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:

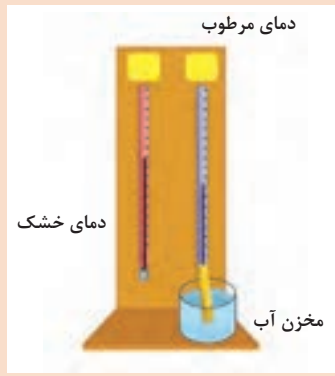
- دماسنج الکلی برای دماهای پایین مناسب‌تر است.
- میزان انبساط الکل از جیوه بیشتر است، پس می‌توان برای دماسنج الکلی از لوله باریک استفاده کرد.
- الکل ارزان‌تر از جیوه است، جیوه سمی بوده و اگر دماسنج جیوه‌ای بشکند خطرناک است.

**فعالیت ساخت‌یافته۶**: 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 به‌وسیله 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 ۱۱ــ 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 به‌دست آورید.

**جدول ۳- میزان رطوبت نسبی هوا برحسب دمای خشک و اختلاف دمای خشک و مرطوب**

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

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 به‌دست آمده را با هم مقایسه کنید.

پرسش

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

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

**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 براساس دما درجه‌بندی نمایند.

فیلم۳

فیلم دماسنج ترموکوپل و RTD

فیلم۴

فیلم دماسنج ترموکوپل

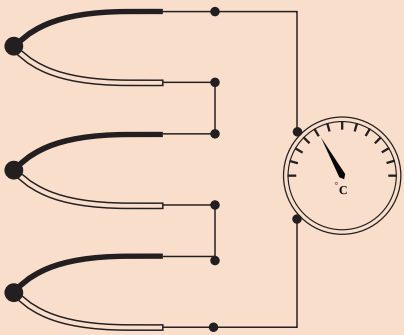
فیلم۵

چگونگی کار با دماسنج غیرتماسی

تحقیق کنید

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 ـ کرمل میزان دقت ۰/۰۰۱ درجه سلسیوس بالا خواهد رفت.

پرسش

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

**پاسخ:**

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

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

## 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 ρ 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 نقطهٔ 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. هرچند که این فلز بسیار

گران‌بها است (به‌طور متوسط قیمت پلاتین دو برابر قیمت طلا است) اما برای اندازه‌گیری دما از آن استفاده می‌کنند. دماسنج مقاومتی پلاتین را می‌توان 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 می‌بایست اندازه مقاومت فلز نسبتاً بزرگ باشد به همین دلیل با ساخت مقاومت به صورت سیم‌پیچ طول آن افزایش یافته و در نهایت مقاومت الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

**فعالیت ساخت‌یافته ۸:** بررسی چشمی سالم بودن دماسنج‌های موجود در کارگاه به صورت عملی

فعالیت کارگاهی ۵

**راهنمایی:** هنرجویان دماسنج‌های 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 گستره‌های مختلف دمایی است.

**فعالیت ساخت‌یافته ۹:** اندازه‌گیری دمای نمونه‌های مختلف با استفاده از دماسنج‌های مناسب در کارگاه به صورت عملی

فعالیت کارگاهی ۶

پس از بررسی دماسنج‌های موجود در کارگاه، با دماسنج‌های سالم اندازه‌گیری نمونه‌های داده شده را انجام نمایند. هدف از این فعالیت تمرین بیشتر برای کسب مهارت کار با دماسنج‌ها می‌باشد.

تحقیق کنید

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 می‌یابد،

فاصله متوسط بین مولکولی افزایش یافته و این امر موجب انبساط تمامی‌جسم 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 علاوه‌بر 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 | $۸۳ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۲ | سدیم | $۷۲ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۳ | روی | $۳۹/۷ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۴ | سرب | $۲۸/۳ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۵ | منیزیم | $۲۷ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۶ | آلومینیوم | $۲۳/۹ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۷ | منگنز | $۲۲ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۸ | نقره | $۱۸/۲ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۹ | مس | $۱۶/۶ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۱۰ | طلا | $۱۹ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۱۱ | آهن | $۱۱/۷۶ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۱۲ | بتن | $۱۱ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۱۳ | آجر | $۹ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۱۴ | شیشه معمولی | $۸/۵ \times ۱۰^{-۶}$ |
| ۱۵ | الماس | ~۰ |

**فعالیت ساخت‌یافته ۱۰**: ساخت دماسنج دو فلزی در کارگاه به صورت عملی

فعالیت عملی ۷

**ساخت یک ترموستات**

**راهنمایی:** هدف مشاهده کاربرد دماسنج دوفلزی در یک نمونه از وسایل موجود می‌باشد. در واقع با استفاده از راه‌انداز لامپ مهتابی و آزمایش ساده طراحی شده، چگونگی عملکرد ترموستات بهتر درک می‌گردد.

