد.

فیلم ۶



کالیبراسیون دماسنج پر شده

**فعالیت ساخت یافته ۱۴:** انجام کالیبراسیون دماسنج‌های موجود در کارگاه به صورت عملی

فعالیت  
عملی ۹



#### کالیبراسیون دماسنج‌ها

سه نمونه دماسنج مختلف (جیوه‌ای، الکلی، دیجیتالی، ...) موجود در کارگاه هنرستان خود را انتخاب کرده، سپس دمای آب حاوی تکه‌های یخ را به‌طور هم‌زمان توسط دماسنج‌ها اندازه‌گیری نموده و در جدول داده شده، یادداشت کنید.

شماره دماسنج	دمای آب و یخ (°C)
دماسنج ۱	
دماسنج ۲	
دماسنج ۳	

الف) آیا دماهای خوانده شده متفاوت هستند؟ چرا؟  
ب) کدام دماسنج، دمای صحیح آب و یخ را نشان می‌دهد؟  
ج) چگونه می‌توانید دماسنج‌های دیگر را تنظیم و کالیبره کنید؟  
**راهنمایی:** ممکن است دماسنج‌های به کار رفته در آزمایش، دمای مخلوط آب و یخ را با عدد صفر نشان ندهند (از تأثیر عوامل محیطی صرف نظر نمایید). به عنوان مثال اگر دماسنجی دمای نمونه آب و یخ را عدد ۱ نشان داد، عدد «یک» این دماسنج مطابق با صفر درجه سلسیوس خواهد بود و بقیه درجه‌های آن نیز بر این اساس تصحیح گردد.

## مرحله ۴: کنترل فرایند

**فعالیت ساخت‌یافته ۱۵:** بیان مفهوم کنترل فرایند و انواع حلقه‌های کنترل با کمک تصویر

عملکرد یخچال چه نوع سامانه کنترلی است؟ توضیح دهید.  
**پاسخ:** یخچال یک سامانه کنترل حلقه بسته است. متغیرهای موجود در این سامانه کنترل عبارت‌اند از:  
فرایند و کنترل‌شونده: دمای داخلی یخچال  
دمای تنظیمی (ورودی): دستور اولیه داده شده یا همان دمای مطلوب  
دمای واقعی (خروجی): دمای نشان داده شده یخچال  
بازخورد: مقدار دمای اندازه‌گیری شده توسط ترموکوپل  
دستگاه اندازه‌گیری: دماسنج (ترموکوپل) استفاده شده در یخچال  
عملکرد کنترل در یخچال به این صورت است که در ابتدا دمایی برای یخچال به عنوان مقدار تنظیمی (SP) تعیین می‌شود، سپس یخچال روشن شده و چرخه سرمایش آغاز می‌گردد. ترموکوپلی در یخچال وجود دارد که به عنوان دستگاه اندازه‌گیری، دمای محیط داخل یخچال را در هر لحظه اندازه‌گیری می‌کند (دمای واقعی PV). سامانه کنترل که وظیفه مقایسه دمای تنظیمی را با دمای واقعی دارد، در هر لحظه این عمل را انجام می‌دهد. تا زمانی که دمای درون یخچال به دمای مورد نظر نرسیده باشد، یخچال در حال کار کردن است و به محض اینکه به دمای مورد نظر برسد موتور آن خاموش می‌شود. با این عمل از یخ‌زدگی یا خراب شدن خوراکی‌های یخچال مراقبت می‌شود. تا زمانی که دمای داخل یخچال با دمای تنظیمی یکی باشد، موتور یخچال خاموش می‌ماند ولی به محض اینکه دمای اندازه‌گیری شده از دمای تنظیمی بیشتر شود، موتور یخچال مجدداً روشن می‌شود، تا به دمای مطلوب برسد. چرخه خاموش و روشن شدن موتور یخچال به طور پیوسته تکرار می‌گردد تا همواره دمای داخل آن در دمای مطلوب ثابت بماند.

پرسش



اکنون فرض کنید درب یخچال برای مدتی باز بماند که این اتفاق را چون پیش‌بینی نشده است، اصطلاحاً اغتشاش می‌نامند. حال سامانه کنترل چون همواره آماده است، این اغتشاش را حس می‌کند و چون دمای واقعی درون یخچال بالا رفته است، بلافاصله توسط کنترل‌کننده، دستور روشن شدن موتور یخچال صادر می‌شود و مجدداً موتور یخچال آن‌قدر کار می‌کند تا دمای واقعی یخچال به دمای دستور داده شده برسد. در این لحظه موتور یخچال خاموش می‌گردد.

فیلم ۷



فیلم‌های شماره ۷ و ۸ و ۹: کنترل فرایند

**فعالیت ساخت یافته ۱۶:** بررسی عملکرد یک ترموستات به صورت عملی در کارگاه

پرسش



کاربردهای ترموستات را در صنایع شیمیایی نام ببرید.  
پاسخ: در اغلب سامانه‌های مجهز به کنترل دما از انواع ترموستات‌ها استفاده می‌گردد، مانند مبدل‌های حرارتی، کوره‌ها، دیگ‌های بخار، ...

تحقیق کنید



چگونه دمای بدن انسان کنترل می‌شود؟  
پاسخ: همان‌طور که مطرح شد ترموستات دستگاهی است که با کنترل مقدار حرارت ایجاد شده، دما را ثابت نگه می‌دارد. قسمتی از مغز انسان نیز که «تالاموس» نامیده می‌شود، درست مانند یک ترموستات عمل می‌نماید. بدن برای تولید انرژی که بخش عمده آن به شکل حرارت در می‌آید، مواد غذایی را می‌سوزاند. تالاموس مقدار حرارت بدن را کنترل می‌کند و آن را در حدود ۳۷ درجه سلسیوس (دمای مطلوب SV) نگه می‌دارد.

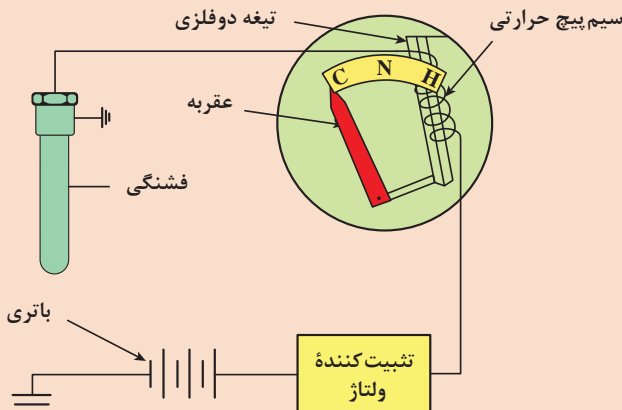
بدن انسان در تمام لحظه‌ها گرما تولید می‌کند. به همین جهت، باید راه‌هایی برای بیرون دادن قسمت اضافه حرارت وجود داشته باشد وگرنه دائماً گرم و گرم‌تر خواهد شد. وظیفه ترموستات بدن (تالاموس) این است که مقدار حرارت خروجی از بدن را کنترل کند و دمای داخلی بدن را در محدوده ۳۷ درجه سلسیوس ثابت نگه دارد. هوایی که از شش‌های انسان خارج می‌شود، مقداری حرارت را به همراه خود از بدن خارج می‌کند. مدفوع و ادرار و یا مواد زائدی که از بدن خارج می‌شوند نیز مقداری از حرارت بدن را با خود خارج می‌نمایند. پوست بدن نیز کاری شبیه به همین را انجام می‌دهد و حتی می‌توان گفت که از طریق پوست، مقدار بسیار بیشتری حرارت از بدن خارج می‌گردد.



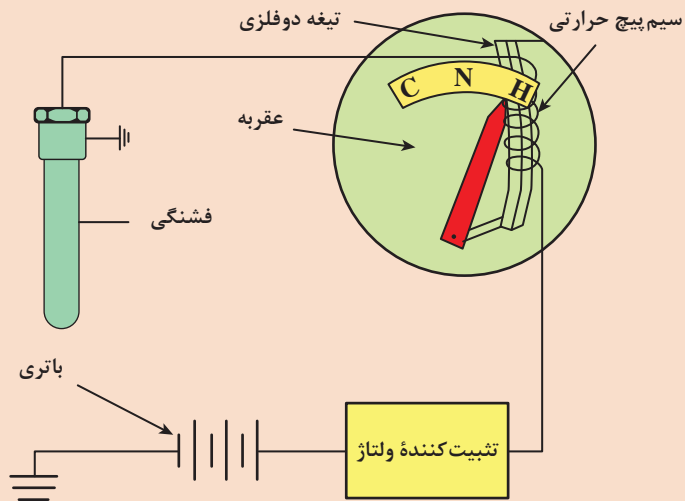
سامانه اندازه‌گیری و کنترل دمای آب موتور در اتومبیل چگونه است؟  
**پاسخ:** همان‌طور که توضیح داده شده است، مرحله اول حلقه کنترل دما اندازه‌گیری دما است که در خودرو، حسگر اندازه‌گیری دما توسط فشنگی انجام می‌شود. وظیفه فشنگی برقراری جریان برای روشن شدن، کند و تند شدن دور فن رادیاتور یا اعلام درجه آب به سامانه کنترل دمای آب داخل مدار موتور می‌باشد.

فشنگی یا همان حسگر دمای آب، یک مقاومت از نوع NTC می‌باشد. این نوع مقاومت ارتباط و تأثیرپذیری مستقیم با دما دارد. در صورت سرد بودن دمای آب موتور چون مقاومت فشنگی بالا می‌رود، ولتاژ برگشتی کمتر می‌شود و براساس آن ولتاژ برگشتی، سامانه کنترلی خودرو از دمای کم آب موتور اطلاع پیدا می‌کند. اگر دمای آب موتور بالا برود مقاومت آن کم می‌شود، در نتیجه ولتاژ برگشتی بالاتر رفته و سامانه کنترلی خودرو از دمای بالای آب موتور اطلاع پیدا می‌کند و دستور روشن شدن، کند یا تند شدن دور فن خنک‌کننده آب موتور را می‌دهد.

ضمناً نشانگر دمای آب نیز در رابطه با فشنگی است. در ساختمان این نوع نشانگر از تیغه دوفلزی استفاده شده است که در مقابل حرارت حساس بوده و تغییر طول می‌دهد. سیم پیچ حرارتی نصب شده در روی تیغه (ترنس‌میتور)، تغییرات دمای لازم را برحسب مقدار جریان الکتریکی مصرفی ایجاد می‌کند. در حالت سرد بودن آب موتور به علت زیاد بودن مقاومت الکتریکی فشنگی آب، جریان بسیار کمی از سیم پیچ حرارتی عبور می‌کند و تغییر طول تیغه دوفلزی در حدی است که عقربه نشان‌دهنده روی C (سرد) قرار می‌گیرد.



افزایش گرمای آب موتور باعث کاهش مقاومت الکتریکی در فشنگی آب نصب شده روی موتور می‌شود و متناسب با آن، جریان مصرفی دستگاه افزایش می‌یابد. عبور جریان الکتریکی از سیم‌پیچ حرارتی باعث گرم شدن تیغه دو فلز و در نتیجه افزایش طول آن می‌شود. افزایش طول تیغه باعث تغییر موقعیت عقربه دستگاه شده و عقربه به سمت H (گرم) حرکت می‌کند.



ترموستات هم وسیله‌ای است برای تنظیم درجه حرارت موتور اتومبیل که به طور خودکار گرمای موتور را در حد ایده‌ال که حدود ۸۵ درجه است، نگه می‌دارد. لازم به توضیح است که برای عملکرد درست موتور، دمای آن باید در محدوده معینی نگه داشته شود.

سرد بودن موتور باعث می‌شود که غلظت روغن بالا رود و روان کاری قطعات به خوبی صورت نگیرد و گرم بودن بیش از حد آن هم باعث می‌شود روغن خیلی رقیق شود و خاصیت روان‌کنندگی خود را از دست بدهد. بنابراین ضرورت کامل دارد که دمای موتور در حد ۸۵ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شود.



در واقع ترموستات یک وسیله مکانیکی هوشمند است که کار یک شیر قطع و وصل خودکار را انجام می‌دهد. استفاده از ترموستات همیشه باید صورت گیرد و از این نظر فرقی بین روزهای گرم تابستان و یا روزهای سرد زمستان وجود ندارد.

پرسش

مزایای کنترل فرایند در صنایع شیمیایی چیست؟  
 پاسخ: به طور کلی، مزایای کنترل فرایند اعم از دما، فشار، دبی و غیره عبارت‌اند از:



ردیف	سود
۱	افزایش توان عملیاتی
۲	بهبود بهره
۳	کاهش انرژی مصرفی
۴	کاهش هزینه‌های عملیاتی
۵	بهبود سازگاری کیفیت
۶	افزایش انعطاف پذیری
۷	بهبود پایداری فرایند
۸	کاهش دخالت و خطاهای انسانی

## فعالیت ساخت یافته ۱۷: کنترل دمای آب یک مخزن به صورت عملی در کارگاه

فعالیت  
عملی ۱۰



### کنترل دمای آب یک مخزن

راهنمایی: با استفاده از ترموستات، دماسنج، زمان‌سنج و یک مخزن مجهز به گرمکن الکتریکی یک سامانه کنترل دما همانند شکل ۵۰ کتاب کنترل فرایندهای شیمیایی طراحی نموده و سپس مطابق روش کار ارائه شده عمل نموده و به سؤالات آن پاسخ دهید.

همچنین با طرح پرسش‌هایی نظیر «در اطراف شما کدام وسایل مجهز به سامانه کنترل دما هستند؟» هنرجویان را با انواع وسایل مجهز به سامانه کنترل دما آشنا نموده و در مورد شیوه کارکرد این سامانه بحث و گفت‌وگو نمایند.

