پودمان ۲

اندازه‌گیری، ثبت و کنترل دما

اندازه‌گیری و کنترل دما نقش بسیار مهم و گسترده‌ای جهت کنترل کیفیت محصولات در صنایع مختلف نظیر پالایش، پتروشیمی، کارخانجات شیمیایی و به‌طور کلی هر صنعتی که شامل فرایندهای گرمایش و سرمایش است، دارد.

واحد یادگیری ۲

اندازه‌گیری، ثبت و کنترل دما

مقدمه

اندازه‌گیری مقادیر کمیت‌های اصلی از قبیل دما از مهم‌ترین مباحث در صنایع شیمیایی و علوم مهندسی می‌باشد. هر چه اندازه‌گیری این کمّیت دقیق‌تر باشد، خطرات در محیط صنعتی کمتر خواهد بود. در برخی از فرایندهای شیمیایی دما، تنها نشان‌دهندهٔ پیشرفت واکنش است لذا با توجه به تأثیر دما بر روی کیفیت محصولات و ارتباط آن با ایمنی در صنایع مختلف، اندازه‌گیری دقیق و کنترل آن اهمیت فراوان دارد. در این پودمان مباحث به‌کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دما، دستگاه‌های اندازه‌گیری دما، کالیبراسیون دماسنج و کنترل دما تشریح خواهد شد.

استاندارد عملکرد

به‌کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری دما و کنترل آن مطابق دستورکار

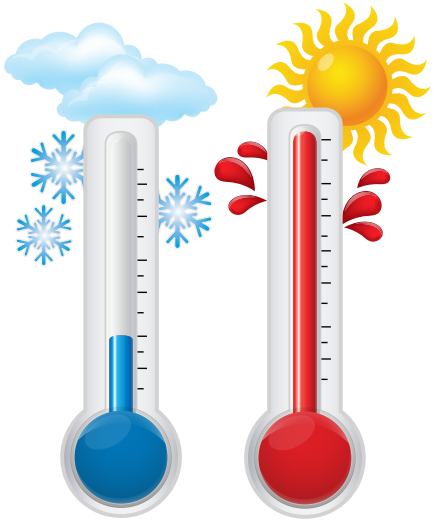
شایستگی‌های غیر فنی

۱ **اخلاق حرفه‌ای:** حضور منظم و وقت شناسی انجام وظایف و کارهای محوله پیروی از قوانین
۲ **مدیریت منابع:** شروع به کار به موقع، مدیریت مؤثر زمان، استفاده از مواد و تجهیزات
۳ **کار گروهی:** حضوری فعال در فعالیت‌های گروهی، انجام کارها و وظایف محوله
۴ **مستندسازی:** گزارش‌نویسی فعالیت‌های کارگاهی
۵ **محاسبه و کاربست ریاضی:** انجام مثال‌ها و تمرین‌ها، با کمک فرمول و محاسبات ریاضی

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود

۱ مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دما را به کار گیرند.
۲ با روش‌های مختلف اندازه‌گیری دما را انجام دهند.
۳ کالیبراسیون دماسنج را انجام دهند.
۴ دمای فرایندها را کنترل نمایند.

مفهوم دما



آزمایش

سه ظرف یکسان مطابق شکل ۱ انتخاب کرده و در یک ظرف آب گرم، در ظرف دیگر آب سرد و در سومین ظرف آب معمولی بریزید. حال دست راست خود را در آب گرم و دست چپ خود را در آب سرد فرو برید. پس از مدتی هر دو دست را از ظرف‌ها بیرون آورده و سپس در آب معمولی وارد کنید. احساس شما چیست؟

شکل ۱ــ سه ظرف یکسان حاوی آب با دماهای مختلف

مفاهیم داغ، گرم و سرد برای انسان، به سادگی قابل تشخیص است، زیرا دمای محیط مجاور را میلیون‌ها عصب به مغز خبر می‌دهند. همان‌طور که از آزمایش قبل می‌توان نتیجه گرفت، پاسخ فیزیولوژیکی به دما اغلب گمراه‌کننده است. فرض کنید در یک روز سرد زمستانی، برای پذیرایی از دوست خود یک استکان چای آورده باشید. اگر دوست شما در نوشیدن چای کمی تأخیر کند، او را به نوشیدن چای ترغیب می‌کنید و می‌گویید «چای سرد می‌شود». منظور شما آن است که در صورت تأخیر در خوردن، چای سردتر از آن می‌شود که برای نوشیدن مناسب باشد.

با بیان این جمله، شما به هیچ وجه معلوم نکرده‌اید که چای چقدر سرد می‌شود. برای بیان پاسخ مشخص‌تر، از کمّیتی به نام دما استفاده می‌شود. به اجسام گرم‌تر دمای بیشتر و به اجسام سردتر دمای کمتر نسبت می‌دهند. به عبارتی دما معیاری است که میزان گرمی و سردی اجسام را مشخص می‌کند. اندازه‌گیری دما از متداول‌ترین اندازه‌گیری کمّیت‌ها در صنایع شیمیایی است.

تحقیق کنید

در فرهنگ لغات فارسی، کلمهٔ دما به چه معنی می‌باشد؟

دمای محیط کار، زندگی و دمای اجسامی که روزانه با آنها سروکار دارید، معمولاً تأثیر زیادی روی شیوهٔ کار و زندگی دارد. توجه داشته باشید که برای گرم کردن منزل، مدرسه و کارخانه در زمستان یا سرد کردن این محیط‌ها در تابستان چه هزینه‌ای پرداخت می‌شود؟ (شکل ۲).

شکل ۲ـ وسایل گرمایشی و سرمایشی معمولی

ایجاد یک دمای معیّن و حفظ آن در فنّاوری‌های مختلف، صنعت و همین‌طور در پژوهش‌های علمی، اهمیّت فراوان دارد.

دما

معیار سنجش گرمی و سردی اجسام را دما می‌نامند. بنابراین دما یک کمّیت فیزیکی است که دربارهٔ اینکه یک جسم چقدر گرم یا سرد است تصور و آگاهی می‌دهد. علاوه بر تعریف ذکر شده می‌توان دما را نمایانگر متوسط انرژی جنبشی مولکول‌ها در یک جسم دانست که نسبت مستقیم با انرژی ذرات اجسام دارد و آن را با دماسنج اندازه‌گیری می‌کنند.

پرسش

با توجه به آزمایش انجام شده در ابتدای این پودمان، آیا برای اندازه‌گیری دما می‌توان از حس لامسه استفاده نمود؟ چرا؟

یکاها و بعد دما

بعد دما را با نماد θ نشان می‌دهند و یکای آن در سامانه‌های مختلف عبارت‌اند از:

سامانهٔ بین‌المللی[1]

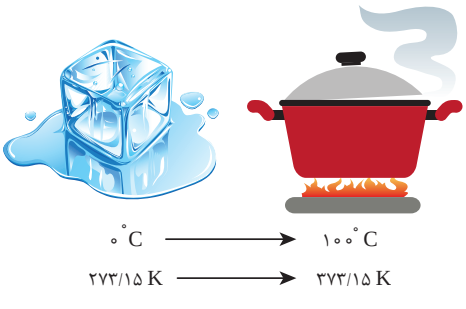
■ **درجهٔ سلسیوس:** در متداول‌ترین مقیاس دما (سلسیوس)، عدد صفر مختص به دمایی است که آب خالص در آن یخ می‌زند و عدد ۱۰۰ به دمای جوشیدن آب خالص (در فشار اتمسفریک) اختصاص دارد. فاصلهٔ بین این دو عدد به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم شده است، هر قسمت را به افتخار آندره سلسیوس[2] یک‌درجهٔ سلسیوس می‌نامند و با نماد «$^\circ C$» نشان می‌دهند.

بیشتر بدانید

آندره سلسیوس منجم سوئدی در ۲۷ نوامبر ۱۷۰۱ میلادی به دنیا آمد و در ۲۵ آوریل ۱۷۴۴ میلادی درگذشت.
او بنیان گذار رصدخانه اُپسالا[3] (Uppsala) بود و در سال ۱۷۴۲ میلادی مقیاس دمای مشهور سلسیوس را پیشنهاد داد.

■ **درجهٔ کلوین[4]:** هنگامی که یک جسم سرد می‌شود، جنبش اتم‌ها و مولکول‌های آن کند می‌گردد. به‌عنوان مثال هنگام سرد شدن آب (مایع)، جنبش مولکول کند شده و اگر سرد شدن خیلی ادامه یابد، مولکول‌های آب بی‌حرکت شده و آب به‌صورت یخ (جامد) درمی‌آید. در تمام مواد، یک دمای حداقل وجود دارد که در آن دما، تمام جنبش مولکول‌ها به کمترین مقدار ممکن می‌رسد. دمای این نقطه را «صفر مطلق» می‌نامند. این یکا به افتخار ویلیام تامسون که به نام لرد کلوین مشهور است، نام‌گذاری شده است و با نماد (K) نشان داده می‌شود. صفر مطلق در مقیاس کلوین معادل دمای ۲۷۳/۱۵- درجهٔ سلسیوس است. مطابق مباحث تئوری، در صفر مطلق هیچ جنبشی، در هیچ‌یک از مولکول‌های مواد، نباید وجود داشته باشد. اما شواهد تجربی نشان می‌دهند که چنین چیزی رخ نمی‌دهد بلکه در صفر مطلق جنبش مولکول‌های مواد به کمترین مقدار ممکن می‌رسد.