فعالیت عملی ۸

**ساخت دماسنج دوفلزی**

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

**فعالیت ساخت‌یافته ۱۱:** معرفی انواع دماسنج‌های غیرتماسی (آذرسنج نوری و آذرسنج تشعشعی) با کمک تصویر

فیلم ۵

نمایش فیلم چگونگی کار با دماسنج غیرتماسی

هنرآموزان محترم، توجه داشته باشند که بازدید از مراکزی که دارای کوره‌های دما بالا هستند، می‌تواند در این زمینه بسیار مؤثر باشد. کارخانجات تولیدی وسایل شیشه‌ای و بلور، برای اندازه‌گیری دمای کوره ذوب مواد اولیه از انواع آذرسنج نوری و تشعشی استفاده می‌کنند.

**فعالیت ساخت‌یافته ۱۲:** معرفی انواع نشانگرهای دما (شیشه‌ای، عقربه‌ای، دیجیتالی)

**راهنمایی:** برای آموزش این مبحث می‌توان از انواع نشانگرهای شیشه‌ای، عقربه‌ای و دیجیتالی موجود در آزمایشگاه‌ها، کارگاه‌ها، موتورخانه‌ها، 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. قائدتاً 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

پرسش

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.

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 ساخت‌یافته 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.

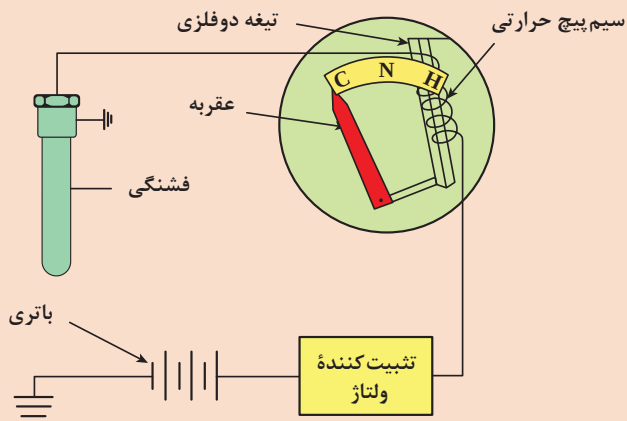
تحقیق کنید

سامانه اندازه‌گیری و کنترل دمای آب موتور در اتومبیل چگونه است؟

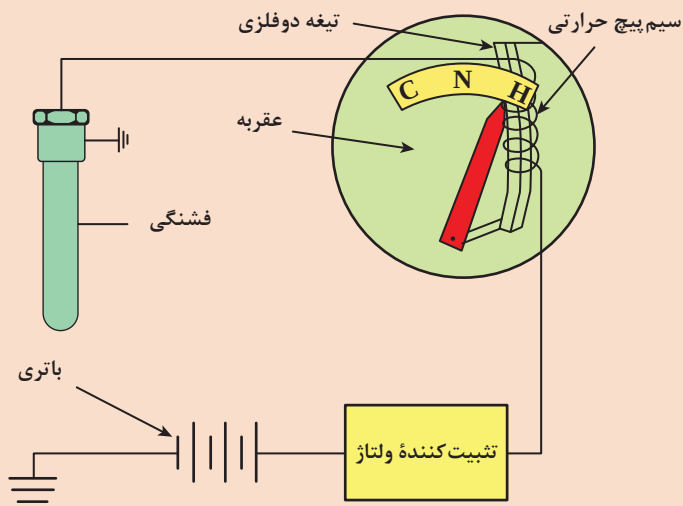
**پاسخ:** همان‌طور که توضیح داده شده است، مرحله اول حلقه کنترل دما اندازه‌گیری دما است که در خودرو، حسگر اندازه‌گیری دما توسط فشنگی انجام می‌شود. وظیفه فشنگی برقراری جریان برای روشن شدن، کند و تند شدن دور فن رادیاتور یا اعلام درجه آب به سامانه کنترل دمای آب داخل مدار موتور می‌باشد.

فشنگی یا همان حسگر دمای آب، یک مقاومت از نوع NTC می‌باشد. این نوع مقاومت ارتباط و تأثیرپذیری مستقیم با دما دارد. درصورت 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، درنتیجه 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. سیم‌پیچ حرارتی نصب شده در روی تیغه (ترنسمیتر)، 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 عبورمی‌کند و تغییر طول تیغه دو فلزی 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 روان‌کاری 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**: به‌طور 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 انعطاف‌پذیری |
| 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

**شرح کار:**
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.

**استاندارد عملکرد:**
به‌کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری دما و کنترل آن مطابق دستورالعمل

**شاخص‌ها:**
ـ رعایت مسایل ایمنی حین کار
ـ انجام کار طبق دستورالعمل

**شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:**

**شرایط مکان**: کارگاه
**شرایط دستگاه**: سرویس شده
**زمان**: یک جلسه آموزشی
**ابزار و تجهیزات**: 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، باطری قلمی، لامپ سه ولتی ، سیم، ترموستات ، گیره ، گرمکن الکتریکی ، زمان‌سنج

**معیار شایستگی:**

| ردیف | مرحله کار | حداقل نمره قبولی از ۳ | نمره هنرجو |
|---|---|---|---|
| ۱ | به‌کارگیری 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 زیست‌محیطی و نگرش:<br>**۱ـ ایمنی :** انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی<br>**۲ـ نگرش:** صرفه‌جویی در مواد مصرفی<br>**۳ـ توجهات زیست‌محیطی:** جلوگیری از صدمه زدن به محیط‌زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش<br>**۴ـ شایستگی‌های غیرفنی :** 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