## ارزشیابی شایستگی اندازه‌گیری، ثبت و کنترل دما

<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>  به کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری دما و کنترل آن مطابق دستورالعمل</p> <p><b>شاخص‌ها:</b>  - رعایت مسایل ایمنی حین کار  - انجام کار طبق دستورالعمل</p>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b>  <b>شرایط مکان:</b> کارگاه  <b>شرایط دستگاه:</b> سرویس شده  <b>زمان:</b> یک جلسه آموزشی  <b>ابزار و تجهیزات:</b> شیشه کوچک با درب چوب پنبه، لوله شیشه‌ای، چسب، کاغذ میلی‌متری، انواع دماسنج، دو قطعه سیم مسی، یک قطعه سیم آهنی، ولت‌متر، ارلن، استارت لامپ مهتابی، باتری قلمی، لامپ سه ولتی، سیم، ترموستات، گیره، گرمکن الکتریکی، زمان‌سنج</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دما	۱	
۲	انجام روش‌های اندازه‌گیری دما	۲	
۳	کالیبراسیون دماسنج	۱	
۴	کنترل دما	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، 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> صرفه‌جویی در مواد مصرفی <b>۳- توجهات زیست محیطی:</b> جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش <b>۴- شایستگی‌های غیرفنی:</b> اخلاق حرفه‌ای، مدیریت منابع، محاسبه و کاربست ریاضی، مستندسازی (گزارش نویسی)	۲	
	میانگین نمرات		*

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



**پودمان سوم**

**اندازه‌گیری، ثبت و کنترل فشار**

در این پودمان هنرجویان با مفاهیم و محاسبات، روش‌های اندازه‌گیری فشار، کالیبراسیون فشارسنج‌ها و کنترل فشار فرایندهای شیمیایی آشنا می‌شوند. آموزش این پودمان به صورت تدریس تئوری و عملی پیش‌بینی شده است. در ابتدا مطالب تئوری مربوط به مفهوم فشار گازها، مایعات و جامدات، یکاهای مختلف فشار، تبدیل آنها به یکدیگر، انواع روش‌های اندازه‌گیری فشار و فشارسنج‌های مختلف، چگونگی تنظیم دقیق وسایل اندازه‌گیری و کنترل فشار فرایندها ارائه شده است. سپس به فراخور امکانات و تجهیزات موجود در هنرستان‌ها، فعالیت‌های عملی ساده و قابل اجرا آورده شده است. همچنین در این پودمان استفاده هم‌زمان از فیلم‌های آموزشی با مطالب درسی پیش‌بینی گردیده است. با توجه به این که بازدید از مراکز صنعتی مرتبط با هر دستگاه و فرایند، تأثیر به‌سزایی در امر یادگیری دارد، از هنرآموزان محترم در خواست می‌گردد که در این راستا نیز بازدیدهای خواسته شده را جامه عمل بپوشانند.

اغلب فعالیت‌های این پودمان به صورت گروهی در نظر گرفته شده است. بنابراین لازم است که هنرآموزان محترم با تقسیم‌بندی هنرجویان کلاس به گروه‌های مختلف ۳ تا ۴ نفره و با نظارت و هدایت دقیق گروه‌های دانش‌آموزی به طور مستقیم در فرایند یاددهی و یادگیری مشارکت مؤثر داشته باشند. همچنین هنرآموزان گرامی توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش‌بینی شده به شایستگی‌های غیرفنی این واحد یادگیری مانند اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به موقع، انجام وظایف و کارهای محوله پیروی از قوانین کارگاهی، و ...)، کار گروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی انجام کارها و وظایف محوله، ...) و مستندسازی (گزارش‌نویسی فعالیت‌های کارگاهی و ...) توجه ویژه داشته باشند.

## مرحله ۱: به کارگیری مفاهیم و محاسبات فشار

فعالیت ساخت یافته ۱: بیان مفهوم فشار با کمک تصویر و فیلم، بحث گروهی و فعالیت عملی

### بحث گروهی



شما می‌توانید به راحتی روی دو پا بایستید در حالی که ایستادن روی یک پا دشوار بوده و زمان کوتاه‌تری قابل تحمل است. علت چیست؟  
پاسخ: زمانی که روی دو پا ایستاده باشید نیروی وزن شما روی مساحت کف هر دو پا وارد می‌شود و از این روی فشار مقداری می‌شود که قابل تحمل است. اما چنانچه روی یک پا بایستید مساحت اعمال نیرو کمتر می‌شود و طبق معادله  $P = \frac{F}{A}$  مقدار فشار به فرض مساوی بودن مساحت کف هر دو پا، دو برابر می‌شود و تحمل آن مشکل‌تر.

### نکته



در مبحث فشار بایستی توجه داشته باشید که در معادله اساسی فشار مقدار نیرو مقداری است که به صورت عمود بر واحد سطح وارد می‌شود و چنانچه نیرویی به شکل مایل به سطح وارد شود، مؤلفه عمودی نیرو ایجاد فشار خواهد کرد و مؤلفه افقی نیرو که مماس بر سطح خواهد بود، ایجاد تنش برشی خواهد نمود.

### پرسش



چرا سوزن خیاطی با نیروی کمی و به راحتی در اجسام فرو می‌رود؟  
پاسخ: با توجه به مفهوم فشار، هرچه سطح مقطعی که نیرو به آن وارد می‌شود، کوچک‌تر باشد، فشار وارده بر آن بیشتر خواهد بود. در مورد سوزن به دلیل کوچک بودن سطح سر سوزن نسبت به اشیاء دیگر، با اعمال نیروی یکسان، فشار بیشتری ایجاد شده و سوزن راحت‌تر در پارچه فرو می‌رود.

### فیلم



فیلم شماره ۱ و ۲: مفهوم فشار

### بحث گروهی



با استفاده از معادله (۲) در مورد چگونگی افزایش یا کاهش فشار با تغییر سطح و یا نیرو بحث کنید.  
پاسخ: فشار با سطح رابطه عکس و با مقدار نیرو رابطه مستقیم دارد، یعنی با افزایش نیرو یا کاهش سطح مقدار فشار افزایش می‌یابد.

## فعالیت عملی ۱



با استفاده از یک مکعب مستطیل مفهوم فشار برای هنرجویان روشن شود. برای این منظور با اندازه‌گیری جرم و مساحت مقطع مکعب مستطیل و با کمک معادله مربوط به فشار، مقدار فشار را محاسبه نمایند. سپس با جابه‌جا کردن مکعب مستطیل روی یک سطح دیگر مجدداً مقدار فشار را محاسبه کنند. با مقایسه نتایج به دست آمده در هر بار محاسبه، به این نتیجه برسند که مقدار فشار معادل نیروی وارده بر واحد سطح می‌باشد.

## تمرین



۱ فشار ایجاد شده توسط یک نیروی  $۸۰۰$  نیوتنی بر مساحت  $۲$  مترمربع را محاسبه کنید.

پاسخ:

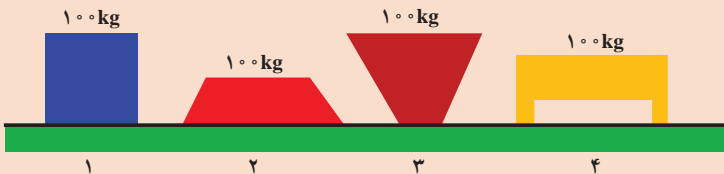
$$P = F/A = ۸۰۰ \text{ N} / ۲ \text{ m}^2 = ۴۰۰ \text{ N/m}^2 \text{ (Pa)}$$

۲ یک سیلندر و پیستون را در نظر بگیرید. مساحت پیستون  $۰/۵$  مترمربع می‌باشد و درون سیلندر گازی با فشار  $۳۰۰ \text{ Pa}$  قرار دارد. نیروی وارده به پیستون را محاسبه کنید.

پاسخ:

$$P=F/A \leftrightarrow F= P.A = ۳۰۰ \text{ Pa} \times (\text{N/m}^2) \times ۰/۵ \text{ m}^2 = ۱۵۰ \text{ N}$$

۳ در شکل زیر جرم کلیه اشکال یکسان و  $۱۰۰$  کیلوگرم می‌باشند. کدام شکل فشار بیشتری ایجاد می‌کند؟ کدام یک کمترین فشار را ایجاد می‌کند؟



پاسخ: طبق معادله اساسی فشار چون جرم همه اجسام یکسان است، بنابراین نیروی یکسانی وارد می‌کنند پس فشار در جسمی بیشتر است که مساحت اعمال نیروی کمتری داشته باشد که به ترتیب عبارت از ۴ و ۳ و ۱ و ۲ می‌باشند.

فعالیت ساخت یافته ۲: بیان یكاهای فشار در سامانه‌های مختلف با مثال

بیشتر بدانید



تور

واحد تور (Torr) به افتخار اوانجلیستا تورپچلی فیزیک‌دان و ریاضی‌دان ایتالیایی نامگذاری شده است. اهمیت این واحد فشار از آن جهت است که یک تور با تقریب خوبی معادل یک میلی‌متر جیوه خواهد بود. هر تور برابر با  $133/3224$  پاسکال می‌باشد.

### فعالیت ساخت یافته ۳: تبدیل یکاهای فشاری در سامانه‌های مختلف با مثال، تمرین و تحقیق

پرسش



۱ فشار چاه‌های گاز می‌تواند تا  $5000$  psi باشد. این فشار را به اتمسفر، کیلو پاسکال و میلی‌متر جیوه تبدیل کنید.  
حل: هنرآموزان محترم دقت داشته باشند که تمرین‌های مربوط به تبدیل واحدها فقط به روش نزدبانی حل شوند و روش‌های معمولی گر چه درست باشند، نمره‌دهی نشده و این مطلب را برای هنرجویان کاملاً توجیه کنید.

$$1 \text{ psi} = 0.06805 \text{ atm}$$

از جدول ۱:

$$5000 \text{ psi} \times \frac{0.06805 \text{ atm}}{1 \text{ psi}} = 340.25 \text{ atm}$$

۲ فشار داخلی راکتور تولید آمونیاک  $250$  بار می‌باشد. این فشار را به میلی‌متر جیوه، پی‌اس‌آی و پاسکال تبدیل کنید.  
راهنمایی: این تمرین نیز به کمک جدول ۱ و مانند مثال ۱ حل می‌شود.

تحقیق کنید



به وب‌سایت هواشناسی شهر خود رجوع کنید و یا از اداره هواشناسی محل سکونت خود فشار هوای محیط را بپرسید. سپس به کمک جدول ۱ این فشار را در سامانه‌های دیگر اندازه‌گیری، محاسبه کنید.  
راهنمایی: مرجع میزان دقیق فشار متوسط محیط در هر شهری، اداره هواشناسی می‌باشد. اطلاعات مربوط به فشار متوسط هوای محیط شهر خود را می‌توانید از روی وب‌سایت هواشناسی به دست آورید و به علاوه امکان استعلام تلفنی آن نیز وجود دارد. به کمک جدول ۱ و مشابه مثال قبل می‌توانید این تبدیلات را انجام دهید.

بیشتر بدانید



برای پیدا کردن کلیه واحدهای فشار و ضرایب تبدیل آنها، می‌توانید به کتاب هندبوک پری<sup>۱</sup> مراجعه کنید و یا جدول مناسب را از منابع اینترنتی دانلود نمایید.

## فعالیت ساخت یافته ۴: بیان مفهوم فشار گاز و قانون گاز ایده‌ال با کمک تمرین تصویر و فیلم

پرسش



چگونه می‌توان فشار گاز را در یک ظرف سربسته بیشتر کرد؟  
پاسخ: مولکول‌های گاز درون ظرف سر بسته به دلیل حرکت مداوم به دیواره ظرف برخورد کرده و به این دیواره نیرو وارد می‌کنند. میانگین نیروهای وارد شده بر سطح، تشکیل فشار گاز را می‌دهند. دمای یک گاز، زمانی که حرارت داده شود، افزایش پیدا می‌کند و سرعت حرکت مولکول‌ها افزوده می‌شود. با افزایش سرعت مولکول‌ها، تعداد ضربه‌های وارده بیشتر شده و در نتیجه فشار گاز افزایش پیدا می‌کند. در نتیجه با گرم کردن یک گاز در حجم ثابت می‌توان فشار آن را افزایش داد.

فیلم



نمایش فیلم‌های ۳ و ۴  
راهنمایی: فیلم‌های فشار گازها و گاز ایده‌ال، به عنوان فعالیت تحقیقی از هنرجویان خواسته شده و پس از بررسی نمونه‌های مناسب‌تر به نمایش گذاشته شود.

پرسش



۱ یک کپسول حاوی گاز نیتروژن در دمای ۲۵ درجه سلسیوس دارای حجم ۱۲ لیتر و فشار مطلق ۵ اتمسفر می‌باشد. با فرض ایده‌ال بودن گاز نیتروژن، محاسبه کنید چند گرم گاز نیتروژن در آن وجود دارد.  
حل: چون حجم برحسب لیتر و فشار برحسب اتمسفر می‌باشد، بنابراین  $R = 0.0821 \text{ lit} \cdot \text{atm} / \text{g mole}$  در نظر گرفته می‌شود.

در این محاسبات دما و فشار بایستی به صورت مطلق باشند. در این مسئله فشار مطلق است و دما را به صورت مطلق برحسب کلونین محاسبه می‌کنیم.

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273/15 = 25 + 273/15 = 298/15 \text{ K}$$

$$PV = nRT$$

$$5 \times 12 = n \times 0.0821 \times 298/15 \leftrightarrow n = 2/4511 \text{ g mole}$$

با توجه به جرم مولکولی نیتروژن هر گرم مول از آن ۲۸ گرم جرم دارد، بنابراین جرم گاز موجود در کیپسول عبارت است از:

$$m = n \times M_w \leftrightarrow m = 2/451 \text{ g mole} \times 28 \text{ g/gmole} = 68/3 \text{ g}$$

۲ گاز متان در خط لوله اصلی گاز ورودی به شهرها دارای فشار ۲۵۰ psi می‌باشد. در صورتی که دمای محیط ۳۴ درجه سلسیوس باشد، چگالی گاز متان موجود در خط لوله ورودی را سامانه‌های SI و انگلیسی محاسبه کنید.  
حل:

**قدم اول** پیدا کردن ثابت گاز مناسب می‌باشد. با توجه به اینکه فشار در سامانه انگلیسی است سایر متغیرها را نیز در سامانه انگلیسی تبدیل می‌کنیم و ثابت گازها را معادل  $19/33 \text{ psi} \cdot \text{ft}^3/\text{R} \cdot \text{lbmole}$  در نظر می‌گیریم.