همان‌طور که مشخص است در اندازه‌گیری دما با استفاده از یکای سلسیوس به‌طور نسبی دو مقیاس نقطهٔ ذوب یخ و جوش آب در نظر گرفته شده است (شکل ۳). لذا مقیاس دمایی سلسیوس را مقیاس دمایی نسبی و مقیاس دمایی کلوین، که در آن صفر مطلق مطرح است را، مقیاس دمایی مطلق می‌نامند.



شکل ۳ــ دو مقیاس دمایی در سامانهٔ بین المللی (SI)

رابطهٔ بین درجهٔ سلسیوس و کلوین مطابق معادلهٔ (۱) می‌باشد:

$$T(K) = T(^\circ C) + ۲۷۳/۱۵ \qquad (۱)$$

۱ـ SI (System International)
۲ـ Celsius
۳ـ Uppsala
۴ـ Kelvin

نکته

جهت سادگی محاسبات، برای تبدیل دمای سلسیوس به کلوین از عدد ثابت ۲۷۳ استفاده می‌شود.

مثال ۱ـ دمای ذوب یخ و جوش آب خالص در فشار اتمسفریک ۰ و ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس است. این دو دما را برحسب یکای کلوین محاسبه نمایید.

پاسخ: با توجه به رابطهٔ (۱):

$T(K) = T(^{\circ}C) + ۲۷۳$

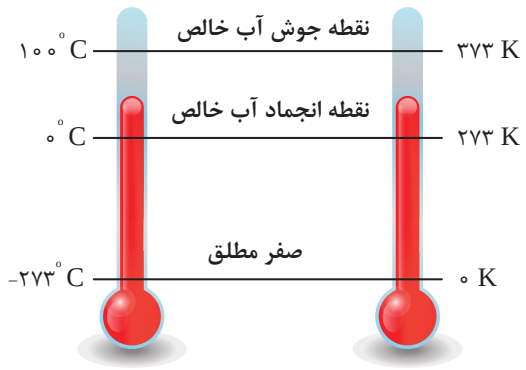
$T(K) = ۰\ (^{\circ}C) + ۲۷۳ = ۲۷۳\ K$

$T(K) = ۱۰۰\ (^{\circ}C) + ۲۷۳ = ۳۷۳\ K$

مطابق محاسبات انجام شده دمای صفر درجهٔ سلسیوس معادل ۲۷۳ درجهٔ کلوین و دمای ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس معادل ۳۷۳ درجهٔ کلوین می‌باشد (شکل ۴).

جدول ۱ـ برخی دماهای رایج

ردیف	عنوان	دما ($^{\circ}C$)
۱	نقطهٔ جوش هیدروژن مایع	-۲۵۲/۹
۲	نقطهٔ جوش اکسیژن مایع	-۱۸۳
۳	نقطهٔ ذوب الکل (اتانول)	-۱۱۴/۱
۴	نقطهٔ ذوب جیوه	-۳۸/۸۳
۵	نقطهٔ ذوب یخ	۰
۶	دمای بدن انسان سالم	۳۷
۷	نقطهٔ جوش الکل (اتانول)	۷۸/۳۷
۸	نقطهٔ جوش آب	۱۰۰
۹	نقطهٔ جوش جیوه	۳۵۶/۷
۱۰	نقطهٔ ذوب طلا	۱۰۶۴
۱۱	نقطهٔ جوش طلا	۲۷۰۰
۱۲	دمای سطح خورشید	۶۲۰۰



شکل ۴ـ دماسنج سلسیوس و کلوین

تحقیق کنید

- 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؟

پرسش: در جدول ۱، برخی دماهای رایج آورده شده است، آنها را به درجهٔ کلوین تبدیل کنید.

سامانهٔ انگلیسی[1]

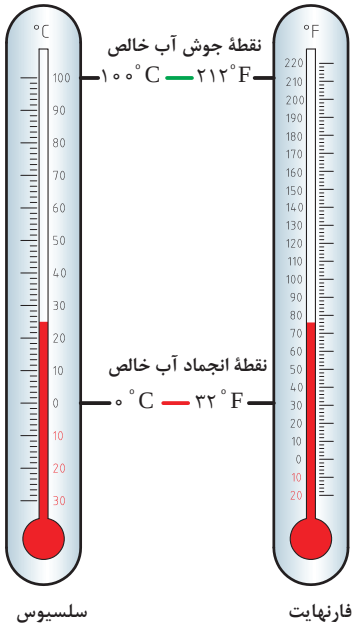
■ **درجهٔ فارنهایت:** فارنهایت واحد اندازه‌گیری دمای نسبی در سامانهٔ انگلیسی است و به افتخار مبتکر آن گابریل دانیل فارنهایت[2] در سال ۱۷۱۴ میلادی نام‌گذاری شده است. اگرچه درجهٔ فارنهایت درگذشته واحد اندازه‌گیری رایج دما بوده، اما در حال حاضر کاربرد آن محدودتر شده و فقط در برخی کشورها استفاده می‌شود. در مقیاس فارنهایت، دمای ذوب یخ برابر با ۳۲ و دمای جوش آب ۲۱۲ درجه در نظر گرفته شد. فاصلهٔ میان این دو دما به ۱۸۰ واحد مساوی تقسیم گردید و هر واحد معادل یک درجهٔ فارنهایت معرفی شد.

بیشتربدانید

گابریل فارنهایت دانشمند آلمانی (۱۷۳۶-۱۶۸۶)

رابطهٔ بین درجهٔ سلسیوس و فارنهایت مطابق معادلهٔ (۲) بوده و در شکل ۵ نشان داده شده است.

$$T(^{\circ}F) = T(^{\circ}C) \times ۱/۸ + ۳۲ \qquad (۲)$$



شکل ۵ــ مقایسهٔ دماهای سلسیوس و فارنهایت

۱- FPS (Foot-Pound-Second)

۲- Daniel Gabriel Farenheit

مثال ۲ـ دمای جریان ورودی به راکتور تبدیل کاتالیزگری پالایشگاه نفت می‌بایست حداقل ۴۸۰ درجهٔ سلسیوس باشد. نفتا به‌عنوان خوراک این راکتور ابتدا از یک کوره عبور کرده و دمای آن به ۶۶۲ درجهٔ فارنهایت می‌رسد. آیا می‌توان از این جریان به‌عنوان خوراک این واحد استفاده نمود؟

پاسخ: در ابتدا باید با توجه به معادلهٔ (۲)، دمای نفتای خروجی از کوره را برحسب درجهٔ سلسیوس تعیین نمود.

$$T(^\circ F)=T(^\circ C)\times ۱/۸+۳۲$$

$$T\,(^\circ C)=\frac{T(^\circ F)-۳۲}{۱/۸} \rightarrow T\,(^\circ C)=\frac{۶۶۲-۳۲}{۱/۸}=۳۵۰\,(^\circ C)$$

بنابراین دمای نفتای خروجی از کوره معادل ۳۵۰ درجهٔ سلسیوس است. درحالتی‌که دمای جریان خوراک واحد تبدیل کاتالیزگری حداقل ۴۸۰ درجهٔ سلسیوس باشد، از این جریان نمی‌توان به‌عنوان خوراک این واحد استفاده نمود.

پرسش

با توجه به شکل و جدول ارائه شده به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف) دماسنج داده شده در شکل ۶ بر اساس چه مقیاس‌هایی درجه‌بندی شده است؟

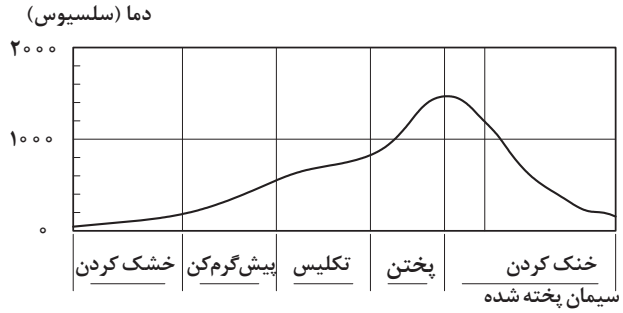
ب) جدول زیر را با این دماسنج به‌طور تقریبی کامل کنید.

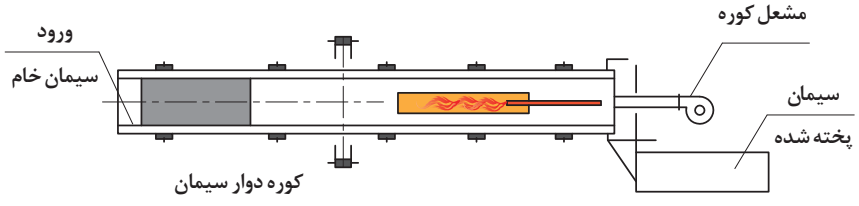
دما (درجهٔ سلسیوس)	-۴۰	۵	۳۰	۵۰
دما (درجهٔ فارنهایت)				

ج) دماهای واردشده را با استفاده از معادله (۲) به مقیاس فارنهایت تبدیل کنید.

شکل ۶ـ مقایسهٔ دماهای سلسیوس و فارنهایت

مثال ۳ـ مراحل تهیهٔ سیمان در شکل ۷ نشان داده شده است. دمای پایانی هر مرحله از کوره سیمان را برحسب درجهٔ کلوین و فارنهایت به‌دست آورید.