## مقدمه

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: به‌کارگیری مفاهیم و محاسبات فشار

**فعالیت ساخت‌یافته 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 مولفه 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 اشیا 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 به‌دست 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:**

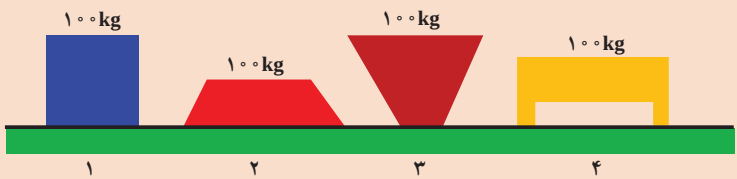
$P = F/A = ۸۰۰\ N/۲\ m^۲ = ۴۰۰\ N/m^۲\ (Pa)$

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

**پاسخ:**

$P=F/A \leftrightarrow F= P.A = ۳۰۰\ Pa \times (N/m^۲) \times ۰/۵\ m^۲ = ۱۵۰\ N$

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 ۳و ۱ و ۲ می‌باشند.

**فعالیت ساخت‌یافته ۲**: بیان یکاهای فشار در سامانه‌های مختلف با مثال

بیشتر بدانید

**تور**

واحد تور (Torr) به افتخار اوانجلیستا توریچلی فیزیک‌دان و ریاضی‌دان ایتالیایی نامگذاری شده است. اهمیت این واحد فشار ازآن جهت است که یک تور با تقریب خوبی معادل یک میلی‌متر جیوه خواهد بود. هر تور برابر با ۱۳۳/۳۲۲۴ پاسکال می‌باشد.

**فعالیت ساخت‌یافته ۳**: تبدیل یکاهای فشاری درسامانه‌های مختلف با مثال، تمرین و تحقیق

پرسش

۱ فشار چاه‌های گاز می‌تواند تا ۵۰۰۰ 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 نردبانی حل شوند و روش‌های معمولی گر چه درست باشند، نمره‌دهی نشده و این مطلب را برای هنرجویان کاملاً توجیه کنند.

$$۱\,psi = ۰/۰۶۸۰۵\,atm$$

از جدول ۱:

$$۵۰۰۰\,psi \times \frac{۰/۰۶۸۰۵\,atm}{۱\,psi} = ۳۴۰/۲۵\,atm$$

۲ فشار داخلی راکتور تولید آمونیاک ۲۵۰ 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[1] مراجعه کنید و یا جدول مناسب را از منابع اینترنتی دانلود نمایید.

**فعالیت ساخت‌یافته 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 فشارمطلق 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 $R=۰/۰۸۲۱ \frac{lit \cdot atm}{g\ mole}$ 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 کلوین محاسبه می‌کنیم.

$$T(K) = T(^\circ C) + ۲۷۳/۱۵ = ۲۵ + ۲۷۳/۱۵ = ۲۹۸/۱۵\ K$$

$$PV = nRT$$

$$۵ \times ۱۲ = n \times ۰/۰۸۲۱ \times ۲۹۸/۱۵ \leftrightarrow n = ۲/۴۵۱۱\ g\ mole$$

۱ـ Perry's Chemical Engineer's Handbook

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

$m = n \times M_w \leftrightarrow m = ۲/۴۵۱۱ g\ mole \times ۲۸\ g/gmole = ۶۸/۳\ g$

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 درخط 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 ۱۹/۳۳ $psi.ft^3/R.lbmole$ 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.

$T(^\circ F) = [T(^\circ C) \times ۱/۸] + ۳۲ = (۳۴ \times ۱/۸) + ۳۲ = ۹۳/۲\ ^\circ F$

$T(R) = T(^\circ F) + ۴۶۰ = ۹۳/۲ + ۴۶۰ = ۵۵۳/۲\ ^\circ R$

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

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

$P.M_w = (m/V)RT$

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

$d = P.M_w/RT$

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

$d = ۲۵۰ \times ۱۶/۱۹ / ۳۳ \times ۵۵۳/۲ = ۰/۳۷۴\ lb/ft^3$

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.

تمرین

**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.

$M_w\ CO_2 = ۴۴\ g/gmole$

$n = m/M_w = ۲/۳۴\ g/۴۴\ g/gmole = ۰/۵۳۲۸\ gmole\ (۰/۰۰۰۵۳۲۸\ kgmole)$

در سامانه متریک مقدار گرم مول بایستی به کیلوگرم مول تبدیل گردد.