**قدم دوم** تبدیل سایر متغیرها به سامانه انگلیسی: دما بایستی به رانکین تبدیل شود. ابتدا دما را به فارنهایت و سپس به رانکین تبدیل می‌کنیم.

$$T(^{\circ}\text{F}) = [T(^{\circ}\text{C}) \times 1/1.8] + 32 = (34 \times 1/1.8) + 32 = 93/2 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$T(\text{R}) = T(^{\circ}\text{F}) + 460 = 93/2 + 460 = 553/2 \text{ }^{\circ}\text{R}$$

در معادله گاز ایده‌ال به جای عده مول  $n$  مقدار معادل آن یعنی جرم تقسیم بر جرم مولی را قرار می‌دهیم.

$$n = m/M_w \text{ از ادغام این معادله در } PV = nRT \text{ خواهیم داشت:}$$

$$P \cdot M_w = (m/V)RT$$

عبارت  $m/V$  تعریف چگالی می‌باشد و بنابراین اگر به جای  $m/V$  عبارت  $d$  را قرار دهیم، خواهیم داشت:

$$d = P \cdot M_w / RT$$

جرم مولی متان ۶۱ پوند بر پوند مول در سامانه انگلیسی می‌باشد و بنابراین:

$$d = 250 \times 16/19 / 33 \times 553/2 = 0/374 \text{ lb/ft}^3$$

توجه داشته باشید که این عدد چون از قانون گاز ایده‌ال محاسبه گردیده است و گاز در این وضعیت قطعاً ایده‌ال نیست مقداری خطا دارد. تحقیق کنید که چگونه می‌توانید مقدار واقعی را محاسبه کنید.



۱ حجم اشغال شده توسط ۲/۳۴ گرم گاز کربن دی اکسید در شرایط متعارفی را محاسبه کنید.

حل: ابتدا جرم مولکولی کربن دی اکسید را محاسبه می‌کنیم و از تقسیم جرم کربن دی اکسید بر جرم مولکولی آن عده مول کربن دی اکسید را محاسبه می‌کنیم.

$$M_w \text{ CO}_2 = 44 \text{ g/gmole}$$

$$n = m/M_w = 2/34 \text{ g}/44 \text{ g/gmole} = 0/5328 \text{ gmole} \quad (0/0005328 \text{ kgmole})$$

در سامانه متریک مقدار گرم مول بایستی به کیلوگرم مول تبدیل گردد. در شرایط متعارفی دما صفر درجه سلسیوس یا همان ۲۷۳/۱۵ درجه کلونین می‌باشد و فشار یک اتمسفر است که در سامانه متریک ۱۰۰۰۰۰ پاسکال می‌باشد. مقدار R نیز با استفاده از جدول برابر با  $8/3145 \text{ Pa.m}^3(\text{K.mol})$  می‌باشد و بنابراین با استفاده از قانون گاز ایده‌ال:

$$V = nRT/P = (0/0005328 \times 8/3145 \times 273/15) / 1000000 = 1/2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

۲ نمونه‌ای از گاز آرگون در شرایط استاندارد ۵۶/۲ لیتر حجم دارد. تعداد مول و جرم آرگون را محاسبه کنید.

حل: در شرایط متعارفی فشار یک اتمسفر و دما صفر درجه سلسیوس یا همان ۲۷۳/۱۵ کلونین است.

طبق قانون گاز ایده‌ال:

$$n = PV/RT = (1 \times 56/2) / (0/0821 \times 273/15) = 2/5 \text{ gmole}$$

جرم اتمی آرگون ۴۰ و در نتیجه اتم گرم آن  $40 \text{ g/gmole}$  می‌باشد.

بنابراین جرم آرگون عبارت است از:

$$m = n \cdot M_w = 2/5 \times 40 = 100 \text{ g}$$

۳ ۰/۶۵۴ مول گاز آرگون در فشار ۱/۹۵ اتمسفر حجمی معادل ۱۲/۳ لیتر دارد، دمای گاز را محاسبه کنید.

حل: مقدار  $R = 0/082057 \text{ (lit.atm)/(K.mol)}$  را با توجه به سامانه واحدها انتخاب می‌کنیم و سپس از قانون گاز ایده‌ال:

$$T = PV/nR = (1/95 \times 12/3) / (0/754 \times 0/0821) = 387 \text{ K} \quad (114/3 \text{ } ^\circ\text{C})$$

۴ یک کپسول اکسیژن در دمای ۲۵ درجه سلسیوس حاوی ۴۰ کیلوگرم گاز اکسیژن در فشار ۱۸۰ بار می‌باشد. چگالی این گاز را محاسبه کنید و تفسیر کنید که آیا مقدار محاسبه شده دقیق می‌باشد یا خیر.



حل: ابتدا واحد تمام متغیرها را به سامانه متریک تبدیل می کنیم.

الف: دما:

$$T = 25 + 273/15 = 298/15 \text{ K}$$

ب) فشار:

هر بار ۱۰۰۰۰۰ پاسکال است، بنابراین فشار عبارت از ۱۸۰۰۰۰۰۰ پاسکال می باشد.

ج) عده مول:

جرم ملکولی اکسیژن ۳۲ می باشد و بنابراین مولکول گرم آن  $\text{kg/kgmole}$  ۳۲ می باشد.

مقدار R از جدول عبارت از  $(\text{K} \cdot \text{mol}) / \text{Pa} \cdot \text{m}^3$  ۸/۳۱۴۵ خواهد بود. مطابق با قانون گاز ایده آل:

$$d = P \cdot M_w / RT = 180 \times 32 / (8/3145 \times 298/15) = 2478/96 \text{ kg/m}^3$$

با توجه به اینکه فشار بالاست و گازها در فشارهای کم از خود رفتار ایده آل نشان می دهند، انتظار می رود پاسخ از مقدار واقعی انحراف قابل توجهی داشته باشد.

۵ گرم از یک گاز در شرایط متعارفی ۴۱۴/۲۲ لیتر حجم دارد. جرم مولکولی گاز را محاسبه کنید.

حل: با توجه به این که شرایط متعارفی می باشد و حجم داده شده حجم مولی گازها در شرایط متعارفی است، بنابراین ۳۰/۶ جرم یک مول از گاز یا همان جرم مولی است.

اما به روش حل تحلیلی:

رابطه بین جرم یک ماده با عده مول و جرم مولکولی آن عبارت است از:

$$n = m/M_w \text{ از جای گذاری این رابطه در قانون گاز ایده آل و حل معادله بر حسب } M_w \text{ خواهیم داشت:}$$

$$M_w = m R T / P V = (30/6 \times 8/3145 \times 273/15) / (1 \times 22/414) = 30/61 \text{ g/gmole} \leftrightarrow M_w = 30/61$$

۶ حجم یک مول از گاز در شرایط استاندارد را محاسبه کنید.

حل: مطابق با قانون گاز ایده آل اگر معادله را بر حسب حجم بازنویسی کنیم و در فشار یک اتمسفر و دمای صفر درجه سلسیوس که شرایط متعارفی است با انتخاب مقدار مناسب R خواهیم داشت:

$$V = nRT / P = (1 \times 8/3145 \times 273/15) / 1 = 22/425 \text{ lit}$$

## فعالیت ساخت یافته ۵: بیان مفهوم فشار مایعات با کمک تصویر، تمرین و فیلم

تمرین



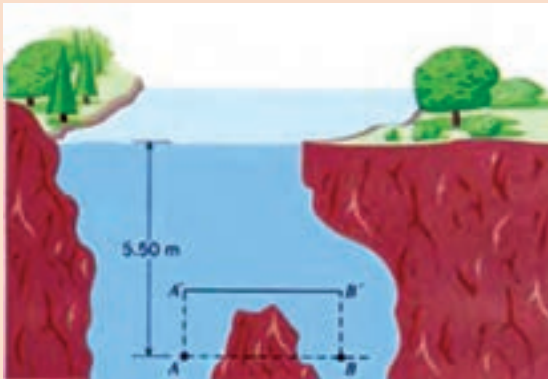
۱ با فرض اینکه چگالی آب  $1000 \text{ kg/m}^3$  باشد فشار را در کف لیوانی که تا ارتفاع ۱۵ سانتی متر از آب پر شده باشد را برحسب پاسکال، میلی متر جیوه، بار و اتمسفر محاسبه کنید.

پاسخ: ابتدا سانتی متر را به متر تبدیل می کنیم تا اعداد در سامانه متریک باشند سپس از معادله فشار مایعات مسئله را حل می کنیم:

$$P = d \cdot g \cdot h = 1000 \times 9/8 \times 0/15 = 1470 \text{ Pa}$$

۲ فشار را در نقاط A و B به دست آورید. آیا این دو با یکدیگر برابر هستند؟ در صورت جواب مثبت علت را توضیح دهید. چگالی آب را  $1000 \text{ kg/m}^3$  در نظر بگیرید.

پاسخ:



با توجه به شکل فشار در هر دو نقطه بایستی یکسان باشد چون فشار در مایعات تنها به چگالی مایع و ارتفاع سیال و شتاب جاذبه ربط دارد. این دو نقطه در سیال یکسان با چگالی یکسان و در ارتفاع یکسان قرار دارند و وجود برآمدگی صخره روی نقطه B هیچ تأثیری روی فشار ندارد، به علاوه شتاب جاذبه در مورد هر دو نقطه یکی است.

فشار عبارت است از :

$$P_A = P_B = d \cdot g \cdot h = 1000 \times 9/8 \times 5/5 = 53900 \text{ Pa}$$

۳ یک استخر شنا دارای عرض ۹ متر و طول ۲۴ متر می باشد که تا عمق ۳ متر از آب پر شده است. آب موجود در استخر چه نیرویی به کف آن وارد می کند؟ فشار ایجاد شده در کف استخر چقدر است؟

پاسخ: حجم آب موجود در استخر عبارت است از:

$$V = 24 \times 3 \times 9 = 648 \text{ m}^3$$

اگر چگالی آب را  $1000 \text{ kg/m}^3$  فرض کنیم، آنگاه جرم آب موجود در استخر برابر با  $648000$  کیلوگرم خواهد بود، بنابراین نیروی وارده عبارت خواهد بود از:

$$F = m \cdot g = 648000 \text{ kg} \times 9/8 \text{ m/s}^2 = 6450400 \text{ N}$$

مساحت کف استخر عبارت است از:

$$A = 24 \times 9 = 216 \text{ m}^2$$

بنابراین فشار وارد شده به کف استخر خواهد بود:

$$P = F / A = 6450400 \text{ N} / 216 \text{ m}^2 = 29862/96 \text{ N/m}^2 \text{ (Pa)}$$

فیلم



نمایش فیلم شماره ۵

**راهنمایی:** در صورت نداشتن فیلم مناسب فشار مایعات به عنوان تحقیق از هنرجویان خواسته شود و نمونه‌های مناسب‌تر در کلاس نمایش داده شود. برای این فعالیت‌ها امتیاز اضافی منظور شود.

**فعالیت ساخت یافته ۶:** بیان مفهوم فشار جو، فشار نسبی و مطلق با کمک تمرین، مثال، تصویر و فیلم

## فشار جو

فیلم



فیلم شماره ۶: نمایش فیلم فشارهوای اتمسفریک

تمرین



**۱** به نظر شما اگر بارومتر را در مکانی که  $1800$  متر از سطح دریا ارتفاع دارد قرار دهیم، ارتفاع ستون جیوه از  $760$  میلی‌متر کمتر خواهد بود یا بیشتر؟

پاسخ: به دلیل این که ارتفاع شهر از سطح دریا بیشتر است، بنابراین نیروی فشار هوا بر سطح تشت جیوه کمتر خواهد بود و ارتفاع ستون جیوه نیز کمتر می‌شود این مقدار به طور متوسط در شهر شیراز  $714 \text{ mmHg}$  است.

**۲** به نظر شما چرا تورپچی از جیوه استفاده نمود و به جای آن از آب

استفاده نکرد. در صورت استفاده از آب آبی ارتفاع ستون آب همین مقدار ۷۶۰ میلی‌متر خواهد بود؟

پاسخ: در صورت استفاده از آب با توجه به این که هر اتمسفر معادل ۱۰/۳ متر آب است بایستی از یک لوله شیشه‌ای با طول بیش از ۱۰/۳ متر استفاده نمود.  
 $10/3 \text{ m H}_2\text{O} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr} = 101325 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$

۳ ارتفاع قله زردکوه ۴۵۴۱ متر از سطح دریا می‌باشد، فشار محیط در آنجا ۴۵۰ میلی‌متر جیوه است. این فشار را به کیلوپاسکال و اتمسفر تبدیل کنید. پاسخ: این تمرین مطابق با تمرینات تبدیل فشار و به کمک جدول ۱ حل شود.

## فشار مطلق و فشار نسبی

تمرین



۱ فشارسنج نصب شده روی یک سیلندر گاز عدد ۱۰۰ بار را نشان می‌دهد. اگر فشار جو ۷۴۰ میلی‌متر جیوه باشد فشار نسبی و فشار مطلق گاز درون سیلندر را برحسب بار، اتمسفر و میلی‌متر جیوه محاسبه کنید.

ابتدا فشار جو را به بار تبدیل می‌کنیم هر بار معادل ۷۶۰ میلی‌متر جیوه است. بنابراین فشار جو عبارت خواهد بود از:

$$X = 740 \times 1/760 = 0.9736 \text{ bar}$$

فشار نسبی همان عددی است که فشارسنج نشان می‌دهد و ۱۰۰ بار می‌باشد و فشار مطلق مجموع این فشار با فشار محیط است که ۱۰۰/۹۷۳۶ بار است. با توجه به مقدار فشار نسبی و مطلق برحسب بار به کمک جدول ۱ می‌توان سایر تبدیلات را نیز انجام داد.

۲ فشار نسبی یک تبخیرکننده خلأ ۴۵ کیلوپاسکال است. اگر فشار محیط ۹۳ کیلوپاسکال باشد، فشار مطلق را محاسبه کنید.