شکل ۷ـ مراحل تولید سیمان

خنک شدن	پختن	تکلیس	پیش‌گرم‌کن	خشک کردن	مراحل تهیهٔ سیمان
۱۵۰	۱۴۰۰	۹۰۰	۵۰۰	۲۰۰	دما (درجهٔ سلسیوس)

پاسخ: با توجه به معادله‌های (۱) و (۲):

ـ دمای کوره برحسب کلوین: $T(K) = T(^{\circ}C) + ۲۷۳$

ـ دمای کوره برحسب فارنهایت: $T(^{\circ}F) = T(^{\circ}C) \times ۱/۸ + ۳۲$

خواهیم داشت:

خنک شدن	پختن	تکلیس	پیش گرمکن	خشک کردن	مراحل تهیه سیمان
۱۵۰	۱۴۰۰	۹۰۰	۵۰۰	۲۰۰	دما (درجهٔ سلسیوس)
۳۰۲	۲۵۵۲	۱۶۵۲	۹۳۲	۳۹۲	دما (درجهٔ فارنهایت)
۴۲۳	۱۶۷۳	۱۱۷۳	۷۷۳	۴۷۳	دما (درجهٔ کلوین)

پرسش

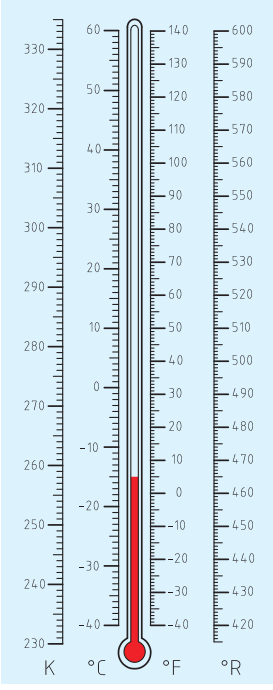
با توجه به رابطهٔ بین دمای سلسیوس و فارنهایت، معین کنید در چه دمایی مقدار دما برحسب سلسیوس و فارنهایت با هم برابرند؟

درجهٔ رانکین[۱]

درجهٔ رانکین مقیاسی مطلق در سامانهٔ FPS برای اندازه‌گیری دما می‌باشد که به افتخار مخترع آن، مهندس فیزیکدان اسکاتلندی ویلیام جان ماگورن رانکین، به این عنوان خوانده شده و با نماد $^{\circ}R$ نشان داده می‌شود. در مقیاس رانکین درجهٔ صفر، همان صفر مطلق می‌باشد ولی در تقسیم‌بندی درجه‌ها از مقیاس درجهٔ فارنهایت استفاده می‌شود یعنی صفر درجهٔ رانکین برابر با ۴۵۹/۶۷- درجهٔ فارنهایت می‌باشد. درجهٔ رانکین مطابق معادله (۳) با درجه فارنهایت ارتباط دارد.

$$T(^{\circ}R) = T(^{\circ}F) + ۴۵۹/۶۷ \qquad (۳)$$

در شکل ۸ مقایسهٔ دماهای سلسیوس، فارنهایت، کلوین و رانکین نشان داده شده است.



شکل ۸ــ مقایسهٔ دماهای سلسیوس، فارنهایت، کلوین و رانکین

۱ـ Rankine

نکته

برای سادگی محاسبات در تبدیل دمای فارنهایت به رانکین از عدد ثابت ۴۶۰ استفاده می‌گردد.

پرسش

۱ـ دمای خشک شدن رنگ بر پایهٔ رزین اکریلیک، ۵۳۷ درجهٔ رانکین می‌باشد. دمای خشک شدن رنگ را برحسب درجهٔ سلسیوس، فارنهایت و کلوین به‌دست آورید.

۲ـ پاستوریزه کردن شیر، فرایندی است که شیر را خالص می‌کند و باعث دوام بیشتر آن می‌شود. در عمل پاستوریزه کردن، شیر ابتدا به دمای ۳۴۵ درجهٔ کلوین رسیده و در مدت ۱۶ ثانیه گرم شده و سپس تا دمای ۴ درجهٔ سلسیوس به سرعت سرد می‌شود.

مطلوب است:

الف) دمای پاستوریزاسیون برحسب درجه‌های سلسیوس، فارنهایت و رانکین

ب) دمای سرد شدن شیر برحسب درجه‌های کلوین، فارنهایت و رانکین

۳ـ لاستیک کلروپرن به‌عنوان لاستیک مصنوعی برای اولین بار توسط شرکت آمریکایی دوپانت[۱] در سال ۱۹۳۱ تولید گردید. این لاستیک به روش پلیمریزاسیون امولسیونی در دمای ۱۰۰ درجهٔ فارنهایت در مجاورت گوگرد تهیه می‌شود. مطلوب است دمای پلیمریزاسیون برحسب درجه‌های سلسیوس، کلوین و رانکین.

مثال۴ـ دمای هوای شهر تهران در تابستان ۳۵ درجهٔ سلسیوس می‌باشد. دمای هوا را بر حسب درجه‌های کلوین، فارنهایت و رانکین محاسبه نمایید.

جواب) بر اساس معادله‌های (۱)، (۲) و (۳) خواهیم داشت:

$$T(K) = T(^\circ C) + ۲۷۳ \quad \rightarrow \quad T(K) = ۳۵ + ۲۷۳ = ۳۰۸\ K$$

$$T(^\circ F) = T(^\circ C) \times ۱/۸ + ۳۲ \quad \rightarrow \quad T(^\circ F) = ۳۵ \times ۱/۸ + ۳۲ = ۹۵\ ^\circ F$$

$$T(^\circ R) = T(^\circ F) + ۴۶۰ \quad \rightarrow \quad T(^\circ R) = ۹۵ + ۴۶۰ = ۵۵۵\ ^\circ R$$

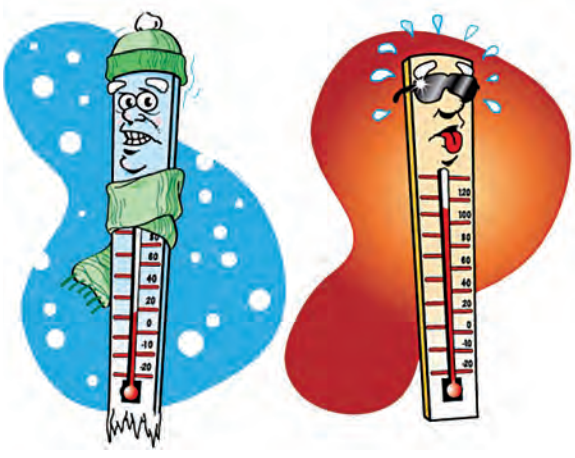
بنابراین:

۳۵ درجهٔ سلسیوس معادل است با		
۵۵۵ درجهٔ رانکین	۹۵ درجهٔ فارنهایت	۳۰۸ درجهٔ کلوین

۱- Dupont

دماسنج

دماسنج وسیله‌ای است که میزان سرما و گرما را نشان می‌دهد، که در انگلیسی به آن ترمومتر[۱] می‌گویند. این واژه در زبان یونانی برگرفته از «ترموس[۲]» به‌معنی گرما و «مترون[۳]» به معنی اندازه‌گیری می‌باشد.



تاریخچه: گالیله در سال ۱۵۹۲ میلادی نخستین وسیلهٔ علمی را برای اندازه‌گیری دما اختراع کرد. وی یک بطری شیشه‌ای گردن باریک انتخاب کرده بود. بطری با آب رنگین تا نیمه پر شده و به‌طور وارونه در یک ظرف محتوی همان نوع آب قرار گرفته بود. با تغییر دمای محیط، محتوای بطری منبسط یا منقبض می‌شد و ستون آب در گردن بطری بالا یا پایین می‌رفت. وسیلهٔ ساخته شده مقیاسی واقعی برای سنجش دما نبود. در واقع این وسیله، بیشتر دما نما بود تا دماسنج.

در سال ۱۶۳۱ میلادی «ری»[۴] تغییراتی را در دمانمای گالیله پیشنهاد کرد. پیشنهاد وی همان بطری وارونه گالیله بود که در آن فقط سرد و گرم شدن از روی انقباض و انبساط آب ثبت می‌شد. در سال ۱۶۳۵ میلادی دوک فردینالند توسکانی[۵]، دماسنجی ساخت که در آن از الکل استفاده کرد. سر لوله را چنان محکم بست که الکل نتواند تبخیر شود. سرانجام در سال ۱۶۴۰ میلادی دانشمندان آکادمی لینچی[۶] در ایتالیا نمونه‌ای از دماسنج‌های جدیدی را ساختند که در آن جیوه به کار برده و هوا را تا حدودی از قسمت بالای لولهٔ بسته خارج کرده بودند. توجه به این نکته جالب است که در حدود نیم قرن طول کشید تا دماسنج کاملاً تکامل یافت.

به دنبال کشف دماسنج، گابریل دانیل فارنهایت دانشمند هلندی، در قرن هفدهم نوعی دماسنج گازی ـ الکلی ساخت که با دقت بیشتری می‌توانست دما را اندازه‌گیری کند. او در سال ۱۷۱۴ میلادی دماسنج جیوه‌ای با دقت بالا و با شیوه‌ای خاص طراحی نمود. فارنهایت نتایج تحقیقات خود را در سال ۱۷۲۴ میلادی منتشر ساخت. آندرس سلسیوس دانشمند سوئدی به سال ۱۷۴۲ میلادی دماسنج جیوه‌ای را طراحی و با آن اندازه‌گیری دمای هوا را انجام داد.