در شرایط متعارفی دما صفر درجه سلسیوس یا همان ۲۷۳/۱۵ درجه کلوین می‌باشد و فشار یک اتمسفر است که در سامانه متریک ۱۰۰۰۰۰ پاسکال می‌باشد. مقدار R نیز با استفاده از جدول برابر با $۸/۳۱۴۵\ Pa.m^3/(K.mol)$ می‌باشد و بنابراین با استفاده از قانون گاز ایده‌ال:

$V = nRT/P = (۰/۰۰۰۵۳۲۸ \times ۸/۳۱۴۵ \times ۲۷۳/۱۵) / ۱۰۰۰۰۰ = ۱/۲\times۱۰^{-۶}\ m^3$

**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 کلوین است.

طبق قانون گاز ایده‌ال:

$n = PV/RT = (۱ \times ۵۶/۲) / (۰/۰۸۲۱ \times ۲۷۳/۱۵) = ۲/۵\ gmole$

جرم اتمی آرگون ۴۰ و در نتیجه اتم گرم آن ۴۰ g/gmole می‌باشد.

بنابراین جرم آرگون عبارت است از:

$m = n \cdot M_w = ۲/۵ \times ۴۰ = ۱۰۰\ g$

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

**حل:** مقدار $R = ۰/۰۸۲۰۵۷\ (lit.atm)/(K.mol)$ را با توجه به سامانه واحدها انتخاب می‌کنیم و سپس از قانون گاز ایده‌ال:

$T = PV/nR = (۱/۹۵ \times ۱۲/۳) / (۰/۷۵۴ \times ۰/۰۸۲۱) = ۳۸۷\ K\ (۱۱۴/۳\ ^\circ C)$

**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 می‌کنیم.

**الف: دما:**

$T = ۲۵ + ۲۷۳/۱۵ = ۲۹۸/۱۵ \ K$

**ب) فشار:**

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

**ج) عده مول:**

جرم ملکولی اکسیژن ۳۲ می‌باشد و بنابراین مولکول‌گرم آن kg/kgmole ۳۲ می‌باشد.

مقدار R از جدول عبارت از $۸/۳۱۴۵ \ Pa \ .m^۳/(K \ .mol)$ خواهد بود.

مطابق با قانون گاز ایده‌آل :

$d = P. M_w /RT = ۱۸۰ \times ۳۲ /(۸/۳۱۴۵ \times ۲۹۸/۱۵) = ۲۴۷۸/۹۶ \ kg/m^۳$

با توجه به اینکه فشار بالاست و گازها در فشارهای کم از خود رفتار ایده‌ال نشان می‌دهند، انتظار می‌رود پاسخ از مقدار واقعی انحراف قابل توجهی داشته باشد.

**۵** ۳۰/۶ 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 می‌باشد 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:

$n= m/M_w$ از جای‌گذاری این رابطه در قانون گاز ایده‌ال و حل معادله برحسب $M_w$ خواهیم داشت:

$M_w = m \ R \ T \ /P \ V = (۳۰/۶ \times ۰/۰۸۲۱ \times ۲۷۳/۱۵) \ / \ (۱ \times ۲۲/۴۱۴) =$

$۳۰/۶۱ \ g/gmole \leftrightarrow M_w = ۳۰/۶۱$

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

**حل:** مطابق با قانون گاز ایده‌ال اگر معادله را برحسب حجم بازنویسی کنیم و در فشا ر یک اتمسفر و دمای صفر درجه سلسیوس که شرایط متعارفی است با انتخاب مقدار مناسب R خواهیم داشت:

$V = nRT /P = (۱ \times ۰/۸۲۱ \times ۲۷۳/۱۵) /۱ = ۲۲/۴۲۵ \ lit$

**فعالیت ساخت‌یافته ۵**: بیان مفهوم فشار مایعات با کمک تصویر، تمرین و فیلم

تمرین

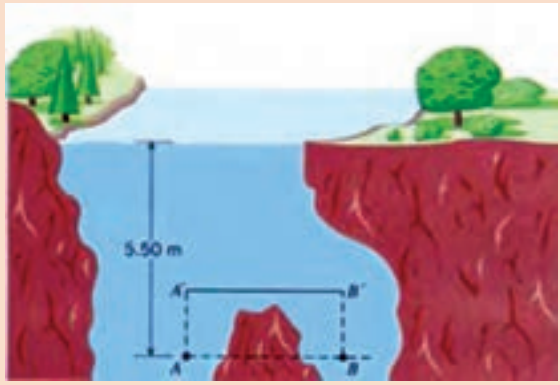
۱ با فرض اینکه چگالی آب $1000\ kg/m^3$ باشد فشار را در کف لیوانی که تا ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر از آب پر شده باشد را برحسب پاسکال، میلی‌متر جیوه، بار و اتمسفر محاسبه کنید.