با توجه به این که فشار از نوع خلأ می‌باشد از معادله ۵ استفاده می‌کنیم و در این فرمول فشار نسبی که فشار تبخیرکننده می‌باشد را به صورت منفی قرار می‌دهیم.

$$P_a = P_g + P_{amb} = -45 + 93 = 48 \text{ kPa}$$

۳ غواصی در عمق ۱۰ متری آب دریا قرار دارد. چگالی آب دریا  $1053 \text{ kg/m}^3$  می‌باشد و اداره هواشناسی فشار هوا را ۷۵۵ میلی‌متر جیوه اعلام کرده است. فشار نسبی و مطلق که بدن غواص تحمل می‌کند را محاسبه کنید. ابتدا فشار نسبی که غواص متحمل می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$P_g = 1053 \times 9/8 \times 10 = 103194 \text{ Pa}$$

این فشار برحسب پاسکال است یا باید این فشار را به میلی‌متر جیوه تبدیل

کنیم و با فشار محیط که برحسب میلی‌متر جیوه است طبق معادله ۵ جمع کنیم و یا باید فشار محیط را به پاسکال تبدیل کرد و با این عدد جمع کرد تا فشار مطلق به دست آید.

$$103194 \text{ Pa} \times 760 \text{ mmHg} / 101325 \text{ Pa} = 774 \text{ mmHg}$$

$$P_a = P_g + P_{amb} = 774 + 755 = 1529 \text{ mmHg}$$

فیلم شماره ۷: نمایش طرز کار بارومتر

## مرحله ۲: کار با فشارسنج‌ها

**فعالیت ساخت یافته ۷:** بیان روش‌های اندازه‌گیری فشار با کمک نمودار در این مرحله انواع روش‌های اندازه‌گیری فشار معرفی گردد.  
**فعالیت ساخت یافته ۸:** بیان شیوه عملکرد و ساختمان پیرومتر و انواع مانومتر و ترازوهای فشاری با کمک تمرین، تصویر و فیلم

فعالیت  
عملی



استفاده از پیرومتر برای اندازه‌گیری فشار راهنمایی: مطابق دستور کار ارائه شده در کتاب درسی ابتدا وسیله معرفی شده را در کارگاه ساخته، سپس با کمک آن در حالت‌های مختلف اختلاف فشار را اندازه‌گیری نمایند.

پرسش



اگر فشار درون حباب شکل ۱۱ کمتر از فشار محیط (خلأ) باشد، اختلاف ارتفاع ستون‌های جیوه چگونه خواهد بود. در این صورت فشار مطلق گاز چگونه محاسبه می‌گردد؟  
پاسخ: در این حالت نیروی فشار محیط بر فشار داخل حباب غلبه می‌کند و برحسب میزان خلأ ایجاد شده، ممکن است جیوه به درون حباب تخلیه گردد و وسیله مناسبی برای اندازه‌گیری فشار خلا نمی‌باشد.

تمرین



۱ قرار است با یک مانومتر با انتهای بسته فشار گازی را اندازه‌گیری کنید که بین ۰ تا ۰/۲ اتمسفر در نوسان است. به دلیل سمیت جیوه تصمیم داریم از آب به جای جیوه درون مانومتر استفاده کنیم. برای آب به چه طولی از ستون نیازمندیم؟ (در ۲۵ درجه سلسیوس چگالی آب  $g/cm^3$  ۰/۹۹۷۰ و چگالی جیوه  $g/cm^3$  ۱۳/۵۳۱۳ می‌باشد).

پاسخ: حداقل فشار صفر می‌باشد یعنی صفر میلی‌متر جیوه یا آب یا هر مایع دیگری و حداکثر ۰/۲ اتمسفر است که بایستی این مقدار را به میلی‌متر جیوه تبدیل کنیم. به کمک جدول ۱ و روش نردبانی مقدار محاسبه و معادل mmHg ۱۵۲ می‌باشد. به عبارتی بیشترین اختلاف فشاری که با ستون جیوه نمایان می‌شود ۱۵۲ میلی‌متر است و اگر مانومتر جیوه‌ای باشد طول ستون‌ها بایستی بیش از ۱۵۲ میلی‌متر و چون بایستی ظرفیت مانومتر به گونه‌ای باشد که حد نهایی فشار تا ۷۰ درصد ظرفیت مانومتر باشد طول لوله مانومتر باید حداقل ۲۱۷ میلی‌متر باشد.

$$152 / (0.7) = 217$$

هر ۷۶۰ میلی‌متر جیوه معادل ۱۰/۳ متر آب است. بنابراین با یک تناسب ساده می‌توان به دست آورد که ۲۱۷ میلی‌متر جیوه معادل ۲/۹۴ متر آب می‌باشد. بنابراین طول ستون‌ها نزدیک به ۳ متر می‌بایستی باشد تا بتوان از آب به عنوان سیال مانومتری استفاده نمود. می‌توان از فرمول زیر نیز طول ستون آب را محاسبه کرد.

$$d_1 \times h_1 = d_2 \times h_2 \leftrightarrow 13/53 \times 217 = 0.997 \times h_2 \leftrightarrow h_2 = 2944 \text{ mm H}_2\text{O} = 2/944 \text{ m H}_2\text{O}$$

**۲** فرض کنید برای اندازه‌گیری فشاری معادل یک اتمسفر توسط مانومتر U شکل به جای جیوه در مکانی که دمای آن ۳۰ درجه سلسیوس است از گالیوم که با نقطه ذوب °C ۲۹/۷۶ در آن دما مایع است استفاده کنیم. چگالی گالیوم در ۲۵ درجه سلسیوس برابر با ۶/۱۱۴ g/cm<sup>۳</sup> است. به چه طولی از ستون مانومتر هنگام استفاده از گالیوم نیازمندیم؟

پاسخ: حداقل طول ستونی که نیازمندیم عبارت است از:

یک اتمسفر معادل mmHg ۷۶۰ یا mH<sub>2</sub>O ۱۰/۳ می‌باشد. با توجه به چگالی ۱۳/۵۳ جیوه و با فرض چگالی ۱ برای آب خواهیم داشت:

$$d_1 \times h_1 = d_2 \times h_2 \leftrightarrow 13/53 \times 760 = 6/114 \times h_2 \leftrightarrow h_2 = 1681/84 \text{ mm Ga}$$

می‌توانید از همین فرمول استفاده کنید و از چگالی و طول ستون آب استفاده کنید.

بدیهی است که این مقدار حداقل طول لازم است و طول نهایی بایستی به گونه‌ای انتخاب شود که این طول ۷۰ درصد از آن را تشکیل دهد.

برای مطالعه بیشتر در مورد انواع لوازم اندازه‌گیری فشار به کتاب WIKA-Handbook . Pressure and Temperature Measurement

مراجعه نمایید این کتاب را می‌توانید از مراجع اینترنتی دریافت نمایید.

**فعالیت ساخت یافته ۱۰:** ساخت مانومتر U شکل با وسایل ساده و نصب بر

روی خط لوله به صورت عملی

گروه‌های مختلف هنرجویان با راهنمایی معلم خود و با توجه به روش کار ارائه شده در کتاب درسی، یک مانومتر ساده مدرج تهیه کرده و افت فشار را برحسب سانتی‌متر بیان کنند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۱:** استفاده از مانومتر U شکل برای اندازه‌گیری

فشار ستون مایع

گروه‌های مختلف هنرجویان با راهنمایی معلم خود و با توجه به روش کار ارائه شده در کتاب درسی، ابتدا یک مانومتر ساده مدرج تهیه کرده فعالیت عملی را آغاز نموده و جدول داده شده را برای حداقل ۵ نقطه تکمیل نمایند. در پایان تغییرات فشار برحسب ارتفاع ستون مایع رسم گردد.

**فعالیت ساخت یافته ۱۲:** بیان چگونگی عملکرد، ساختمان لوله بردن و

انواع آن با کمک تصویر و فیلم

**راهنمایی:** در این فعالیت چگونگی عملکرد، ساختمان لوله بردن و انواع آن با کمک تصویر و فیلم ارائه شود.

فیلم

فیلم شماره ۹ و ۱۰: نمایش طرز کار فشارسنج بردن و روش ساخت آن



**فعالیت ساخت یافته ۱۳:** بررسی اجزای ساختمان فشارسنج بردن و

اندازه‌گیری فشار به صورت عملی در کارگاه

**راهنمایی:** مطابق روش کار ارائه شده در کتاب درسی، اجزا فشارسنج بردن معرفی شده و سازوکار انتقال حرکت به عقربه نشان داده شود. در ادامه با اتصال به منبع پر فشار، شیوه اندازه‌گیری فشار نمایش داده شود.

پرسش



اگر لوله بردنی که برای فشار ۱۰ بار طراحی گردیده است در معرض فشار بالاتری قرار بگیرد چه اتفاقی رخ خواهد داد؟

پاسخ: اگر یک ماده جامد مانند فلز را تحت کشش قرار دهیم وابسته به میزان نیروی وارد شده سه حالت رخ خواهد داد:

۱ تغییر الاستیک یعنی با کشش جسم تغییر طول می‌دهد و با برداشتن

کشش به مقدار اندازه اولیه خود باز می‌گردد که دامنه تغییر شکل لوله بردون بایستی در این محدوده باشد یعنی با برداشتن فشار به حالت اولیه خود باز گردد.

۲ تغییر پلاستیک یعنی با اعمال نیرو و کشش جسم تغییر شکل می‌دهد و با حذف نیرو به شکل اولیه خود باز نمی‌گردد.

۳ پاره شدن، اگر نیرو بیش از حد تحمل جسم باشد از هم گسیخته شده و پاره می‌شود. بنابراین اعمال نیرو بر لوله بردون بایستی در دامنه تغییر الاستیک باشد و در صورت استفاده از فشار بیش از طراحی لوله تغییر شکل می‌دهد و به حالت اولیه باز نمی‌گردد.

بیشتر بدانید



#### اندازه‌گیری الکتریکی فشار

بیشترین وسایلی که در بخش کنترل خودکار برای اندازه‌گیری و کنترل و پایش فشار استفاده می‌گردد از دسته لوازم الکتریکی هستند. یکی از علل مهم این است که علاوه بر سادگی و سهولت در این ابزار و نیز امکان تولید در ابعاد بسیار کوچک در حدی که امروزه در اندازه‌های نانو حسگر ساخته می‌شوند این است که در کنترل خودکار نیاز به یک سیگنال با قابلیت انتقال داریم. اندازه‌گیرهای الکتریکی فشار علاوه بر مزایای خاص اندازه‌گیرهای الکتریکی، فشار را مستقیماً به کمیتی الکتریکی مانند ولتاژ و یا شدت جریان الکتریکی تبدیل می‌نمایند و از این نظر صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه می‌شود و همچنین دقت اندازه‌گیری نیز افزایش می‌یابد.



### مرحله ۳: کنترل فشار

**فعالیت ساخت یافته ۱۴:** آشنایی با کالیبراسیون فشارسنج‌ها با تصویر راهنمایی: تنظیم دقیق وسایل اندازه‌گیری از جمله فشارسنج‌ها از مهم‌ترین فعالیت‌ها می‌باشد. هنرآموزان محترم با توجه به ضرورت کالیبراسیون و زمان کلاس خود، می‌توانند با روش با مرده، فشارسنج‌های کارگاه هنرستان را تنظیم دقیق کنند.

**فعالیت ساخت یافته ۱۵:** معرفی انواع تنظیم‌کننده فشار با نمایش تصویر و فیلم  
تنظیم‌کننده‌های فشار یا رگولاتورها وظیفه دارند که فشار گاز ورودی به رگولاتور را به فشار پایین‌تری در خروجی رگولاتور کاهش دهند. کمپرسورها، هواپیما، موشک‌ها، آشپزی، برشکاری و جوشکاری با گاز و هوا، موتورهای گازسوز، کپسول‌های هوا و اکسیژن تنفسی بیمارستانی، صنایع معدنی و نفت و گاز برای کاهش فشار سیالات (مایع و گاز) به رگولاتورهای تنظیم فشار نیازمندند.

نکته ایمنی



✓ در صورتی که قصد استفاده مجدد از رگولاتور در آینده وجود داشته باشد، باید ورودی و خروجی رگولاتور پوشانده شده و از وارد شدن آلودگی‌ها و جرم به داخل آنها جلوگیری شود و از صدمات مکانیکی حفظ شود. سپس باید خروجی سیلندر پوشانده شده و سرپوش شیر بسته شود.

✓ هرگز نباید فشارسنج‌ها با هم جابه‌جا شود و هرگز نباید سامانه گازی تغییر داده شود. رگولاتورها را نباید روغنکاری و چرب کرد. این قانون در مورد ورودی و خروجی‌های سامانه که باید خشک باشند نیز صدق می‌کند.

✓ هرگز نباید جریان رگولاتور برعکس شود و از آن به عنوان شیر عیب‌یاب استفاده شود.

فیلم ۱۲ و ۱۳ نمایش فیلم فشارشکن

فیلم



**فعالیت ساخت یافته ۱۶:** نقش شیر ایمنی، شیر رهاسازی و شیر اطمینان برای جلوگیری از افزایش فشار با نمایش تصویر و فیلم

فیلم شماره ۱۴: نمایش فیلم دیسک انفجاری

فیلم



علاوه بر دیسک‌های انفجاری، نوع دیگری از تجهیزات غیر بسته‌شونده وجود دارند که ضامن میله‌ای شکل<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. عملکرد این سامانه مانند چوب پنبه‌ای است که سر یک بطری را مسدود کرده است. در صورت افزایش فشار درون بطری فشار به سطح چوب پنبه نیرویی وارد می‌کند که باعث پرتاب آن و خروج محتویات بطری می‌گردد.



ضامن میله‌ای

پین نیروی ثابتی روی پیستون وارد می‌کند. در صورت بالا رفتن فشار بیش از حد مجاز فشار به سطح پیستون نیرو وارد می‌کند و چنانچه این نیرو از نیروی مقاومت پین بیشتر شود، باعث خم شدن پین و حرکت پیستون و باز شدن مسیر جهت خروج فشار اضافی می‌گردد.