فیلم ۱: ساخت یک دماسنج ساده

۱- Thermometer
۲- Thermos
۳- Metron
۴- Rey
۵- Tuseany
۶- Linchi

فعالیت کارگاهی

فعالیت کارگاهی ۱: ساخت یک دماسنج ساده

وسائل مورد نیاز: ـ شیشهٔ کوچک با درب چوب پنبه ـ لولهٔ شیشه‌ای یا نی ـ چسب یا خمیر بازی ـ کاغذ میلی‌متری

فرض کنید می‌خواهید برای اولین بار در دنیا یک دماسنج بسازید. برای این کار می‌توانید مطابق مراحل کار آن را بسازید و سپس واحدی برای اندازه‌گیری دما تعریف نمایید.

مراحل کار:

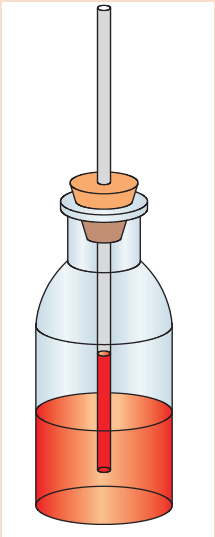
۱ یک شیشهٔ کوچک، ترجیحاً بی‌رنگ با درب چوب پنبه‌ای انتخاب کرده و آن را پر از آب کنید.

۲ یک سوراخ به اندازهٔ یک لولهٔ شیشه‌ای یا نی دقیقاً در وسط درپوش شیشه به وسیلهٔ یک میخ یا قیچی ایجاد نمایید.

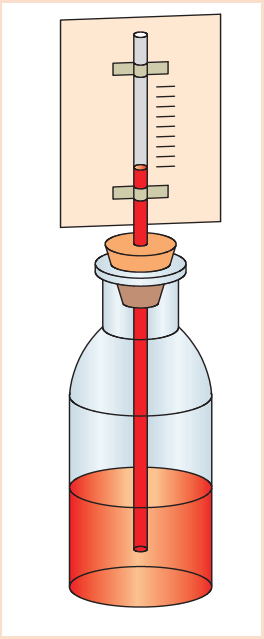
۳ لولهٔ شیشه‌ای را از درون درپوش عبور داده، به گونه‌ای تنظیم کنید که تا انتهای شیشه برسد ولی به کف آن نچسبد.

۴ پس از عبور لولهٔ شیشه‌ای لازم است دور تا دور سوراخ را کاملاً بسته و آب‌بندی نمایید. این کار را به کمک چسب آکواریوم یا خمیر بازی انجام دهید.

۵ اکنون آب را با مقداری از جوهر رنگی مخلوط نموده و درون شیشه بریزید. هنگامی که در شیشه را می‌بندید، آب به دلیل فشار هوایی که برروی سطح آن است، مقداری از نی بالا می‌آید. توجه کنید که بیشتر ارتفاع لولهٔ شیشه‌ای خالی باشد تا فضای کافی جهت افزایش ارتفاع آب با افزایش دما موجود باشد.



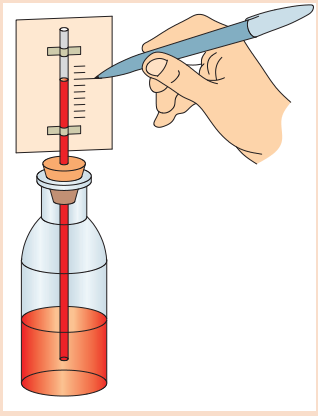
فعالیت عملی



۶ کاغذ میلی‌متری باریک را همچون پرچمی به لولهٔ شیشه‌ای بچسبانید.

۷ مقداری یخ در ظرفی ریخته و منتظر بمانید که یخ‌ها شروع به ذوب شدن نمایند، به‌گونه‌ای که درون ظرف مخلوطی از آب و یخ داشته باشید. سپس شیشهٔ آماده شده را درون ظرف آب و یخ قرار دهید، این زمان هنگامی است که یخ در دمای ذوب قرار گرفته و این همان دمای صفر درجهٔ سلسیوس است. در این حالت سطح آب در نی پایین می‌رود. اگر مشاهده کردید که سطح آب خیلی پایین رفته و از دید شما خارج شد، این کار را دوباره با افزایش مقداری آب رنگی درون شیشه تکرار کنید. ارتفاع آب را در حالت صفر درجه، روی کاغذ میلی‌متری علامت بزنید.

۸ در ظرفی دیگر مقداری آب را بجوشانید، سپس آن را از روی حرارت بردارید. شیشه را در ظرف آب جوش قرار دهید.
پس از مدتی به علت انبساط آب رنگی، سطح آن بالا رفته و ثابت می‌ماند. این ارتفاع را روی کاغذ به عنوان نقطهٔ ۱۰۰ درجه علامت بزنید.



۹ فاصلهٔ بین دو علامت صد و صفر درجه را، به صد قسمت مساوی تقسیم کنید.

به این ترتیب دماسنج آماده است و می‌توانید از آن جهت اندازه‌گیری دمای محیط‌های مختلف استفاده نمایید.

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 زمان‌های مختلف اندازه‌گیری نمایید. آیا دماهای اندازه‌گیری‌شده، یکسان‌اند؟

ث) آیا اگر فرد دیگری چنین دماسنجی بسازد، دمایی که دماسنج او از یخ در حال ذوب نشان می‌دهد. با دماسنج شما برابر خواهد بود؟

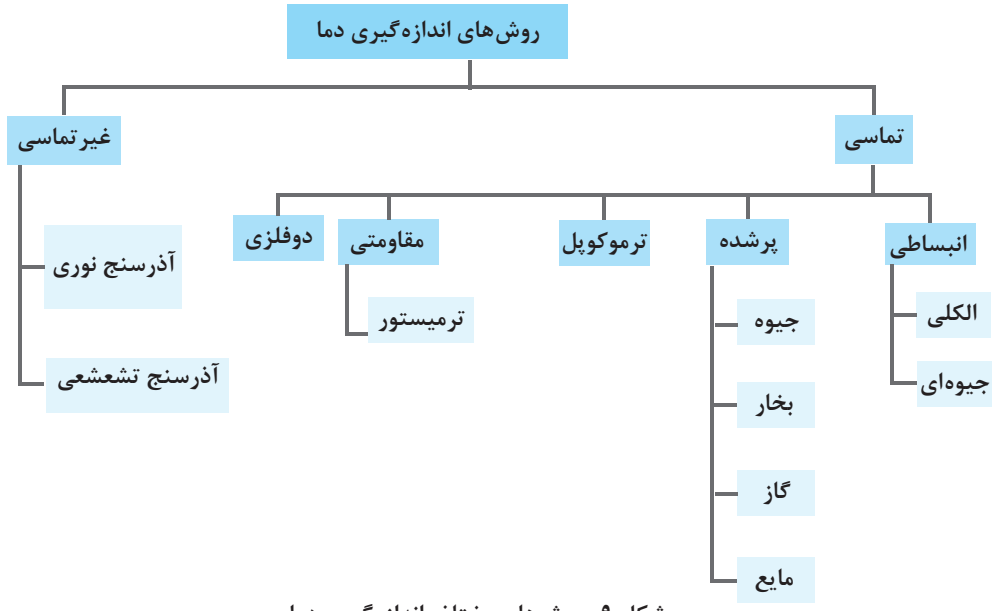
انواع دماسنج

دماسنج‌ها، وسایلی برای اندازه‌گیری دما هستند. انواع دماسنج‌ها براساس روش‌های مختلف اندازه‌گیری دما طراحی شده‌اند.

نکته

بسیاری از کمیت‌های فیزیکی مانند حجم با دما تغییر می‌کنند.

در شکل ۹ روش‌های مختلف اندازه‌گیری دما نشان داده شده است.



شکل ۹ــ روش‌های مختلف اندازه‌گیری دما

اندازه‌گیری تماسی دما

در دماسنج تماسی، اندازه‌گیری دما توسط تماس حسگر دما با سطح جسم یا سیال انجام می‌شود. دماسنج‌های تماسی بیشترین استفاده را در اندازه‌گیری دما دارند. این نوع دماسنج معمولاً کاربردهای آزمایشگاهی و صنعتی فراوانی دارد.

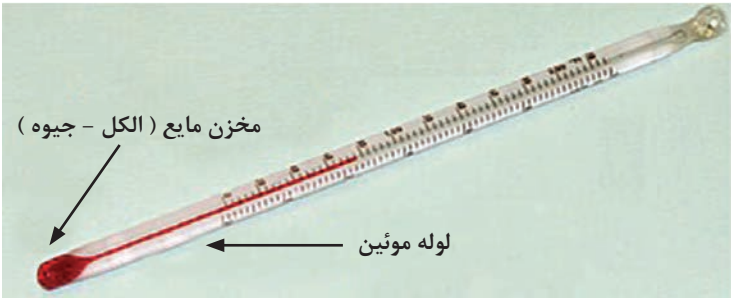
نکته

حسگر دما قسمتی از دماسنج است که به‌طور مستقیم در تماس با جسم مورد نظر بوده و باید با آن هم‌دما شود.