**پاسخ:** ابتدا سانتی‌متر را به متر تبدیل می‌کنیم تا اعدا در سامانه متریک باشند سپس از معادله فشار مایعات مسئله را حل می‌کنیم:

$P = d.g.h = ۱۰۰۰ \times ۹/۸ \times ۰/۱۵ = ۱۴۷۰\ Pa$

۲ فشار را در نقاط A و B به‌دست آورید. آیا این دو با یکدیگر برابر هستند؟ در صورت جواب مثبت علت را توضیح دهید. چگالی آب را $1000\ kg/m^3$ 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 :

$P_A = P_B = d.g.h = ۱۰۰۰ \times ۹/۸ \times ۵/۵ = ۵۳۹۰۰\ Pa$

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

**پاسخ:** حجم آب موجود در استخر عبارت است از:

$V = ۲۴ \times ۳ \times ۹ = ۶۴۸\ m^۳$

اگر چگالی آب را $۱۰۰۰\ kg/m^۳$ فرض کنیم، آنگاه جرم آب موجود در استخر برابر با ۶۴۸۰۰۰ کیلوگرم خواهد بود، بنابر این نیروی وارده عبارت خواهد بود از:

$F = m.g = ۶۴۸۰۰۰\ kg \times ۹/۸\ m/s^۲ = ۶۴۵۰۴۰۰\ N$

مساحت کف استخر عبارت است از :

$A = ۲۴ \times ۹ = ۲۱۶\ m^۲$

بنابراین فشار وارد شده به کف استخر خواهد بود:

$P = F / A = ۶۴۵۰۴۰۰\ N / ۲۱۶\ m^۲ = ۲۹۸۶۲/۹۶\ N/m^۲\ (Pa)$

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 ۱۸۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد قرار دهیم، ارتفاع ستون جیوه از ۷۶۰ 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 $۷۱۴\ mmHg$ است.

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

استفاده نکرد. در صورت استفاده از آب آیا 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.

$$۱۰/۳\ m\ H_۲O = ۷۶۰\ mmHg = ۷۶۰\ torr = ۱۰۱۳۲۵\ Pa = ۱atm$$

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:

$$X = ۷۴۰ \times ۱/۷۶۰ = ۰/۹۷۳۶\ bar$$

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.

$$P_a = P_g + P_{amb} = -۴۵ + ۹۳ = ۴۸\ kpa$$

۳ غواصی در عمق ۱۰ متری آب دریا قرار دارد. چگالی آب دریا $۱۰۵۳\ kg/m^۳$ می‌باشد و اداره هواشناسی فشار هوا را ۷۵۵ میلی‌متر جیوه اعلام کرده است. فشار نسبی و مطلقی که بدن غواص تحمل می‌کند را محاسبه کنید.

ابتدا فشار نسبی که غواص متحمل می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$Pg = ۱۰۵۳ \times ۹/۸ \times ۱۰ = ۱۰۳۱۹۴\ Pa$$

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.

$۱۰۳۱۹۴ \text{ Pa} \times ۷۶۰ \text{ mmHg} / ۱۰۱۳۲۵ \text{ Pa} = ۷۷۴ \text{ mmHg}$

$P_a = P_g + P_{amb} = ۷۷۴ + ۷۵۵ = ۱۵۲۹ \text{ mmHg}$

**فیلم شماره ۷:** نمایش طرز کار بارومتر

## مرحله ۲: کار با فشارسنج‌ها

**فعالیت ساخت‌یافته ۷**: بیان روش‌های اندازه‌گیری فشار با کمک نمودار در این مرحله انواع روش‌های اندازه‌گیری فشار معرفی گردد.

**فعالیت ساخت‌یافته ۸**: بیان شیوه عملکرد و ساختمان پیزومتر و انواع مانومتر و ترازوهای فشاری با کمک تمرین، تصویر و فیلم

فعالیت عملی

استفاده از پیزومتر 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 $۰/۹۹۷۰ \text{ g/cm}^۳$ و چگالی جیوه $۱۳/۵۳۱۳ \text{ g/cm}^۳$ 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 ۱۵۲ mmHg 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.

۱۵۲/(۰/۷) = ۲۱۷

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.

$d_۱ \times h_۱ = d_۲ \times h_۲ \leftrightarrow ۱۳/۵۳ \times ۲۱۷ = ۰/۹۹۷ \times h_۲ \leftrightarrow h_۲ = ۲۹۴۴ \text{ mm } H_۲O = ۲/۹۴۴ \text{ m } H_۲O$

**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 $۲۹/۷۶\ ^\circ C$ در آن دما مایع است استفاده کنیم. چگالی گالیوم در ۲۵ درجه سلسیوس برابر با $۶/۱۱۴\ g/cm^۳$ است. به چه طولی از ستون مانومتر هنگام استفاده از گالیوم نیازمندیم؟

**پاسخ:** حداقل طول ستونی که نیازمندیم عبارت است از:

یک اتمسفر معادل ۷۶۰ mmHg یا $۱۰/۳\ mH_۲O$ می‌باشد. با توجه به چگالی ۱۳/۵۳ جیوه و با فرض چگالی ۱ برای آب خواهیم داشت:

$d_۱ \times h_۱ = d_۲ \times h_۲ \leftrightarrow ۱۳/۵۳ \times ۷۶۰ = ۶/۱۱۴ \times h_۲ \leftrightarrow h_۲ = ۱۶۸۱/۸۴ \text{ mm Ga}$

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 ساخت‌یافته 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 ساخت‌یافته 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 ساخت‌یافته ۱۲**: بیان چگونگی عملکرد، ساختمان لوله بوردن و انواع آن با کمک تصویر و فیلم