## فعالیت ساخت یافته ۱۷: شرح اتاق فرمان و شناخت ابزار دقیق کنترل

فشار با تصویر و فیلم

در اتاق فرمان انواع کمیت‌های دما، فشار، سطح، حجم و ... کنترل می‌شوند. هنرآموزان محترم یک نمونه بازدید از مراکز صنعتی را هماهنگ نموده و نقش اتاق فرمان در صنایع و انواع نشانگرها و ثبات‌ها را برای هنرجویان تشریح نمایند.

فیلم



نمایش فیلم مربوط به اتاق کنترل

## فعالیت ساخت یافته ۱۸: شیوه افزایش و کاهش فشار مخزن به صورت

عملی در کارگاه

فعالیت  
عملی



**کنترل فشار**  
مطابق روش کار ارائه شده در کتاب درسی، جدول تکمیل شده و نمودار تغییرات فشار برحسب دما توسط گروه‌های دانش‌آموزی ترسیم گردد.

نکته ایمنی



هنگام کار با ظروف تحت فشار، از سالم بودن شیرهای ایمنی اطمینان حاصل کنید.

## ارزشیابی شایستگی اندازه‌گیری، ثبت و کنترل فشار

<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>  به کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری فشار و کنترل آن مطابق دستورالعمل</p> <p><b>شاخص‌ها:</b>  - رعایت مسایل ایمنی حین کار  - انجام کار طبق دستورالعمل</p>																															
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b>  <b>شرایط مکان:</b> کارگاه  <b>شرایط دستگاه:</b> سرویس شده  <b>زمان:</b> یک جلسه آموزشی  <b>ابزار و تجهیزات:</b> تعدادی مکعب مستطیل فلزی، چوبی و پلیمری، ترازو، مانومتر، مانومتر U شکل، فشارسنج  بوردن، استوانه مدرج، یک نوع کمپرسور هوا یا تلمبه دستی، اتوکلاو یا دیگ زودپز مجهز به فشارسنج</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>به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری فشار</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>انجام روش‌های اندازه‌گیری فشار</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>کنترل فشار</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:  <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی  <b>۲- نگرش:</b> صرفه‌جویی در مواد مصرفی  <b>۳- توجهات زیست‌محیطی:</b> جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش  <b>۴- شایستگی‌های غیرفنی:</b> اخلاق حرفه‌ای، مدیریت منابع، محاسبه و کاربست ریاضی، مستندسازی (گزارش‌نویسی)</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>میانگین نمرات</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></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	به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری فشار	۱		۲	انجام روش‌های اندازه‌گیری فشار	۲		۳	کنترل فشار	۱			شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی <b>۲- نگرش:</b> صرفه‌جویی در مواد مصرفی <b>۳- توجهات زیست‌محیطی:</b> جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش <b>۴- شایستگی‌های غیرفنی:</b> اخلاق حرفه‌ای، مدیریت منابع، محاسبه و کاربست ریاضی، مستندسازی (گزارش‌نویسی)	۲					میانگین نمرات				*
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																												
۱	به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری فشار	۱																													
۲	انجام روش‌های اندازه‌گیری فشار	۲																													
۳	کنترل فشار	۱																													
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی <b>۲- نگرش:</b> صرفه‌جویی در مواد مصرفی <b>۳- توجهات زیست‌محیطی:</b> جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش <b>۴- شایستگی‌های غیرفنی:</b> اخلاق حرفه‌ای، مدیریت منابع، محاسبه و کاربست ریاضی، مستندسازی (گزارش‌نویسی)	۲																													
			میانگین نمرات																												
			*																												

## پودمان چهارم

اندازه‌گیری، ثبت و کنترل شدت جریان

در این پودمان هنرجویان با مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دبی سیالات، وسایل اندازه‌گیری دبی گازها و مایعات و کنترل دبی آنها آشنا می‌شوند. آموزش این پودمان به صورت تدریس تئوری و عملی پیش‌بینی شده است. در ابتدا مطالب تئوری مربوط به انواع دبی، یکاهای آن، تبدیل و یکاهای مختلف دبی، روش‌ها و وسایل اندازه‌گیری دبی، شیرهای کنترل و متغیرهای مهم در انتخاب شیرهای کنترل ارائه شده است. سپس به فراخور امکانات و تجهیزات موجود در هنرستان‌ها، فعالیت‌های عملی ساده و قابل اجرا برای اندازه‌گیری یا محاسبه دبی آورده شده است. همچنین در این پودمان استفاده هم‌زمان از فیلم‌های آموزشی با مطالب درسی پیش‌بینی گردیده است.

اغلب فعالیت‌های این پودمان به صورت گروهی در نظر گرفته شده است. بنابراین لازم است که هنرآموزان محترم با تقسیم‌بندی هنرجویان کلاس به گروه‌های مختلف ۳ تا ۴ نفره و با نظارت و هدایت دقیق گروه‌های دانش‌آموزی به طور مستقیم در فرایند یاددهی و یادگیری مشارکت مؤثر داشته باشند. همچنین هنرآموزان گرامی توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش‌بینی شده به شایستگی‌های غیرفنی این واحد یادگیری مانند اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به‌موقع، انجام وظایف و کارهای محوله پیروی از قوانین کارگاهی، و ...)، کار گروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی انجام کارها و وظایف محوله، ...) و مستندسازی (گزارش‌نویسی فعالیت‌های کارگاهی و ...) توجه ویژه داشته باشند.

## مرحله ۱: به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دبی

**فعالیت ساخت یافته ۱:** بیان مفهوم دبی (شدت جریان) با کمک تصویر و مثال

### بحث گروهی



آیا این مکان را می‌شناسید؟ آیا می‌دانید که این دستگاه چیست؟ پاسخ: به این مکان «جایگاه عرضه سوخت خودروها» یا به اصطلاح «پمپ بنزین» می‌گویند. دستگاهی را هم که می‌بینید برای اندازه‌گیری مقدار سوختی به کار می‌رود که به مخزن سوخت خودروها تحویل داده می‌شود. مردم برای انجام امور زندگی خود (تحصیل، کار، سفر، مداوا و غیره) به پیمودن مسیرهای متعدد و طولانی نیاز دارند. پس استفاده آنها از وسایل نقلیه ضروری است. برای اینکه استفاده از این وسایل دچار اشکال نشود، در نقاط مختلف کشور جایگاه‌های عرضه سوخت خودروها احداث شده‌اند.

**راهنمایی:** ابتدا بحث گروهی در کلاس به صورت بارش فکری در مورد موضوع آغاز شده، با دانستن اطلاعات هنجاری در مورد اندازه‌گیری میزان سیال، زمینه را برای ارائه مطلب آماده سازید.

### پرسش



فرض کنید که مخزن سوخت خودرویی ۴۵ لیتر گنجایش بنزین دارد. پمپ بنزین جایگاه عرضه سوخت با شدت ۹ لیتر در دقیقه بنزین تحویل می‌دهد. اگر این مخزن کاملاً خالی باشد، بیشترین زمان پر شدن آن را به دست آورید. در صورت انجام سوخت‌رسانی به مدت پنج و نیم دقیقه چه می‌شود؟ پاسخ: در این مثال حجم مخزن بنزین ۴۵ لیتر و میزان دبی ۹ لیتر بر دقیقه است. بنابراین برای پر شدن کامل مخزن ۵ دقیقه زمان لازم است. اگر زمان پنج و نیم دقیقه باشد، مقدار بنزین ۴۹/۵ لیتر می‌شود که از مخزن سرریز خواهد کرد.

### بحث گروهی



آیا می‌دانید که مقدار نفت خام تحویل شده به کشتی‌های نفت‌کش اقیانوس پیمای چگونه اندازه‌گیری می‌کنند؟ راهنمایی: اگر مقدار سیال مورد نظر کم باشد، مقدار خطا در اندازه‌گیری آن قابل صرف نظر کردن است. اما در مقدارهای زیاد سیال، حتی درصد کم خطا هم میزان قابل توجهی می‌گردد. پس، در این حالت باید از روش‌های دقیق‌تر اندازه‌گیری استفاده شود. در متن درسی این روش‌ها معرفی شده است.

## فعالیت ساخت یافته ۲: بیان دبی جرمی، حجمی و رابطه بین آنها با کمک

مثال و تصویر

پرسش



حتماً دیده‌اید که بنزین موتور برحسب لیتر (یعنی به صورت حجمی) فروخته می‌شود. اما از کپسول‌های گاز مایع با عنوان «کپسول هجده کیلویی» (یعنی به صورت جرمی) نام برده می‌شود. آیا می‌دانید چرا؟



یک نمونه از کپسول‌های گاز مایع

پاسخ: چون بنزین موتور در شرایط معمولی به صورت مایع است، فروش آن به صورت حجمی انجام می‌شود. اما از آنجا که گاز مایع در فشاری مساوی با فشار هوا به صورت بخار در می‌آید و حجم بسیار زیادی را اشغال می‌کند، لازم است در فشار بیشتری (معمولاً ۶ تا ۱۰ برابر فشار جو) و در ظروف فلزی مناسب این کار نگهداری شود. استفاده از حجم برای اندازه‌گیری مقدار گاز مایع به فشار و دمای آن بستگی دارد. بنابراین برای کاربردهای روزمره مردم مناسب نیست. به این دلیل، مقدار آن را برحسب جرم بیان می‌کنند.

## فعالیت ساخت یافته ۳: بیان یکاهای دبی جرمی و حجمی در سامانه‌های مختلف

با توجه به یکاهای مختلف جرم، حجم و زمان، یکاهای مختلفی برای انواع دبی قابل محاسبه است. هنرآموزان محترم برای مهارت بیشتر هنرجویان مثال‌های مناسبی مطرح نمایند.

**فعالیت ساخت یافته ۴:** انجام تبدیل یکاهای مختلف به یکدیگر با کمک مثال برای مقایسه بهتر کمیت‌ها باید آنها را هم واحد کرد. بزرگ‌ترین مزیت دستگاه متریک این است که دستگاهی اعشاری است: واحدها به راحتی با ضریب ۱۰ بزرگ‌تر یا کوچک‌تر می‌شوند. مضرب عدد به راحتی با ضریب شناخته می‌شود.

البته ملل انگلوساکسون (انگلیس، آمریکا و برخی کشورهای دیگر) برای خود دستگاه یکاهای دیگری به نام دستگاه انگلیسی داشته‌اند. دستگاه متریک و SI



تقریباً پذیرش جهانی دارند. ایالات متحده آمریکا تنها کشوری است که به طور رسمی دستگاه متریک را به رسمیت نشناخته است. اگر چه از آن به طور گسترده در علوم و صنعت استفاده می‌کند. آمریکا هنوز از دستگاه انگلیسی استفاده می‌کند. تقسیمات این دستگاه اعشاری نیست و کاربرد آن اشکالات زیادی تولید می‌کند؛ مثلاً بیان قطر یک جسم به صورت  $1\frac{7}{8}$  اینچ، این کار نه تنها گیج‌کننده است، بلکه گاهی خطرناک هم می‌باشد. در سال ۱۳۶۲ شمسی (۱۹۸۳ میلادی)، یک هواپیمای مسافربری بزرگ، ۲۲۶۰۰ پوند سوخت‌گیری کرد (هر پوند تقریباً ۴۵۴ گرم است). ولی بایستی ۲۲۶۰۰ کیلوگرم بیشتر از ۲ برابر سوخت‌گیری می‌شد. در نتیجه، سوخت هواپیما در حال پرواز، تمام شد. تنها مهارت خلبان بود که هواپیما را به زمین نشانند و زندگی و سرنشینان را نجات داد.

حتی دانشمندان نیز از این خطر در امان نبودند. در تاریخ ۱۷ اسفند ماه ۱۳۹۵ (۷ مارس ۲۰۱۷ میلادی) یک ماهواره سازمان فضایی آمریکا (ناسا) در معرض تصادم با فوبوس قمر مریخ قرار گرفت. و با تنها ۷ ثانیه اختلاف زمانی توانست از این تصادم در امان بماند. زیرا یک کارگروه از دانشمندان با دستگاه متریک و کارگروه دیگر با دستگاه یکاهای انگلیسی محاسبات خود را انجام داده بودند.

**راهنمایی:** با توجه به اهمیت تبدیل یکاهای دبی به یکدیگر و استفاده از پرسش کتاب، هنرآموز محترم از انواع تمرین‌های مناسب استفاده کند.

## مرحله ۲: اندازه‌گیری دبی مایعات

**فعالیت ساخت یافته ۵:** بیان روش‌های اندازه‌گیری مایعات با کمک تصویر

بحث گروهی



به تصاویر زیر با دقت نگاه کنید، چه کاری برای ما انجام می‌دهند؟ آیا وسایل دیگری می‌شناسید که عملی مشابه این وسایل انجام دهند؟



پاسخ: الف) جریان سنج (روتامتر)، ب) کاربرد جریان سنج در صنعت مثلاً آب‌شیرین‌کن غشایی،



پ) کنتور یا دبی‌سنج آب خانگی. وسایل دیگری مانند پیمان‌های اندازه‌گیری مختلف که می‌توانند برای اندازه‌گیری جرم یا حجم مواد استفاده شوند؛ مانند دبی‌سنج گاز شهری، ...

## فعالیت ساخت یافته ۶: ساخت یک جریان سنج آب به صورت عملی در کارگاه

ساخت یک جریان سنج آب (از نوع منفذدار و به روش مستقیم) توجه: درانجام فعالیت عملی طراحی شده نتایج زیر حاصل می‌گردند:

- ✓ درگیر کردن عملی هنرجویان با مقوله جریان سنجی و با انجام هر چه بیشتر فعالیت عملی، دید و حس هنرجویان نسبت به کارهای عملی قوی‌تر می‌شود.
- ✓ با تجربه عملی، سهولت استفاده از جریان سنج آب (از نوع منفذدار)، به جای روش بسیار دقیق اما وقت‌گیر استوانه مدرج و کروномتر، آشنا می‌گردند. در نتیجه قضاوت آنها نسبت به دقت آزمایشات از حالت افراطی نظری، به دیدگاه عملگرا و واقع‌بینانه یک کاربر آینده، نزدیک‌تر خواهد شد. این کار ترس (منطقی اما غیرمفید) آنها را از آزمایش و عمل کاهش می‌دهد و سادگی کار حس اعتماد به نفس آنها را تقویت می‌کند.
- ✓ در فعالیت عملی بخش کنترل دبی (انتهای پودمان) برای اندازه‌گیری جریان آب از این جریان سنج استفاده می‌شود. این امر جدی بودن فعالیت‌های عملی را در ذهن هنرجو القا می‌کند.