دماسنج‌های انبساطی

این نوع دماسنج یکی از رایج‌ترین انواع دماسنج‌های مورد استفاده در صنعت می‌باشد. معمولاً این نوع دماسنج را به عنوان دماسنج‌های جیوه‌ای یا الکلی می‌شناسند. این دماسنج‌ها از یک لولهٔ شیشه‌ای باریک (موئین) سربسته و خالی از هوا، که به یک مخزن نازک محتوی جیوه یا الکل متصل است، ساخته می‌شوند. جیوه یا الکل بر اثر گرما منبسط و بر اثر سرما منقبض می‌شود و بدین ترتیب در درون لولهٔ شیشه‌ای بالا و پایین می‌رود (شکل ۱۰). البته به این دماسنج‌ها، دماسنج ساقه شیشه‌ای نیز گفته می‌شود.

برای اندازه‌گیری دمای هر جسمی، مخزن دماسنج را در تماس با آن قرار دهید. مدتی صبر کنید تا ارتفاع مایع در لولهٔ باریک دماسنج، دیگر تغییر نکند. آنگاه عددی را که در مقابل سطح مایع در لوله نوشته شده است، بخوانید. این عدد دمای آن جسم را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰ــ دماسنج‌های الکلی ــ جیوه‌ای

نکته

هرچه دما بالاتر باشد، ارتفاع مایع درون لولهٔ مویین بیشتر و هرچه دما پایین‌تر باشد، ارتفاع مایع کمتر است.

فیلم ۲: ساخت دماسنج شیشه‌ای

پرسش

۱ــ چرا ضخامت مخزن مایع در دماسنج الکلی یا جیوه‌ای، نازک است؟
۲ــ چرا دماسنج خالی از هوا می‌باشد؟
۳ــ با استفاده از جدول ۱ گسترهٔ اندازه‌گیری دما را در دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی تعیین کنید.
۴ــ آیا با استفاده از دماسنج جیوه‌ای، می‌توان دمای قطب جنوب که به ۵۰- درجهٔ سلسیوس می‌رسد را اندازه‌گیری کرد؟

نکات ایمنی

با توجه به سمّی بودن جیوه، در هنگام کار با دماسنج جیوه‌ای مواظب باشید که دماسنج نشکند. اگر دماسنج شکست، به هیچ وجه جیوهٔ آن را با دست جمع نکرده و از جاروبرقی هم استفاده نکنید، بهتر است پودر گوگرد روی آن ریخته شود تا تشکیل ملغمه داده، سپس جمع‌آوری گردد که در این صورت درجهٔ سمّیت آن کمتر گردد. در صورت نبود پودر گوگرد بهتر است از دو ورق کاغذ برای جمع‌آوری آن استفاده کنید. البته در این حالت هم احتمال استنشاق بخارات جیوه وجود دارد.

پرسش

اگر هدف اندازه‌گیری نقطهٔ جوش و یا نقطهٔ ذوب مواد موجود در جدول ۲ باشد، کدام دماسنج (الکلی یا جیوه‌ای) را برای اندازه‌گیری آن پیشنهاد می‌دهید؟

جدول ۲ـ نقطهٔ جوش و یا نقطهٔ ذوب مواد مختلف

ردیف	ماده	موضوع	مقدار (°C)	انتخاب دماسنج
۱	استیک اسید	دمای جوش	۱۱۸	
۲	سیکلو هگزان	دمای جوش	۸۰/۷۴	
۳	کلروفرم	نقطهٔ ذوب	-۶۳/۵	
۴	استون	نقطهٔ ذوب	-۹۵	

تحقیق کنید

با استفاده از منابع اینترنتی، مزایای دو نوع دماسنج جیوه‌ای و الکلی را بررسی نمایید.

فعالیت‌عملی

فعالیت کارگاهی ۲:

تعیین رطوبت نسبی هوا با استفاده از دمای مرطوب و خشک هوا

رطوبت نسبی هوا با معلوم بودن دمای خشک و دمای مرطوب هوا تعیین می‌گردد.

دمای خشک هوا، میزان دمایی است که توسط دماسنجی که در معرض هوا قرار دارد، خوانده می‌شود. دمای مرطوب هوا نیز یکی ازخواص ترمودینامیکی مخلوط هوا و بخار آب است که با تقریب مناسبی توسط یک دماسنج با سطح حسگر خیس که در معرض هوا قرار دارد، اندازه‌گیری می‌شود.

مراحل آزمایش:

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 پنکه را روشن کرده و سرعت آن را در مقدار کم قرار دهید.

فعالیت‌عملی

۴ پس از گذشت چند دقیقه (با ثابت شدن دما) دمای هردو دماسنج را یادداشت نمایید.

۵ دمای دماسنجی که با دستمال خیس پوشیده شده را دمای مرطوب و دیگری را دمای خشک نام‌گذاری کنید.

۶ اختلاف دمای مرطوب و خشک را محاسبه کنید.

۷ با استفاده از دمای خشک، اختلاف دمای محاسبه شده و جدول ۳، رطوبت نسبی هوا را به‌دست آورید.

شکل ۱۱ــ آزمایش تعیین رطوبت نسبی هوا

جدول ۳ــ 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

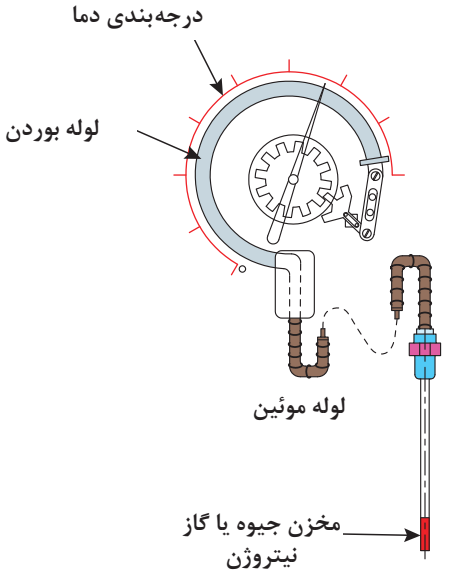
فعالیت‌عملی

فعالیت کارگاهی ۳:

این آزمایش را با استفاده از یک پنکهٔ روشن انجام دهید و رطوبت نسبی هوا را تعیین نمایید. (جریان هوای ایجاد شده با هر دو دماسنج برخورد داشته باشد).

دماسنج‌های پر شده[1]

دماسنج پر شده که به دماسنج دنباله‌دار هم معروف است شامل یک حباب به عنوان حسگر دما از جنس شیشه، چینی، کوارتز و یا پلاتین است که جنس حباب بستگی به گسترهٔ دمایی که دماسنج در آن به‌کار می‌رود، دارد. حباب به‌وسیلهٔ یک لولهٔ مسدود (لولهٔ بوردن) نازک که درون آن با یک گاز ایده‌آل مانند نیتروژن پر شده است به یک فشارسنج متصل شده است (شکل‌های ۱۲ و ۱۳).

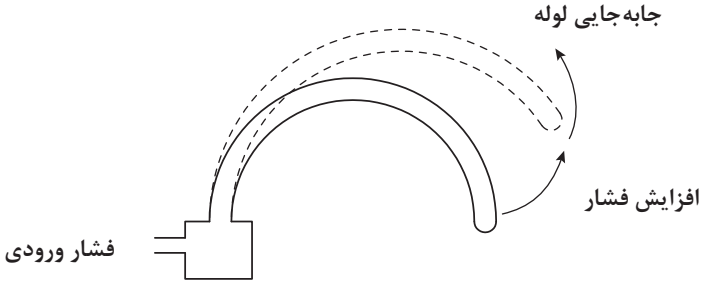


شکل ۱۲ــ نمای درونی دماسنج پر شده

شکل ۱۳ــ نمای بیرونی دماسنج پرشده

در حقیقت دنبالهٔ این دماسنج که گاهی اوقات طول آن چند متر هم خواهد بود از یک لولهٔ موئین تشکیل شده که معمولاً به کمک عایق از محیط اطراف جدا می‌شود و تنها قسمت حباب شکل انتهای آن به دما حساس بوده و به عنوان حسگر، در محیط مورد آزمایش قرار می‌گیرد.

با توجه به ثابت بودن حجم، در اثر افزایش دما مطابق قانون گازها، فشار گاز افزایش یافته و موجب جابه‌جایی لولهٔ بوردن می‌شود. این اثر به پدیدهٔ بوردن مشهور است (شکل ۱۴) و عقربهٔ فشارسنج که برحسب دما درجه‌بندی شده تغییر می‌کند و افزایش دما را نشان می‌دهد.

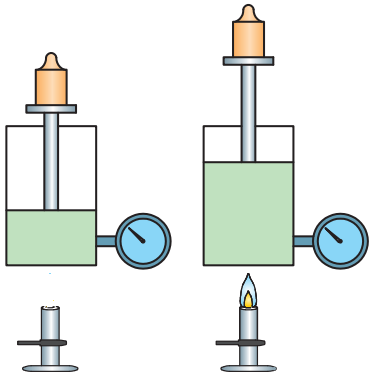


شکل ۱۴ــ نمایش پدیدهٔ بوردن

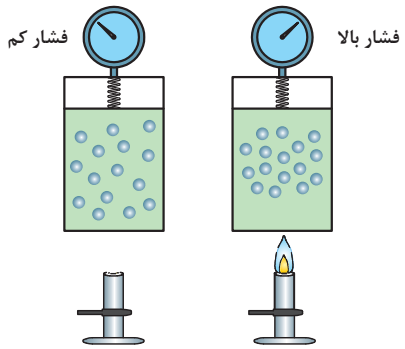
۱- Filled Type Thermometer

بیشتربدانید

بر اساس قانون شارل‌ـگیلوساک[1]، برای یک گاز آرمانی یا ایده‌آل در فشار ثابت، افزایش دما باعث افزایش حجم می شود (شکل ۱۵) و برای همان گاز ایده‌آل در حجم ثابت، افزایش دما باعث افزایش فشار می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۵ــ افزایش حجم در فشار ثابت



شکل ۱۶ــ افزایش فشار در حجم ثابت

دماسنج‌های پر شده معمولاً برای گسترهٔ دماهای متوسط قابل استفاده می‌باشند. دماسنج‌های پرشده براساس مواد پرکننده به چهار دستهٔ اصلی زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

- سامانهٔ پر شده با مایع؛
- سامانهٔ پرشده با بخار؛
- سامانهٔ پر شده با گاز؛
- سامانهٔ پر شده با جیوه.