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

فیلم

**فیلم شماره ۹ و ۱۰**: نمایش طرز کارفشارسنج بوردن و روش ساخت آن

**فعالیت ساخت‌یافته ۱۳**: بررسی اجزای ساختمان فشارسنج بوردن و اندازه‌گیری فشار به صورت عملی در کارگاه

**راهنمایی**: مطابق روش کار ارائه شده در کتاب درسی، اجزا فشارسنج بوردن 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 بوردنی 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 بوردون بایستی در این محدوده باشد یعنی با برداشتن فشار به حالت اولیه خو 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 بوردون 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 استفادهٔ 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

**فیلم ۱۲ و ۱۳ نمایش فیلم فشارشکن**

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

فیلم

**فیلم شماره ۱۴**: نمایش فیلم دیسک انفجاری

علاوه بر دیسک‌های انفجاری، نوع دیگری از تجهیزات غیر بسته‌شونده وجود دارند که ضامن میله‌ای شکل[۱] 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 بالارفتن 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.

۱ـ Pin Devices

**فعالیت ساخت‌یافته 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 ساخت‌یافته 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

**شرح کار:**
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.

**استاندارد عملکرد:**
به‌کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری فشار و کنترل آن مطابق دستورالعمل

**شاخص‌ها:**
ـ رعایت مسایل ایمنی حین کار
ـ انجام کار طبق دستورالعمل

**شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:**
**شرایط مکان**: کارگاه
**شرایط دستگاه**: سرویس شده
**زمان**: یک جلسه آموزشی
**ابزار و تجهیزات:** 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

**معیار شایستگی:**

| ردیف | مرحله کار | حداقل نمره قبولی از ۳ | نمره هنرجو |
|---|---|---|---|
| ۱ | به‌کارگیری 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:<br>**۱ـ ایمنی:** انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی<br>**۲ـ نگرش:** صرفه‌جویی در مواد مصرفی<br>**۳ـ توجهات زیست‌محیطی:** جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش<br>**۴ـ شایستگی‌های غیرفنی** : اخلاق حرفه‌ای، مدیریت منابع، محاسبه و کاربست ریاضی، مستندسازی(گزارش‌نویسی) | | ۲ | |
| میانگین نمرات | | | * |

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

# پودمان چهارم

## اندازه‌گیری، ثبت و کنترل شدت جریان

## مقدمه

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 ساخت‌یافته 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 هنرجویان 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 به‌دست 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، مقداربنزین ۴۹/۵ لیتر می‌شود که از مخزن سرریز خواهد کرد.

بحث گروهی

آیا می‌دانید که مقدار نفت خام تحویل شده به کشتی‌های نفت‌کش اقیانوس‌پیما را چگونه اندازه‌گیری می‌کنند؟
**راهنمایی**: اگر مقدار سیال مورد نظر کم باشد، مقدارخطا در اندازه‌گیری آن قابل صرف نظر کردن است. اما در مقدارهای زیاد سیال، حتی درصد کم‌خطا 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 ساخت‌یافته 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 حجمی‌انجام 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 ساخت‌یافته 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 ساخت‌یافته 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 درحال پرواز، تمام شد. تنها مهارت خلبان بود که هواپیما را به زمین نشاند و زندگی خدمه و سرنشینان را نجات داد.

حتی دانشمندان نیز از این خطر در امان نبودند. در تاریخ ۱۷ اسفند ماه ۱۳۹۵ (۷ مارس ۲۰۱۷میلادی) 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) جریان‌سنج (روتامتر)، ب) کاربرد جریان‌سنج در صنعت مثلاً آب‌شیرین‌کن غشایی،

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

**فعالیت ساخت‌یافته ۶:** ساخت یک جریان‌سنج آب به صورت عملی در کارگاه

فعالیت عملی

ساخت یک جریان‌سنج آب (از نوع منفذدار و به روش مستقیم)

**توجه**: درانجام فعالیت عملی طراحی شده نتایج زیر حاصل می‌گردند:

- ✓درگیرکردن عملی هنرجویان با مقوله جریان‌سنجی و با انجام هر چه بیشتر فعالیت عملی، دید و حس هنرجویان نسبت به کارهای عملی قوی‌تر می‌شود.
- ✓با تجربه عملی، سهولت استفاده از جریان‌سنج آب (از نوع منفذدار)، به جای روش بسیار دقیق اما وقت‌گیر استوانه مدرج و کرونومتر، 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 جریان‌سنج استفاده می‌شود. این امر جدی بودن فعالیت‌های عملی را در ذهن هنرجو القا می‌کند.

**فعالیت ساخت‌یافته 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، مایکروویو، 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 مایکروویو 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 ساخت‌یافته 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 زمان‌سنج است و مقدار دبی خوانده شده از روی روتامتر، دبی اندازه‌گیری شده. مطابق رابطه زیر درصد خطای فعالیت عملی را محاسبه کنید.

درصد خطا = {(مقدار دبی واقعی − مقدار دبی اندازه‌گیری شده)/مقدار دبی واقعی} × ۱۰۰

تمرین

روتامتری میزان جریان حجمی نفت‌گاز (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 به‌دست آورید.