فعالیت  
عملی



## فعالیت ساخت یافته ۷: معرفی انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری دبی مایعات با کمک تصویر و نمایش فیلم

برای مواد سمی می‌توان روتامتر را در یک غلاف فلزی که یک طرف آن از جنس شیشه نشکن (پلی‌کربنات) باشد، قرار داد که در صورت شکسته شدن روتامتر تا حدی از خطرات آن بکاهد، اما به هر صورت خطر آسیب‌پذیری وجود دارد. در شرایط سخت‌تر عملیاتی لازم است از روتامتری با بدنه فلزی

استفاده کرد. در این حالت برای اطلاع از محل شناور باید از روش‌های مغناطیسی، میکروویو، صوتی و مانند آنها سود برد. در روش مغناطیسی، یک دنبال‌کننده مغناطیسی در بیرون، حرکات شناور دارای یک مغناطیس دائمی را در درون روتامتر دنبال می‌کند (حرکت آن به صورت کشویی در سطح بیرونی روتامتر انجام می‌شود). در روش میکروویو یک وسیله بازتابنده این امواج در داخل شناور قرار داده می‌شود که با استفاده از امواج مزبور، محل شناور در داخل روتامتر مشخص می‌گردد.

**فعالیت ساخت یافته ۸:** اندازه‌گیری دبی مایعات به کمک روتامتر در کارگاه

فعالیت  
عملی



اندازه‌گیری دبی سیال با روتامتر  
راهنمایی: مطابق روش ارائه شده در کتاب درسی، فعالیت عملی انجام شده و جدول کامل شود. مقدار واقعی همان دبی محاسبه شده توسط استوانه مدرج و زمان سنج است و مقدار دبی خوانده شده از روی روتامتر، دبی اندازه‌گیری شده. مطابق رابطه زیر درصد خطای فعالیت عملی را محاسبه کنید.

$$100 \times \left\{ \frac{\text{مقدار دبی واقعی}}{\text{مقدار دبی واقعی} - \text{مقدار دبی اندازه‌گیری شده}} \right\} = \text{درصد خطا}$$

تمرین



روتامتری میزان جریان حجمی نفت گاز (گازوئیل) را در لوله‌ای، برابر با ۹۰ لیتر در دقیقه اندازه‌گیری کرده است. با توجه به چگالی این ماده که ۸۵۰ گرم بر لیتر است، دبی جرمی آن را در سامانه‌های بین‌المللی SI و انگلیسی به دست آورید.

حل:

$$\begin{aligned} m^{\circ} &= \rho \times Q^{\circ} \\ m^{\circ} &= (850 \text{ g/L}) \times (90 \text{ L/min}) \times (1 \text{ kg}/1000 \text{ g}) \times (1 \text{ min}/60 \text{ s}) \\ &= 1/275 \text{ kg/s} \\ m^{\circ} &= (1/275 \text{ kg/s}) \times (1 \text{ lb}/454 \text{ g}) \times (1000 \text{ g/kg}) = 2/808 \text{ lb/s} \end{aligned}$$

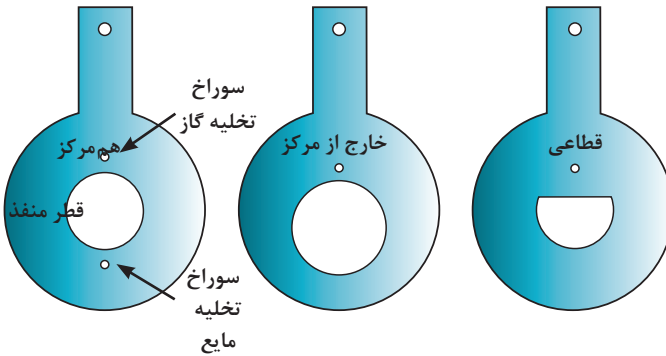
**فعالیت ساخت یافته ۹:** اندازه‌گیری دبی مایعات به کمک اریفیس متر در کارگاه



در مورد هر یک از انواع اریفیس‌ها و کاربرد آنها گزارشی تهیه کنید.

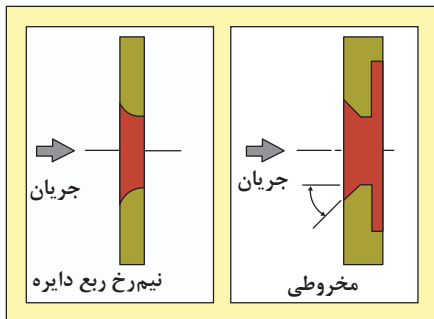
**اریفیس هم‌محور:** در این نوع اریفیس، سوراخ صفحه دقیقاً در مرکز دایره (سطح مقطع لوله عبور جریان) ایجاد می‌گردد. این نوع اریفیس برای سیالات تمیز، سبک و بدون رسوب مناسب است.

صفحات منفذدار (اریفیس) برای سیالات کثیف یا دارای ناخالصی



**اریفیس خارج از محور:** در این نوع از اریفیس‌ها در مرکز دایره صفحه ایجاد نمی‌گردد، بلکه نزدیک به پایین آن احداث می‌شود، زیرا برای سیالات رسوب‌گذار یا دارای ذرات جامد مناسب است.

**اریفیس قطاعی:** در اریفیس قطاعی سوراخ به صورت نیم‌دایره و در پایین صفحه ایجاد می‌گردد و برای سیالات با ذرات معلق زیاد به کار می‌رود.



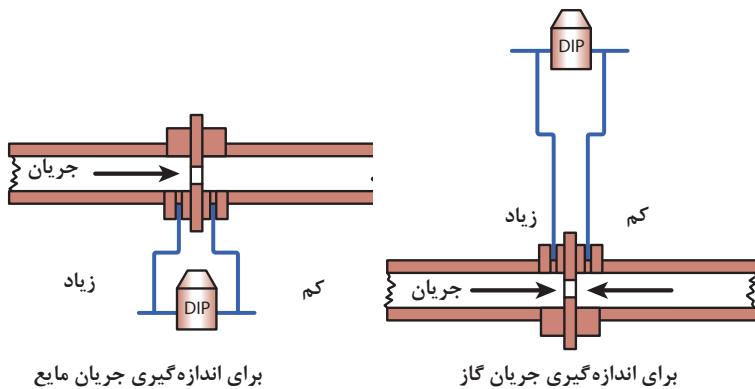
دو نوع صفحه منفذدار (اریفیس)

دو نوع اخیر برای مقابله با رسوب‌گذاری تدریجی در محل نصب اریفیس و پایین آن به کار می‌روند. رسوب سبب افزایش خطا در اندازه‌گیری میزان جریان سیال و در حالت شدید انسداد مسیر جریان سیال می‌گردد. در دو نوع اریفیس

اخیر، خود سیال بخش زیرین لوله را تمیز می‌کند. به ویژه در لوله‌های افقی اهمیت این کار بارزتر است. در مواردی که گراندوی سیال زیاد و جریان آرام باشد، لبه سوراخ به صورت نیم‌رخ ربع دایره یا کج‌بر (سوراخ مخروطی شکل) ساخته می‌شود.

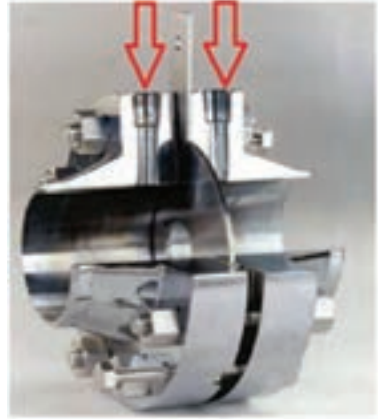
در سیالات بسیار ساییده یا خورنده، اریفیس با لبه تیز توصیه نمی‌گردد، زیرا به سرعت ساییده می‌شود. به منظور تخلیه گاز یا بخار همراه برخی از مایعات که در پشت و بالای اریفیس تجمع می‌کنند و بر خطای اندازه‌گیری می‌افزایند، سوراخ کوچکی در بالای صفحه منفذدار ایجاد می‌شود تا گاز یا بخار تخلیه گردد. اگر قطر این سوراخ کمتر از ۱۰٪ قطر منفذ (اریفیس) باشد، کمتر از یک درصد جریان سیال از آن عبور خواهد کرد. همچنین برای گازهایی که همراه آنها مایع وجود دارد، می‌توان سوراخ کوچکی در پایین صفحه منفذدار ایجاد کرد، یا اینکه به جای تعبیه سوراخ، صفحه منفذدار را به طور افقی (لوله جریان سیال عمودی) نصب کنند تا قطرات مایع از درون منفذ به پایین بلغزند، زیرا در سیالات کثیف و حاوی ذرات جامد امکان بسته شدن سوراخ کوچک وجود دارد و ایجاد سوراخ توصیه نمی‌گردد.

اندازه‌گیر جریان سیال به روش صفحه منفذدار



به منظور دقیق بودن سنجش جریان سیال، قبل و بعد از صفحه منفذدار، جریان سیال باید آرام، کاملاً مستقیم و بدون مانع باشد. لوله‌کشی‌ها نباید به صورتی انجام گیرند که ایجاد حباب گاز و هوا در مایع، یا تولید قطرات مایع در گاز کنند.

انشعاب‌های اندازه‌گیری افت فشار، بر روی فلنج



صفحه منفذدار (اریفیس)



ب) صفحه منفذدار (اریفیس) و انشعاب‌های فشار روی فلنج

الف) اریفیس نصب شده بین دو نیمه فلنج

اندازه‌گیری جریان سیالات به وسیله صفحه اریفیسمتر راهنمایی: مطابق روش ارائه شده در کتاب درسی، فعالیت عملی انجام شده و جدول کامل شود. دبی نظری همان دبی محاسبه شده توسط اریفیس است.

فعالیت  
کارگاهی



**فعالیت ساخت یافته ۱۰:** اندازه‌گیری دبی مایعات با کمک ونتوری متر در کارگاه  
راهنمایی: مطابق روش ارائه شده در کتاب درسی، فعالیت عملی انجام شده و جدول کامل شود.

## مرحله ۳: اندازه‌گیری دبی گازها

**فعالیت ساخت یافته ۱۱:** معرفی انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری دبی گازها با کمک تصویر

پرسش



پس از انقلاب اسلامی، تقریباً به همه شهرها و روستاهای کشور گازرسانی شده است. در نتیجه تصویر آشنای روبه‌رو در همه جا دیده می‌شود. آیا می‌دانید که نام این دستگاه چیست؟ و چه کاری انجام می‌دهد؟  
پاسخ: جریان‌سنج (کنتور) گاز شهری



**فعالیت ساخت یافته ۱۲:** مقایسه خطای اندازه‌گیری با طرح تمرین

تمرین



شرکت نفت ایران در حدود سال ۱۳۴۹ شمسی تصمیم گرفت که جریان‌سنج‌های خطوط لوله صادرات نفت خام خود را از نوع صفحه‌منفذدار (اریفیس) به نوع جابه‌جایی مثبت تغییر دهد. هدف این کار کاهش خطای اندازه‌گیری به حداقل ممکن بود. با توجه به آنچه که تاکنون در این پودمان خوانده‌اید و در گروه‌های دو نفره، میزان ظرفیت و نیز خطای اندازه‌گیری یک درصد را برای دو مورد زیر به دست آورید و آنها را در یک جدول با هم مقایسه کنید.

مورد اول: کشتی‌های نفتکش اقیانوس‌پیما بزرگ‌ترین شناورهای موجود جهان هستند. برای نمونه یکی از آنها که ۴۵۸ متر طول دارد می‌تواند ۲۸۰۸۵۰ تن نفت خام را حمل کند. چگالی نسبی این نوع نفت خام را  $0/۸۵$  فرض کنید. اگر هر بشکه نفت خام ۱۵۹ لیتر باشد، این میزان ظرفیت چند مترمکعب، چند لیتر، چند بشکه و چند گالن است؟  
مورد دوم: یک کامیون نفتکش شهری ۲۸۰۰۰ لیتر ظرفیت دارد. با فرض استفاده از نفت خام با چگالی نسبی  $0/۸۵$  این میزان ظرفیت چند تن، چند مترمکعب، چند بشکه و چند گالن است؟

پاسخ:

ظرفیت	مقدار خطای ۱٪	مورد
$\frac{280850 \times 1000}{0/85 \times 1000} = 330412$ مترمکعب	۳۳۰۴ مترمکعب	اول
$330412 \times 10000 = 3304120000$ لیتر	۳۳۰۴۱۲۰ لیتر	
$3304120000 / 159 = 2078062$ بشکه	۲۰۷۸۰ بشکه	
$3304120000 / 3/785 = 147295112$ گالن	۸۷۲۹۵۱ گالن	
$28000 \times 0/85 = 23800$ کیلوگرم	۲۳۸ کیلوگرم	دوم
$23800 / 1000 = 23/8$ تن	۰/۲۴ تن	
$28000 / 1000 = 28$ مترمکعب	۰/۲۸ مترمکعب	
$28000 / 159 = 176$ بشکه	۱/۸ بشکه	
$28000 / 3/785 = 7398$ گالن	۷۴ گالن	

$$3304120 / 28000 = 118$$

مشاهده می‌شود که با ۱٪ خطای اندازه‌گیری در محموله کشتی نفت کش می‌توان ۱۱۸ کامیون نفت کش را پر کرد !!!  
 این مثال عملی، اهمیت، دقت زیاد در اندازه‌گیری جریان را در کارهای روزمره و نیز صنعتی نشان می‌دهد.  
 در تصویر صفحه بعد یک کشتی نفت کش را می‌بینید که مستطیل کوچکی به زحمت در زیر آن دیده می‌شود. این مستطیل همان کامیون نفت کش شهری است!! که سعی شده نسبت تصاویر آنها همان نسبت واقعی باشد.