نکته

به مخلوطی از مایع و گاز، بخار می‌گویند.

در اغلب کاربردهای صنعتی استفاده از سامانه‌های پر شده با جیوه، به دلیل خطرات مربوط به سلامتی، منسوخ شده است. در حال حاضر اغلب سامانه‌های دمایی پر شده مورد استفاده در صنایع شیمیایی، از نوع گاز و بخار هستند ولی این دو نوع نیز دارای محدودیت‌هایی هستند.

از مزایای این نوع دماسنج‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- عملکرد ساده
- سخت و مقاوم
- ارزان
- نگه‌داری آسان
- حساسیت و دقت خوب
- ایمن در برابر انفجار

۱ـ Charles and Gay-Lussac

دماسنج پر شده با بخار، از لحاظ ساختمان و قطعات شبیه دماسنج پر شدهٔ گازی است، با این تفاوت که اولاً به جای گاز از یک مایع فرّار مانند اتر استفاده می‌شود، ثانیاً تمام حجم مخزن از مایع پر نمی‌شود بلکه در شرایط عادی در بالای مخزن و در لوله‌ها بخار وجود دارد و در واقع فشار توسط بخار به قسمت انتهایی لولهٔ بوردن منتقل می‌گردد.

در انتخاب مایع این نوع دماسنج باید به دو نکته توجه کرد:

ـ نقطهٔ جوش مایع می‌بایست کمتر از دمایی باشد که می‌خواهد اندازه‌گیری شود.

ـ مایع مورد استفاده باید از لحاظ شیمیایی برای مخزن و لوله‌ها خوردگی ایجاد ننماید.

بیشتربدانید

تفاوت بخار و گاز

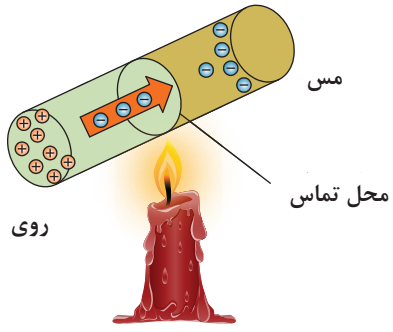
شاید در فارسی این دو واژه مشابه هم تعریف شوند ولی در مباحث شیمی، به ذرات تبخیر شده از یک مایع در هوا، بخار گفته می‌شود یعنی ذرات تبخیر شده هنوز در تماس با مایع مورد نظر هستند ولی گاز از مولکول‌های مجزا و منفرد در دما و فشار خاص تشکیل شده که دیگر در تماس با مایع نخواهد بود.

تحقیق کنید

دماسنج‌های پر شده در چه محدودهٔ دمایی قابل استفاده می‌باشند؟

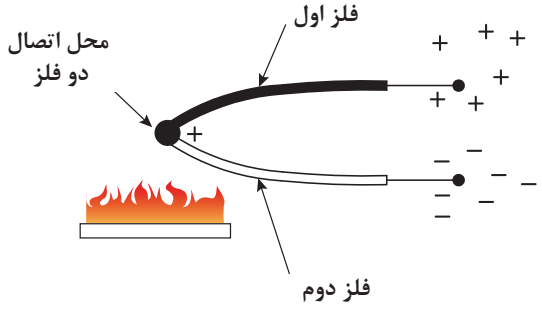
ترموکوپل

هر تغییری در دمای یک فلز، باعث به حرکت درآمدن الکترون‌های آن می‌گردد. هر قدر این تغییر دما، در یک فلز خاص، بیشتر باشد به همان نسبت جریان الکترون‌ها بیشتر خواهد بود که خود باعث تغییر بار الکتریکی در یک نقطه می‌شود (شکل ۱۷). با استفاده از این خاصیت و با اندازه‌گیری میزان اختلاف بار الکتریکی می‌توان تغییرات دما را تعیین نمود.



شکل ۱۷ـ تغییر بار در اثر تغییر دما

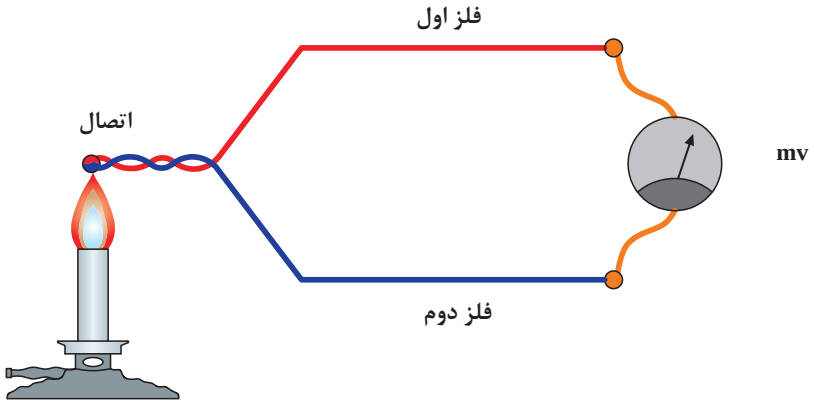
فیزیک‌دان آلمانی سی‌بک[1] در سال ۱۸۲۱ متوجه شد که هرگاه انتهای دو رشته سیم فلزی غیر هم‌جنس را مطابق شکل ۱۸ به یکدیگر وصل کند و نقطهٔ اتصال را حرارت دهد، در این هنگام الکترون‌ها جریان پیدا کرده، در نتیجه سر یک تیغه، تراکم بار مثبت و سر تیغهٔ دیگر، تراکم بار منفی پیدا می‌کند. بنابراین در آن محل یک اختلاف پتانسیل الکتریکی به‌وجود می‌آید.



شکل ۱۸ـ نمای ساده‌ای از ترموکوپل

۱- Seebeck

هرقدر اختلاف دمای بین نقطهٔ اتصال و سرهای آزاد این دو فلز بیشتر باشد، به همان نسبت بار الکتریکی دوسر تیغه‌ها زیادتر بوده، اختلاف پتانسیل الکتریکی بیشتر خواهد بود. با اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آزاد تیغه‌ها (دو سر ترموکوپل) دمای نقطهٔ اتصال مشخص خواهد شد.
چنانچه به نقطهٔ اتصال و سرهای آزاد دو فلز، حرارت یکسانی داده شود، بار الکتریکی دو فلز مساوی شده و در نتیجه، اختلاف پتانسیل نیز صفر خواهد بود. بنابراین قابلیت استفادهٔ ترموکوپل، فقط درصورت وجود اختلاف دما بین نقطهٔ اتصال و سرهای آزاد تیغه‌های فلزی می‌باشد. در عمل دمای سرهای آزاد ثابت نگه داشته می‌شوند که آن را اصطلاحاً دمای مبنا می‌نامند. اگر به محل تماس دو فلز غیرهم‌جنس در ترموکوپل، حرارتی اعمال شود، اختلاف پتانسیلی در دو سر این دو فلز به‌وجود می‌آید که این اختلاف پتانسیل تابع میزان حرارت اعمال شده است. با اندازه‌گیری میزان ولتاژ خروجی می‌توان دمای اعمال شده به ترموکوپل را تعیین نمود (شکل ۱۹).



شکل ۱۹ــ شیوهٔ اندازه‌گیری دما با ترموکوپل

محدودهٔ دمای قابل اندازه‌گیری توسط یک ترموکوپل بستگی به جنس فلزاتی دارد که ترموکوپل از آن ساخته شده است. به‌عنوان نمونه، محدودهٔ دمای قابل اندازه‌گیری یک ترموکوپل با جنس پلاتین ایرودیوم از صفر تا ۱۶۰۰ درجهٔ سلسیوس است. یکی از مزایای ترموکوپل این است که به‌خاطر جرم کوچک، خیلی سریع با جسمی که اندازه‌گیری دمای آن مورد نظر است، به حالت تعادل گرمایی در می‌آید. لذا تغییرات دما به آسانی بر آن اثر می‌کند.
از مشخصات لازم برای انتخاب فلز در ساخت ترموکوپل می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

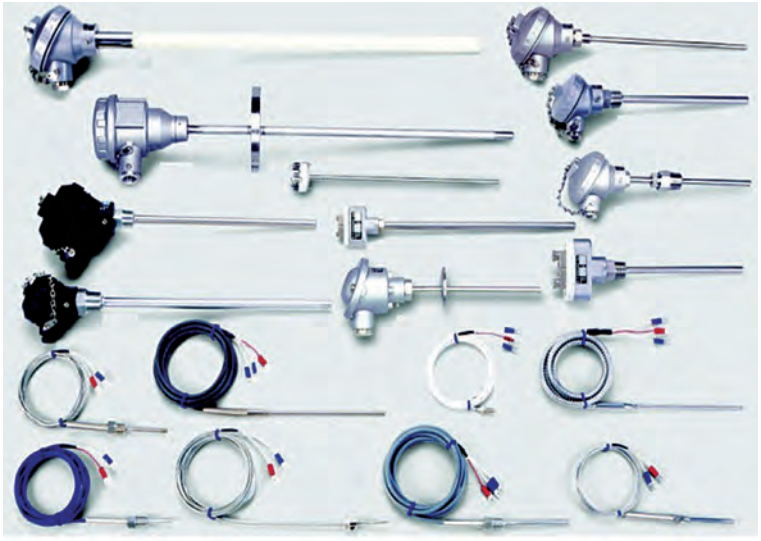
- نقطهٔ ذوب فلز
- پایداری و عدم واکنش پذیری در شرایط کاری
- میزان هدایت الکتریکی فلز
- هزینه
- ساخت و به‌کارگیری آسان

ترموکوپل‌ها ابزار حساس و ظریفی هستند که در به‌کارگیری به‌خصوص در نصب و ساخت نیاز به احتیاط زیاد دارند.