حل:

$$\dot{m} = \rho \times \dot{Q}$$

$$\dot{m} = (850\ g/L) \times (90\ L/min) \times (1\ kg/1000\ g) \times (1\ min/60\ s) = 1/275\ kg/s$$

$$\dot{m} = (1/275\ kg/s) \times (1\ lb/454\ g) \times (1000\ g/kg) = 2/808\ lb/s$$

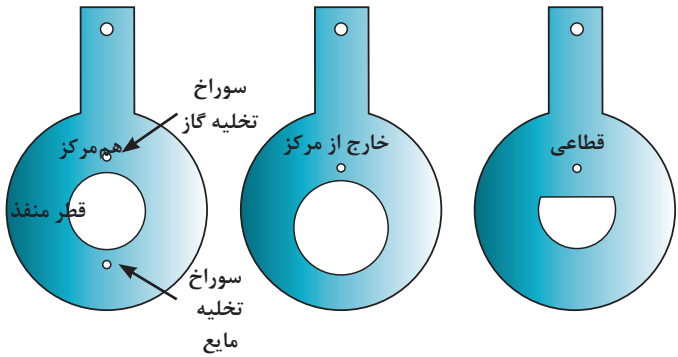
**فعالیت ساخت‌یافته ۹**: اندازه‌گیری دبی مایعات به کمک اریفیس‌متر در کارگاه

تحقیق کنید

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

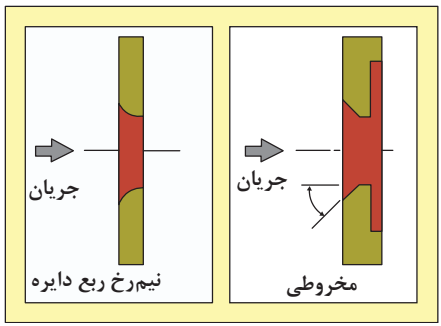
**اریفیس هم‌محور**: دراین نوع اریفیس، سوراخ صفحه دقیقاً در مرکز دایره (سطح مقطع لوله عبور جریان) ایجاد می‌گردد. این نوع اریفیس برای سیالات تمیز، سبک و بدون رسوب مناسب است.

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.



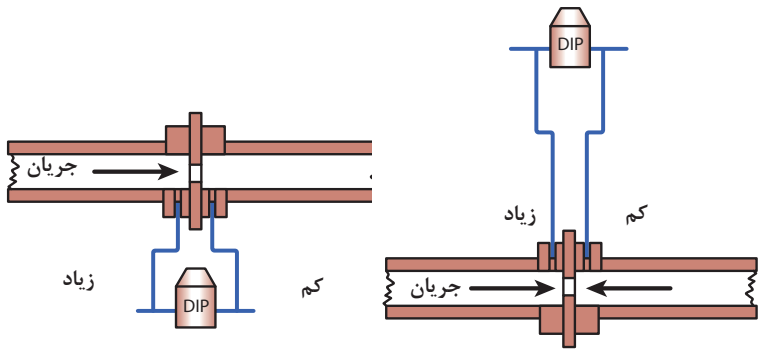

دو نوع صفحه منفذدار (اریفیس)

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 گرانروی سیال زیاد و جریان آرام باشد، لبه سوراخ به صورت نیم‌رخ ربع دایره یا کج‌بر (سوراخ مخروطی شکل) ساخته می‌شود.

در سیالات بسیار ساینده 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.

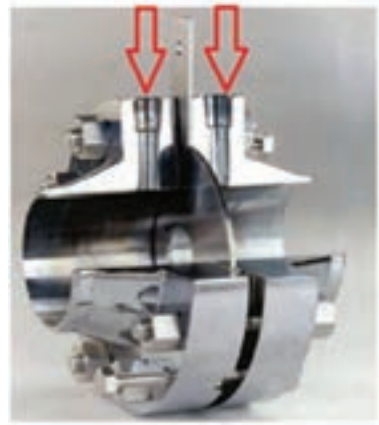
**اندازه‌گیر جریان سیال به روش صفحه منفذدار**



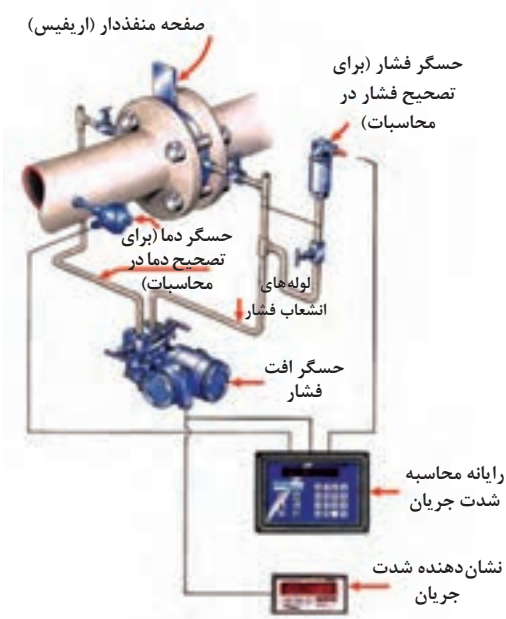

**برای اندازه‌گیری جریان گاز** **برای اندازه‌گیری جریان مایع**

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



الف) اریفیس نصب‌شده بین دو نیمه فلنج




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

فعالیت کارگاهی

**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 ساخت‌یافته ۱۰**: اندازه‌گیری دبی مایعات با کمک ونتوری‌متر در کارگاه