پودمان چهارم: اندازه‌گیری، ثبت و کنترل شدت جریان



کامیون

## مرحله ۴: کنترل دبی

فعالیت ساخت یافته ۱۳: کنترل دستی شیر آب کارگاه به صورت عملی با چند بار تکرار اندازه‌گیری، حجم و زمان آب خروجی و محاسبه دبی حجمی آن، کنترل دستی شیر آب کارگاه در مقدار  $0/6$  لیتر بر دقیقه تنظیم گردد.

## ارزشیابی شایستگی اندازه‌گیری، ثبت و کنترل دبی سیال

<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>  به کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری دبی جریان مایعات و گازها و کنترل دبی سیال مطابق دستورالعمل</p> <p><b>شاخص‌ها:</b>  - رعایت مسایل ایمنی حین کار  - انجام کار طبق دستورالعمل</p>																															
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b>  <b>شرایط مکان:</b> کارگاه  <b>شرایط دستگاه:</b> سرویس شده  <b>زمان:</b> یک جلسه آموزشی  <b>ابزار و تجهیزات:</b> کرومومتر، استوانه مدرج، پمپ (از نوع گریز از مرکز)، شیر تنظیم‌کننده، روتامتر، اریفیس متر، ونتوری متر</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>به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دبی</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td>اندازه‌گیری دبی مایعات</td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td>اندازه‌گیری دبی گازها</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td>۴</td> <td>کنترل دبی سیال</td> <td>۱</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <b>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</b>  <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی  <b>۲- نگرش:</b> صرفه‌جویی 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 غیرفنی:</b> اخلاق حرفه‌ای، مدیریت منابع، محاسبه و کاربست ریاضی، مستندسازی (گزارش نویسی) </td> <td>۲</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></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	به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دبی	۲		۲	اندازه‌گیری دبی مایعات	۲		۳	اندازه‌گیری دبی گازها	۱		۴	کنترل دبی سیال	۱		<b>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</b> <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی <b>۲- نگرش:</b> صرفه‌جویی 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 غیرفنی:</b> اخلاق حرفه‌ای، مدیریت منابع، محاسبه و کاربست ریاضی، مستندسازی (گزارش نویسی)		۲					*
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو																												
۱	به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دبی	۲																													
۲	اندازه‌گیری دبی مایعات	۲																													
۳	اندازه‌گیری دبی گازها	۱																													
۴	کنترل دبی سیال	۱																													
<b>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:</b> <b>۱- ایمنی:</b> انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی <b>۲- نگرش:</b> صرفه‌جویی 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 غیرفنی:</b> اخلاق حرفه‌ای، مدیریت منابع، محاسبه و کاربست ریاضی، مستندسازی (گزارش نویسی)		۲																													
			*																												

## پودمان پنجم

اندازه‌گیری، ثبت و کنترل ارتفاع سطح

در این پودمان هنرجویان با مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد، چگونگی اندازه‌گیری و کنترل آن آشنا می‌شوند. آموزش این پودمان به صورت تدریس تئوری و عملی پیش‌بینی شده است. در ابتدا مطالب تئوری مربوط به اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد و انواع سطح‌سنج‌ها ارائه شده است. سپس به فراخور امکانات و تجهیزات موجود در هنرستان‌ها، فعالیت‌های عملی ساده و قابل اجرا آورده شده است. همچنین در این پودمان استفاده هم‌زمان از فیلم‌های آموزشی با مطالب درسی پیش‌بینی گردیده است. اغلب فعالیت‌های این پودمان به صورت گروهی در نظر گرفته شده است. بنابراین لازم است که هنرآموزان محترم با تقسیم‌بندی هنرجویان کلاس به گروه‌های مختلف ۳ تا ۴ نفره و با نظارت و هدایت دقیق گروه‌های دانش‌آموزی به طور مستقیم در فرایند یاددهی و یادگیری مشارکت مؤثر داشته باشند. همچنین هنرآموزان گرامی توجه داشته باشند که در فرصت‌های یادگیری پیش‌بینی شده به شایستگی‌های غیرفنی این واحد یادگیری مانند اخلاق حرفه‌ای (وقت‌شناسی، حضور منظم و به‌موقع، انجام وظایف و کارهای محوله پیروی از قوانین کارگاهی، و ...)، کار گروهی (حضور فعال در فعالیت‌های گروهی انجام کارها و وظایف محوله، ...) و مستندسازی (گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی و ...) توجه ویژه داشته باشند.

## مرحله ۱: به کارگیری مفاهیم و محاسبات ارتفاع سطح ماده

### فعالیت ساخت یافته ۱: توصیف ارتفاع سطح سیال با تصویر و پرسش

بحث گروهی



آیا تاکنون عمق آب یک مخزن یا استخر را اندازه گرفته‌اید؟ با چه روش‌هایی این کار را انجام می‌دهید؟  
پاسخ: بله. با استفاده از میله، متر فلزی و یا تکه‌ای چوب می‌توان عمق مخازن سرباز یا استخر را اندازه‌گیری نمود.  
**راهنمایی:** سعی نمایید با بیان پرسش‌های کاوشگرانه در دنیای پیرامون در خصوص اهمیت، لزوم استفاده از سطح‌سنج و کاربرد اندازه‌گیری ارتفاع و سطح در زندگی، ذهن هنرجو را آماده برای علاقه‌مندی به این مبحث و تفکر برای مثال‌های عینی آن نمایید.

پرسش



نمونه‌هایی از سطح‌سنج و کنترل سطح مایعات را در زندگی روزمره نام ببرید.  
پاسخ: سطح مخزن بنزین وسیله نقلیه، سطح‌سنج کولر آبی.

تحقیق کنید



آیا می‌دانید عمیق‌ترین اقیانوس چه نام دارد؟ فکر می‌کنید عمق اقیانوس‌ها را چگونه اندازه‌گیری می‌کنند؟  
پاسخ: پیدا کردن عمق اقیانوس، ژرفاسنجی نام دارد. اندازه‌گیری عمق اقیانوس با توجه به تاریخ و سرد بودن و وجود گودال‌ها و تپه‌ها کار دشواری است. امروزه از انعکاس صداها توسط تجهیزات سطح‌سنج، عمق اقیانوس مشخص می‌گردد. این وسیله از روی کشتی امواج صوتی را به درون آب می‌فرستد و صدا در آب در حدود یک مایل در ثانیه حرکت کرده و به طرف ابزاری روی کشتی انعکاس می‌یابد. هرچه که عمق آب بیشتر باشد، صدا دیرتر به کشتی می‌رسد. عمیق‌ترین اقیانوس آرام نام دارد و عمیق‌ترین قسمت این اقیانوس، گودال ماریانا در نزدیکی ژاپن، اندونزی و فیلیپین است که ۱۱ کیلومتر عمق دارد.

### فعالیت ساخت یافته ۲: بیان دلایل استفاده از سطح‌سنج با کمک تصویر

بحث گروهی



به چه دلایلی از سطح‌سنج استفاده می‌گردد؟  
**راهنمایی:** هدف از این بحث گروهی ورود به ضرورت اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد در موارد مختلف می‌باشد. این موضوع با مثال‌های آشنای روزمره و صنعتی بحث گردد.



به نظر شما در چه صنایعی اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد انجام می‌گیرد؟ پاسخ: در بسیاری از صنایع مانند آب و فاضلاب، نیروگاه‌ها، صنایع غذایی، کشاورزی و دارویی، واحدهای پتروشیمی، کارخانه‌های تولید سیمان و حتی سیلوهای آرد و گندم و استخرهای پرورش ماهی اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد انجام می‌گیرد. در صنایع مختلف، ارتفاع سطح سیال در حال تغییر است و در این خصوص سطح‌سنج‌های متفاوتی، متناسب با شرایط خاص صنعت ساخته می‌شود.

**فعالیت ساخت یافته ۳:** بیان دلایل استفاده از سطح‌سنج و نوع مخازن با طرح پرسش‌های مرتبط و بحث کلاسی دلایل استفاده از سطح‌سنج‌ها توضیح داده شود.

**فعالیت ساخت یافته ۴:** معرفی یکاهای ارتفاع سطح مواد در سامانه‌های مختلف آحاد

با استفاده از دانسته‌های قبلی هنرجویان یکاهای مختلف ارتفاع سطح مواد یادآوری شود. برای فهم بهتر مطلب از مثال‌های بیشتری استفاده شود.  
**فعالیت ساخت یافته ۵:** تبدیل واحدهای سطح در سامانه‌های مختلف با ذکر مثال



**۱** عمق آب دریای خزر در قسمت شمالی آن به طور میانگین به ۵ متر می‌رسد، این عمق در سامانه انگلیسی معادل چند فوت است؟ پاسخ:

$$h \text{ (ft)} = 5 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.305 \text{ m}} = 16.4 \text{ ft}$$

**۲** حجم آب داخل استخری ۷۵۰۰ مترمکعب است. طول این استخر ۵۰ و عرض آن ۲۵ متر است. عمق آب داخل استخر را به متر و اینچ محاسبه نمایید؟ پاسخ:

حجم آب داخل استخر = حجم استخر = طول × عرض × عمق

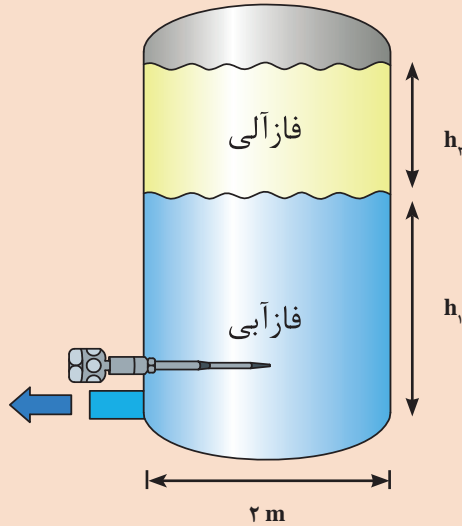
$$h \text{ (m)} = \frac{\text{عمق} \times \text{طول} \times \text{عرض}}{\text{حجم}} = \frac{7500 \text{ m}^3}{(50 \times 25) \text{ m}^2} = 6 \text{ m}$$

$$h \text{ (in)} = 6 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.305 \text{ m}} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} = 236 \text{ in}$$

۳ در یک ظرف جداساز سیالات دو فاز، حجم فاز آبی موجود در مخزنی ۱۳ و فاز آلی ۵ مترمکعب است. قطر مخزن ۲ متر می‌باشد. ارتفاع سیال آلی و آبی در این مخزن چند متر و چند سانتی‌متر می‌باشد؟

ارتفاع سطح فاز آبی =  $h_1$

ارتفاع سطح فاز آلی =  $h_2$



$A$  = سطح مقطع ظرف

پاسخ:

$$V = A \times h = \pi \times \frac{D^2}{4} \times h$$

که در این رابطه  $V$  حجم،  $D$  قطر و  $h$  ارتفاع مخزن است.

$$13 \text{ m}^3 = 3/145 \times \frac{2^2}{4} \text{ m}^2 \times h_1 \rightarrow h_1 = 4/1 \text{ m}$$

$$h_1 = 4/1 \text{ m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \rightarrow h_1 = 410 \text{ cm}$$

$$5 \text{ m}^3 = 3/145 \times \frac{2^2}{4} \text{ m}^2 \times h_2 \rightarrow h_2 = 1/6 \text{ m}$$

$$h_2 = 1/6 \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \rightarrow h_2 = 160 \text{ cm}$$

## مرحله ۲: اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد

فعالیت ساخت یافته ۶: شرح روش اندازه‌گیری ارتفاع سطح براساس خواص سیال

پرسش



مخزنی توسط پمپ در حال پر شدن است، سطح‌سنج به کار رفته از نوع نقطه‌ای یا پیوسته است؟  
پاسخ: در این حالت اطلاع از سطح سیال به طور پیوسته مد نظر نیست و تنها لازم است زمانی که سطح مایع به یک نقطه معین برسد، پمپ خاموش شده تا سیال درون مخزن سرریز نگردد و پس از رسیدن سیال در سطح مورد نظر مخزن پمپ خاموش گردد. بنابراین سطح‌سنج مناسب از نوع نقطه‌ای (LS) می‌باشد.

فعالیت ساخت یافته ۷: توضیح کارکرد دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح با

کمک نمودار

با استفاده از نمودار انواع روش‌ها و دستگاه‌های اندازه‌گیری ارتفاع سطح مواد معرفی گردد.

فعالیت ساخت یافته ۸: بیان ساختار و عملکرد نمایشگرهای شیشه‌ای،

انعکاس و نمایشگر با شاخه مغناطیسی با کمک تصویر

انواع نمایشگرهای فیزیکی ارتفاع سطح مواد (شیشه‌ای، انعکاس و مغناطیسی) و شیوه عملکرد آنها توضیح داده شود.

فعالیت ساخت یافته ۹: بیان انواع سطح‌سنج‌های با عملکرد پیوسته و

استفاده از فیلم با کمک تصویر

تحقیق کنید



در خصوص نصب و کاربرد سطح‌سنج شناوری چه الزاماتی بایستی رعایت گردد؟  
پاسخ: هنگام نصب باید دقت شود که بخش‌های مکانیکی حسگر از تماس با هوا و سیال در امان بمانند، زیرا این مسئله موجب خوردگی و فرسایش تدریجی این قطعات می‌شود. این حسگرها به ندرت جهت ارسال موج الکتریکی به کار می‌روند و تنها برای نمایش محلی ارتفاع سیال مناسب هستند و نصب آنها در مخازن با سقف بسته و تحت فشار نیازمند رعایت شرایط خاص مخزن خواهد بود. با توجه به اینکه شناور و اتصالات همراه به طور کامل درون سیال فرو می‌روند باید از موادی که در برابر خوردگی مقاوم هستند، ساخته شوند.



پرسش



چرا به این سطح‌سنج فراصوت می‌گویند؟

پاسخ: فرکانس امواج صوتی در حدود ۹۵۰۰ هرتز است که در محدوده شنوایی انسان قرار دارد اما فرکانس مافوق صوت از ۱۰ کیلو هرتز تا ۷۰ کیلو هرتز است.