برای کمتر شدن خطای اندازه‌گیری، سعی می‌شود که ترموکوپل‌ها به صورت عمودی نصب شوند. ضمناً برای حفاظت مکانیکی ترموکوپل‌ها، آنها را در حفاظ‌های مقاوم (مثلاً سرامیکی) قرار می‌دهند شکل (۲۰).

شکل ۲۰ــ ترموکوپل با حفاظ

در شکل ۲۱ چند نمونه از ترموکوپل‌های صنعتی نشان داده شده است.

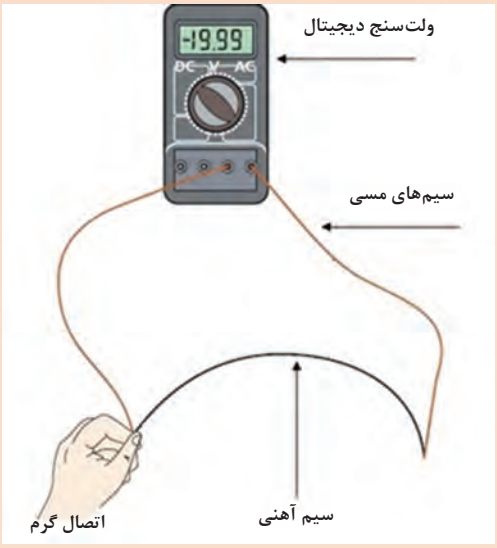

شکل ۲۱ــ چند نمونه ترموکوپل صنعتی

فعالیت کارگاهی

فعالیت کارگاهی ۴: ساخت یک ترموکوپل

وسایل مورد نیاز:

ـ دو قطعه سیم مسی
ـ یک قطعه سیم آهنی
ـ ولت‌متر
ـ ظرف یخ
ـ ظرف آب جوش
ـ دماسنج الکلی



شکل ۲۲ــ ساخت یک ترموکوپل ساده

فعالیت کارگاهی

مراحل کار اول:

۱ مطابق شکل، یک ولت‌سنج دیجیتال از آزمایشگاه تهیه کنید. ولت‌سنج DC را روی حساسیت بالای آن (مثلاً میلی‌ولت) تنظیم کنید.
۲ دو سیم مسی به پایانه‌های آن وصل کنید.
۳ هر سر آزاد سیم مسی را به یک طرف سیم آهنی بپیچید (متصل کنید).
۴ محل اتصال دو سیم مسی و آهنی را در یک طرف، با دست خود بگیرید.
۵ به دلیل تفاوت دما، ولت‌سنج عددی را نشان می‌دهد، آن عدد را یادداشت کنید.

مراحل کار دوم:

۱ مراحل ۱ تا ۳ را مطابق آزمایش اول انجام دهید.
۲ محل اتصال دو سیم مسی و آهنی را در یک طرف، درون ظرف یخ قرار دهید.
۳ به دلیل تفاوت دما، ولت‌سنج عددی را نشان می‌دهد، آن عدد را یادداشت کنید.
۴ دماسنج الکلی را درون ظرف یخ قرار دهید و پس از چند لحظه دما را یادداشت کنید.

مراحل کار سوم:

۱ مراحل ۱ تا ۳ را مطابق کار اول انجام دهید.
۲ محل اتصال دو سیم مسی و آهنی را در یک طرف درون ظرف آب جوش قرار دهید.
۳ به دلیل تفاوت دما، ولت‌سنج عددی را نشان می‌دهد، آن عدد را یادداشت کنید.
۴ دماسنج الکلی را درون ظرف آب جوش قرار دهید و پس از چند لحظه دما را یادداشت کنید.

الف) داده‌های ثبت شده از کارهای دوم و سوم را در جدول زیر پر کنید.

شماره آزمایش	عدد یادداشت شده از ولت‌متر (میلی‌ولت)	عدد یادداشت شده از دماسنج الکلی (سلسیوس)
اول		
دوم		
سوم		

ب) نقاط به‌دست آمده از اعداد یادداشت شده از ولت‌متر برای کارهای دوم و سوم را برحسب اعداد یادداشت شده از دماسنج الکلی برای همان کارها رسم کنید.
پ) این دو نقطه را با یک خط راست به هم وصل نمایید.
ت) با استفاده از خط رسم شده و مقدار عدد یادداشت شده از ولت‌متر برای کار اول، تعیین نمایید دمای دست در آزمایش اول چقدر بوده است؟
ث) همین کار را برای ترموکوپل ساخته‌شده از آهن ـ کنستانتان[1] انجام دهید.

۱ـ Constantan

تحقیق کنید

ترموپیل چیست و کاربرد آن کجا است؟

براساس ترکیب‌های ممکن از فلزها، می‌توان تعداد بی‌شماری ترموکوپل ساخت، ولی در عمل تعداد ترموکوپل‌ها مشخص و محدود است. تعدادی از ترموکوپل‌های متداول عبارت‌اند از:

- نوع T: مس و کنستانتان
- نوع J: آهن و کنستانتان
- نوع E: کرومل[1] و کنستانتان
- نوع K: کرومل و آلومینیوم
- نوع S و R: پلاتین و رودیوم.

در جدول ۴ محدودهٔ دمایی ترموکوپل‌های متداول ارائه شده است.

جدول ۴ـ محدودهٔ دمایی انواع ترموکوپل‌ها

نوع	جنس فلز	محدودهٔ دمایی (°C)
T	مس / کنستانتان	۲۰۰- الی ۴۰۰
J	آهن / کنستانتان	۰ الی ۸۷۰
E	کرومل / کنستانتان	۲۰۰- الی ۹۰۰
K	کرومل / آلومینیوم	۲۰۰- الی ۱۲۵۰
R	پلاتین / رودیوم (۱۳درصد)	۰ الی ۱۴۵۰
S	پلاتین / رودیوم (۱۰درصد)	۰ الی ۱۴۵۰
C	تنگستن / رنیوم	۰ الی ۲۷۶۰

پرسش

دماهای مورد نیاز در عملیات صنعتی مطابق جدول ۵ می‌باشد. چه ترموکوپلی را برای اندازه‌گیری دمای هر عملیات پیشنهاد می‌دهید.

۱- Chromel

جدول ۵ـ دماهای عملیات مختلف

ردیف	عملیات	دمای مورد نیاز (درجهٔ سلسیوس)
۱	رآکتور واحد بنزین سازی پالایشگاه	۵۰۰
۲	کورهٔ سیمان	۱۴۰۰
۳	کربن‌دهی سطحی در عملیات حرارتی فولاد	۹۰۰
۴	راکتور تولید هیدروژن	۸۰۰
۵	راکتور واحد تصفیهٔ گازوییل پالایشگاه	۳۵۰

روش‌های مختلفی برای اتصال سیم‌های ترموکوپل وجود دارد که می‌توان به این روش‌ها اشاره نمود:

- پیچیده شدن
- چفت شدن
- جوش دادن

مزایا و معایب اندازه‌گیری دما توسط ترموکوپل

مزایا:

- هزینهٔ کم
- اندازهٔ کوچک
- مقاوم بودن
- محدودهٔ کاری وسیع
- پایداری
- دقیق برای تغییرات دمایی بالا
- پاسخ سریع

معایب:

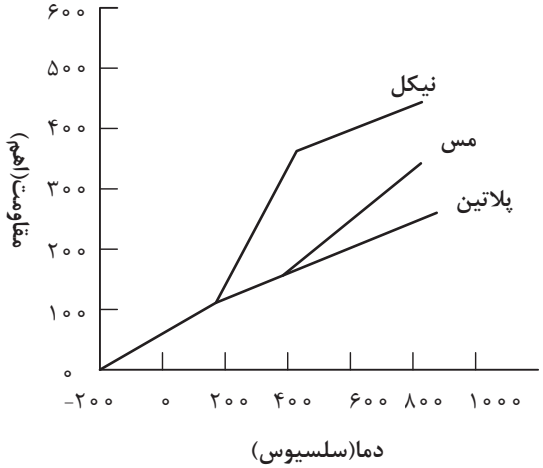
- خروجی خیلی ضعیف در حد میلی‌ولت
- دقت محدود برای تغییرات دمایی کم
- حساس بودن نسبت به نوسانات الکتریکی

دماسنج‌های مقاومتی[۱]:

مقاومت الکتریکی فلزات با تغییر دما، تغییر می‌کند. از این خاصیت برای ساخت دماسنج‌های مقاومتی (RTD) استفاده می‌شود. به طور کلی مواد نسبت به افزایش دما دو رفتار متفاوت در تغییر مقاومت الکتریکی از خود نشان می‌دهند.