**راهنمایی**: مطابق روش ارائه شده در کتاب درسی، فعالیت عملی انجام شده و جدول کامل شود.

## مرحله ۳ : اندازه‌گیری دبی گازها

**فعالیت ساخت‌یافته 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 می‌دانیدکه نام این دستگاه چیست؟ و چه کاری انجام می‌دهد؟

**پاسخ**: جریان‌سنج (کنتور) گاز شهری

**فعالیت ساخت‌یافته 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 صفحه منفذدار (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 به‌دست 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 ۰/۸۵ 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 ۰/۸۵ این میزان ظرفیت چند تن، چند مترمکعب، چند بشکه و چند گالن است؟

**پاسخ:**

| مورد | مقدارخطای ۱٪ | | ظرفیت | |
|---|---|---|---|---|
| اول | ۳۳۰۴ | مترمکعب | مترمکعب | $\frac{۲۸۰۸۵۰ \times ۱۰۰۰}{۰/۸۵ \times ۱۰۰۰}$ =۳۳۰۴۱۲ |
| | ۳۳۰۴۱۲۰ | لیتر | لیتر | ۳۳۰۴۱۲ × ۱۰۰۰ = ۳۳۰۴۱۲۰۰۰۰ |
| | ۲۰۷۸۰ | بشکه | بشکه | ۳۳۰۴۱۲۰۰۰/۱۵۹ = ۲۰۷۸۰۶۲ |
| | ۸۷۲۹۵۱ | گالن | گالن | ۳۳۰۴۱۲۰۰۰/۳/۷۸۵ = ۸۷۲۹۵۱۱۲ |
| دوم | ۲۳۸ | کیلوگرم | کیلوگرم | ۲۸۰۰۰ × ۰/۸۵ = ۲۳۸۰۰ |
| | ۰/۲۴ | تن | تن | ۲۳۸۰۰ / ۱۰۰۰ = ۲۳/۸ |
| | ۰/۲۸ | مترمکعب | مترمکعب | ۲۸۰۰۰ / ۱۰۰۰ = ۲۸ |
| | ۱/۸ | بشکه | بشکه | ۲۸۰۰۰ / ۱۵۹ = ۱۷۶ |
| | گالن | ۷۴ | گالن | ۲۸۰۰۰ / ۳/۷۸۵ = ۷۳۹۸ |

۳۳۰۴۱۲۰ / ۲۸۰۰۰= ۱۱۸

مشاهده می‌شود که با ۱٪ خطای اندازه‌گیری در محموله کشتی نفت‌کش می‌توان ۱۱۸ کامیون نفت‌کش 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 نفت‌کش را می‌بینید که مستطیل کوچکی به زحمت در زیر آن دیده می‌شود. این مستطیل همان کامیون نفت‌کش شهری است!! که سعی شده است نسبت تصاویر آنها همان نسبت واقعی باشد.

کامیون

## مرحله ۴: کنترل دبی

**فعالیت ساخت‌یافته 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 ۰/۶ لیتر بر دقیقه تنظیم گردد.

## ارزشیابی شایستگی اندازه‌گیری، ثبت و کنترل دبی سیال

**شرح کار:**
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.

**استاندارد عملکرد:**
به‌کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری دبی جریان مایعات و گازها و کنترل دبی سیال مطابق دستورالعمل

**شاخص‌ها:**
ـ رعایت مسایل ایمنی حین کار
ـ انجام کار طبق دستورالعمل

**شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:**

**شرایط مکان**: کارگاه
**شرایط دستگاه**: سرویس شده
**زمان**: یک جلسه آموزشی
**ابزار و تجهیزات**: کرونومتر، استوانه مدرج، پمپ (از نوع گریز از مرکز)، شیر تنظیم‌کننده، روتامتر، اریفیس‌متر، ونتوری‌متر

**معیار شایستگی:**

| ردیف | مرحله کار | حداقل نمره قبولی از ۳ | نمره هنرجو |
|---|---|---|---|
| ۱ | به‌کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دبی | ۲ | |
| ۲ | اندازه‌گیری دبی مایعات | ۲ | |
| ۳ | اندازه‌گیری دبی گازها | ۱ | |
| ۴ | کنترل دبی سیال | ۱ | |
| | شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:<br>**۱ـ ایمنی**: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی<br>**۲ـ نگرش**: صرفه‌جویی در آب مصرفی مبدل‌ها<br>**۳ـ توجهات زیست‌محیطی**: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش<br>**۴ـ شایستگی‌های غیرفنی** : اخلاق حرفه‌ای، مدیریت منابع، محاسبه و کاربست ریاضی، مستندسازی (گزارش‌نویسی) | ۲ | |
| میانگین نمرات | | | * |

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