بیشتر بدانید



از انواع دستگاه‌های کنترل سطح پیوسته، نمونه‌های دیگر نیز وجود دارند که در مورد روش کار هر یک توضیح مختصری خواهد آمد:

سطح‌سنج تغییر مکانی نیز براساس اصل شناوری ارشمیدس طراحی می‌شوند. همان‌طور که گفته شد براساس این اصل هرگاه یک جسم درون مایعی غوطه‌ور باشد، نیرویی رو به بالا و برابر با وزن به آن وارد می‌شود که به آن نیروی شناوری گفته می‌شود. طبق قانون ارشمیدس وقتی جسمی در مایع فرو می‌رود به اندازه وزن مایعی که جسم را در برمی‌گیرد، از وزن آن کاسته می‌شود. از این قاعده در ساخت حسگرهای تغییر مکانی استفاده می‌شود. در این حسگرها یک جسم جابه‌جاشونده که به اهرمی متصل است، وارد مخزن می‌شود. هنگامی که مخزن خالی است تمام نیروی وزن جسم جابه‌جاشونده، به اهرم وارد شده و ترانسمیتور این نیرو را به‌عنوان سطح صفر سیال منظور می‌کند. وقتی سیال وارد مخزن می‌شود و بخشی از جسم جابه‌جاشونده را در برمی‌گیرد، هم‌زمان با افزایش نیروی شناوری سیال، از میزان نیروی وزن جسم، که به اهرم وارد می‌شود کاسته می‌شود. ترانسمیتور سطح با اندازه‌گیری این تغییر نیرو، سطح سیال درون مخزن را محاسبه می‌کند.

مخزن



سطح‌سنج تغییر مکانی

فیلم



نمایش فیلم سطح‌شناوری، اختلاف فشاری، فراصوت و راداری

## فعالیت ساخت یافته ۱۰: بیان انواع سطح‌سنج‌های نقطه‌ای با کمک تصویر و استفاده از فیلم

راجع به مزایا و معایب سطح‌سنج شناوری بحث کنید. پاسخ: از مزایای شناورهای مکانیکی و جابه‌جاشونده‌ها ارزان قیمت بودن و نصب آسان آنها می‌باشد و با مایعات چگالی پایین به راحتی کار می‌کنند. از معایب آن می‌توان گفت شناورها یا جابه‌جاشونده‌ها با چگالی مایع مورد سنجش کالیبره می‌شوند، لذا وقتی مایع و چگالی تغییر کند شناور باید دوباره کالیبره شود.

بحث کلاسی



### سطح‌سنج سروموتوری

این حسگرها در حقیقت ارتقا یافته سطح‌سنج‌های تغییر مکانی می‌باشند، در این سطح‌سنج‌ها جسم جابه‌جاشونده به یک وزنه به قطر تقریباً ۵۰ میلی‌متر و با چگالی بالاتر از چگالی سیال مورد اندازه‌گیری تبدیل شده است. مبنای کار اندازه‌گیری در این سطح‌سنج‌ها نیز بر اساس اندازه‌گیری نیروی شناوری ارشمیدوس می‌باشد.

بیشتر بدانید



سطح‌سنج سروموتوری

یکی از روش‌های اندازه‌گیری وزن و یا حجم مواد موجود در سیلوهای گندم یا سیمن، اندازه‌گیری ارتفاع مواد موجود در آن می‌باشد که پس از آن می‌توان به محاسبه حجم و وزن مواد موجود در مخزن پرداخت. بررسی سطح‌سنج داخل سیلو بایستی از نظر نوع و مکان نصب چه

بحث گروهی



ویژگی‌هایی داشته باشد؟

پاسخ: در اندازه‌گیری سطح می‌توان از سطح‌سنج خازنی و رسانایی، سطح‌سنج با پره متحرک و سطح‌سنج راداری استفاده نمود. قبل از تعیین محل نصب حسگر باید محل ورودی و خروجی مواد جامد به مخزن و چگونگی قرارگرفتن مواد و شیب آنها درون مخزن بررسی شود، سقوط اجسام از بالا نیز منجر به آسیب رساندن حسگر سطح‌سنج خواهد شد، لذا حسگر نباید در مسیر ورودی مخزن نصب شود. هنگامی که حسگر در کنار مخزن نصب می‌شود باید شیبی به سمت پایین داشته باشد تا مواد اطراف سطح‌سنجی نظیر پره متحرک هم‌زمان با پایین رفتن سطح مواد درون مخزن، به سمت پایین هدایت شود. برای اندازه‌گیری سطح یا ارتفاع جامدات، زمانی که این مواد به پره‌ها برخورد می‌کنند، مانع چرخش پره‌ها شده و در این زمان کلید عمل کرده و ارتفاع سطح سیال را نشان می‌دهد. این حسگرها نسبت به شوک و ارتعاش در سامانه‌ها حساس هستند و نباید در محلی که لرزش‌های زیادی وجود دارد نصب شوند.

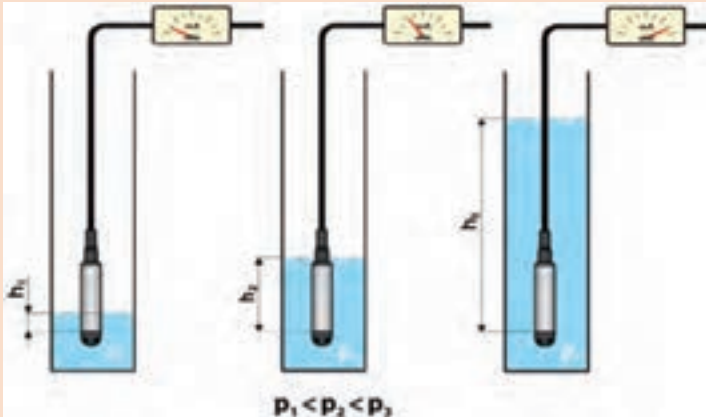


نمونه‌هایی از انواع سطح‌سنج

تحقیق کنید



برای نمایش و انتقال اطلاعات میزان عمق آب درون چاه‌های عمیق و یا مخازن آب از چه دستگاه‌هایی استفاده می‌شود؟  
راهنمایی: از شکل زیر کمک بگیرید.



اندازه‌گیری‌های فشار هیدرواستاتیکی

پاسخ: از سطح‌سنج هیدرواستاتیک برای اندازه‌گیری سطح می‌توان استفاده نمود. اندازه‌گیری سطح توسط فشار هیدرواستاتیکی یکی از روش‌های اندازه‌گیری سطح سیالات مایع در چاه‌ها و مخازن می‌باشد، این دستگاه اندازه‌گیری، دارای یک حسگر فشار است که فشار هیدرواستاتیکی ستون مایع را اندازه‌گیری می‌کند. فشار هیدرواستاتیکی رابطه مستقیم با ارتفاع مایع دارد.

نمایش فیلم اندازه‌گیری ارتفاع سطح سیال در مخازن

فیلم



فعالیت ساخت یافته ۱۱: اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع به صورت عملی در کارگاه

اندازه‌گیری ارتفاع سطح مایع در کارگاه  
راهنمایی: مطابق روش کار موجود در کتاب درسی، اندازه‌گیری ارتفاع سطح آب موجود در مخزن انجام گردد. نتیجه محاسبه حجم آب موجود در مخزن با مقدار آب ریخته شده در آن نباید تفاوت زیادی با یکدیگر داشته باشد.

فعالیت  
کارگاهی



### مرحله ۳: کنترل ارتفاع سطح یک مخزن

**فعالیت ساخت یافته ۱۲:** بیان اهداف کنترل ارتفاع سطح مواد اندازه‌گیری ارتفاع سطح سیال درون مخازن و کنترل آن توسط قطع و وصل جریان ورودی و خروجی به محیط مخزن از اهمیت بالایی برخوردار است.

پرسش



با توجه به شکل عملکرد چراغ روغنی بنوموسی با فتیله خود تنظیم‌شونده را توضیح دهید.

پاسخ: مطابق شکل، وقتی روغن در چراغ ریخته شود، گوی شناور بالا می‌آید و در نتیجه وزنه تعادل پایین می‌رود. به دلیل حرکت زنجیر از روی قرقره، قرقره و میله متصل به آن، و در نتیجه چرخ دندانه‌دار به دندانه‌های میله افقی می‌کند و میله حرکت می‌کند و در نتیجه فتیله به جلو رانده می‌شود.

**فعالیت ساخت یافته ۱۳:** کنترل سطح در صورت موجود بودن سامانه فرایندی

فعالیت  
کارگاهی



کنترل ارتفاع سطح مایع در کارگاه راهنمایی: با توجه به میزان آب خروجی، مدت زمان‌های متفاوتی برای کنترل ارتفاع سطح آب مخزن حاصل می‌شود.

## ارزشیابی شایستگی اندازه‌گیری، ثبت و کنترل ارتفاع سطح

<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>  به کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری ارتفاع سطح سیال و کنترل آن مطابق دستورالعمل</p> <p><b>شاخص‌ها:</b>  - رعایت مسایل ایمنی حین کار  - انجام کار طبق دستورالعمل</p>		
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b></p> <p><b>شرایط مکان:</b> کارگاه  <b>شرایط دستگاه:</b> سرویس شده  <b>زمان:</b> یک جلسه آموزشی  <b>ابزار و تجهیزات:</b> تجهیزات کارگاهی مورد نیاز و وسایل ایمنی شخصی</p>		
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>		
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳ نمره هنرجو
۱	به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری ارتفاع سطح سیال	۱
۲	اندازه‌گیری ارتفاع سطح سیال	۲
۳	انجام کنترل ارتفاع سطح یک مخزن	۱
۴		
	<p>شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:</p> <p>۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی</p> <p>۲- نگرش: صرفه‌جویی در آب مصرفی مبدل‌ها</p> <p>۳- توجهات زیست‌محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش</p> <p>۴- شایستگی‌های غیرفنی: اخلاق حرفه‌ای، مدیریت منابع، محاسبه و کاربرست ریاضی، مستندسازی (گزارش‌نویسی)</p>	۲
	میانگین نمرات	*

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

- ۱ سند استاندارد ارزشیابی صنایع شیمیایی، ۱۳۹۳ ناشر سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۲ سند راهنمای برنامه درسی رشته صنایع شیمیایی، ۱۳۹۴، ناشر سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۳ سیف محدثی سیدرضا و همکاران، کنترل فرایندهای شیمیایی، ۱۳۹۶، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
- ۴ شیوه‌نامه نحوه ارزشیابی دروس شایستگی‌های فنی و غیر فنی شاخه‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش شماره ۴۰۰/۲۱۱۴۸۲ مورخ ۹۵/۱۱/۳۰
- ۵ پورعطا، رحمت ا...، سید دراجی، میرسعید (۱۳۸۷)، جزوه گرافیک و نقشه‌خوانی، دانشگاه زنجان
- ۶ تولی، حسین و دیگران. (۱۳۹۵). سیلندرهای گاز تحت فشار: اصول ایمنی در آزمایشگاه و در صنعت (چاپ اول). قم، انتشارات منگان.
- ۷ حکیمی سبینی، معصومه (۱۳۹۳)، کلید مهندسی نقشه‌کشی و نقشه‌خوانی P & ID، انتشارات سها دانش
- ۸ خانه مهندسی شیمی ایران. بررسی ابزار دقیق مهندسی فرایند. WWW.ICHEH.COM
- ۹ رازی‌فر، مهدی (۱۳۹۲)، آشنایی با نقشه‌خوانی و ترسیم نقشه‌های فرایندی BFD، PFD، P & ID، UFD، ESD، انتشارات اندیشه‌سرا، چاپ دوم
- ۱۰ رحمتی، مصطفی، رحمانی، حسین (۱۳۹۳)، «کنترل دما (فرایند) به صورت تشریحی و مفهومی»، انتشارات قدیس
- ۱۱ شرکت ره‌آوران فنون پتروشیمی (۱۳۹۰)، جزوه آموزشی نقشه‌خوانی، گروه پژوهشی صنعتی ایرانیان
- ۱۲ عابدینی، محمد (۱۳۸۷)، «اندازه‌گیری و کالیبراسیون دما»، انتشارات صفار اشراقی
- ۱۳ قنبری، عبدالله (۱۳۸۴)، «اصول اندازه‌گیری دما و کالیبراسیون دماسنج‌ها»، انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران
- ۱۴ محسنی هما گرانی، مرتضی؛ رزم‌آرا، مهرداد؛ سپهری‌نیا، محمد. (۱۳۹۱). مرجع کامل طراحی تجهیزات ابزار دقیق و کنترل نفت - گاز - پتروشیمی.

تهران: نشر اتحاد

۱۵ جزوه آموزشی «ابزار دقیق». شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب.  
۱۶ جزوه آموزشی «سیستم‌های کنترل و ابزار دقیق». دانشگاه صنعتی شریف.

۱۷ توفیقی، سیدپندار، صدراپی، ساسان (۱۳۹۵)، عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

۱۸ توفیقی، سیدپندار، ۱۳۹۵، عملیات دستگاهی در صنایع شیمیایی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

۱۹ صدراپی، ساسان، ۱۳۹۵، فرایندهای شیمیایی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

۲۰ کنشلو، طیبیه و همکاران، ۱۳۹۲، سند استاندارد شایستگی حرفه صنایع شیمیایی، ناشر سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

۲۱ کنشلو، طیبیه و همکاران، ۱۳۹۴، سند راهنمای برنامه درسی درس کنترل فرایندهای شیمیایی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

22 Alan S.Morris., & Reza Langari.(2011). Measurement and Instrumentation: Theory and Application : Academic Press

23 Beckerath, Alexander von & others. (2008). WIKA-Handbook: Pressure and

24 Eugen Gaßmann.,& Anna Gries. (2009) Electronic Pressure Measurement Basics, applications and instrument selection. Germany (Munich): Süddeutscher Verlag onpact GmbH.

25 Alan S. Morris(2001). Measurement and Instrumentation Principles.3rd ed. UK: Butterworth-Heinemann

26 Bahner, Martin. 2001. A Practical Overview of Level Measurement Technologies. WWW. gilsonengineering.net/reference/Levelpap.pdf

27 Marshall Cavendish Benchmark, "Temperature", 2007, Navin Sullivan, ISBN-13:978-0-7614-2322-5

28 Temperature Measurement U.S. Edition. United States of America: Cameron Reebals