۱- RTD (Resistance Temperature Detector)

در یک گروه با افزایش دما، مقاومت الکتریکی افزایش می‌یابد، به این گروه که دارای ضریب دمایی مثبت هستند، اصطلاحاً PTC[1] گفته می‌شود. پلاتین، نیکل و مس از این گروه می‌باشند (شکل۲۳). در گروه دیگر با افزایش دما، مقاومت الکتریکی کاهش می‌یابد. به این گروه که دارای ضریب دمایی منفی هستند، اصطلاحاً NTC[2] گفته می‌شود. در این گروه بیشتر از اکسیدهای فلزی استفاده می‌شود که به این حسگرها **ترمیستور**[3] گفته می‌شود.



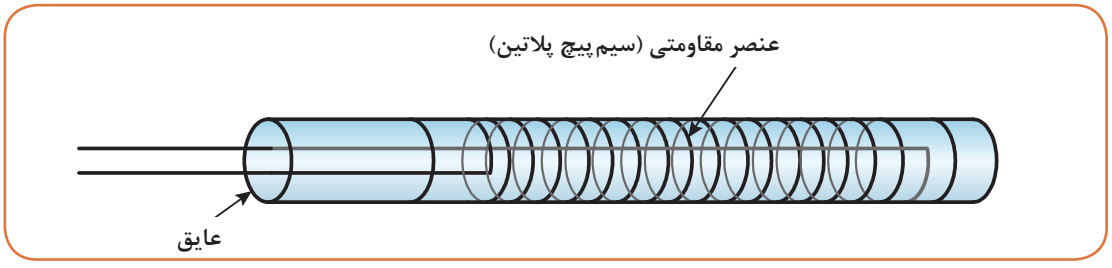
شکل ۲۳ـ تغییرات مقاومت برحسب دما برای دماسنج PTC

برای مثال، افزایش دمای یک سیم فلزی از گروه اول، منجر به افزایش مقاومت این سیم در مقابل عبور جریان الکتریسیته می‌شود. بنابراین مقاومت یک سیم گرم در برابر عبور جریان بیشتر از سیم سرد است.
محدودهٔ دمایی دماسنج‌های مقاومتی پلاتین، نیکل و مس در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶ـ محدودهٔ دمایی دماسنج‌های مقاومتی

جنس فلز	محدودهٔ دمایی (°C)
پلاتین	۸۵۰ـ۲۰۰
نیکل	۳۰۰ـ۸۰
مس	۲۶۰ـ۲۰۰

دماسنج مقاومتی غالباً به صورت یک سیم‌پیچ فلزی بلند و ظریف است که معمولاً آن را به دور یک قاب نازک از شیشه یا سرامیک می‌پیچند تا علاوه بر افزایش مقاومت از فشار ناشی از تغییر طول سیم که در اثر انقباض آن در هنگام سرد شدن پیش می‌آید، جلوگیری شود (شکل ۲۴). در شرایط ویژه هم می‌توان سیم را به دور جسمی که هدف اندازه‌گیری دمای آن است، پیچید یا در داخل آن قرار داد.

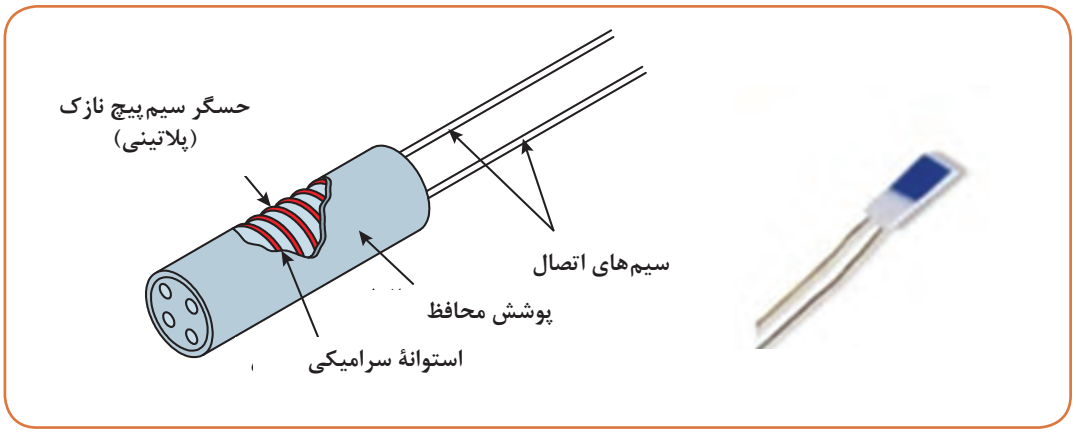


شکل ۲۴ـ دماسنج مقاومتی

۱- PTC (Positive Thermal Coefficient)
۲- NTC (Negative Thermal Coefficient)
۳- Thermistor

مهم‌ترین قسمت‌ها در ساختمان یک دماسنج مقاومتی مطابق شکل ۲۵ عبارت‌اند از:

- حسگر؛ مهم‌ترین قسمت یک دماسنج مقاومتی بوده و معمولاً سیم‌پیچ نازک پلاتینی است.
- سیم‌های اتصال؛ دماسنج‌های مقاومتی پلاتینی به صورت دو سیمی، سه سیمی و یا چهار سیمی ساخته می‌شوند.
- عایق سرامیکی؛
- غلاف حفاظت‌کننده؛
- سر خروجی؛



شکل ۲۵ــ ساختمان یک دماسنج مقاومتی

در دماسنج‌های مقاومتی PTC اندازه‌گیری دما بر اساس تغییرات مقاومت الکتریکی حسگر آنها انجام می‌شود.

مزایا و معایب دماسنج مقاومتی

مزایا:

- زمان پاسخ‌دهی سریع‌تر نسبت به ترموکوپل‌ها (در محدوده کسری از ثانیه)
- دقت و حساسیت بالاتر نسبت به ترموکوپل‌ها

معایب:

- به دلیل نیاز به فلزات با خلوص بالا جهت ساخت این نوع دماسنج، بسیار گران‌تر از ترموکوپل است.
- محدودهٔ اندازه‌گیری کمتر از ترموکوپل‌ها است.

مزیت مهم دماسنج مقاومتی نسبت به ترموکوپل، دقت اندازه‌گیری آن است که در دماسنج مقاومتی دقت در حدود ۰/۱ و در ترموکوپل در حدود ۱ درجهٔ سلسیوس است. در بسیاری از صنایع در دمای زیر ۶۰۰ درجهٔ سلسیوس به‌علت دقت بالاتر، دماسنج مقاومتی جایگزین ترموکوپل‌ها می‌شود.

فیلم ۳: فیلم دماسنج ترموکوپلی و RTD
فیلم ۴: فیلم دماسنج ترموکوپلی

فعالیت کارگاهی

فعالیت کارگاهی ۵: بررسی ظاهری و چشمی دماسنج‌های کارگاه

ـ دماسنج‌های کارگاه هنرستان خود را بررسی نموده و پاسخ سؤالات زیر را در جدول یادداشت کنید.

الف) چند نوع دماسنج در کارگاه هنرستان خود دارید؟

ب) آیا دماسنج‌های موجود قابل استفاده می‌باشند؟

ج) علت قابل استفاده نبودن دماسنج‌های موجود چیست؟

ردیف	نوع دماسنج	گسترهٔ دمایی قابل اندازه‌گیری (سلسیوس)	سالم/خراب	علت
۱				
۲				
۳				
۴				

فعالیت کارگاهی

فعالیت کارگاهی ۶: اندازه‌گیری دمای اجسام مختلف

با هر یک از دماسنج‌های موجود در کارگاه هنرستان خود، دمای اجسام اشاره شده در جدول زیر را اندازه‌گیری نمایید.

ردیف	نوع دماسنج	دمای هوای کارگاه	دمای آب خروجی از شیر	دمای ظرف پر از یخ	دمای کف دست خود	دمای کف دست هم گروه	دمای شعلهٔ شمع	دمای شعلهٔ گاز
۱								
۲								
۳								
۴								

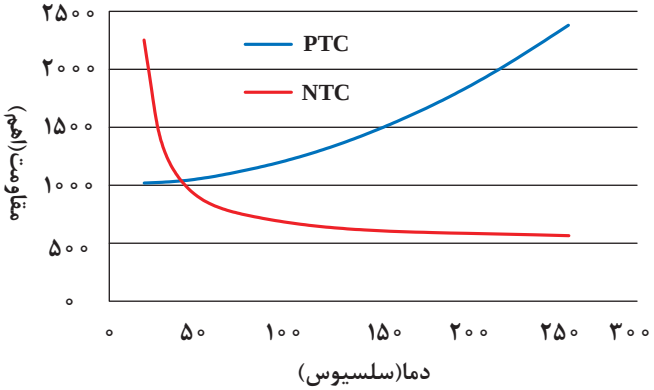
الف) آیا دماهای اندازه‌گیری شده با تمامی دماسنج‌ها یکسان است؟ چرا؟

ب) به نظر شما برای اندازه‌گیری دمای هر یک از موارد اشاره شده در جدول، کدام دماسنج مناسب‌تر است؟ چرا؟

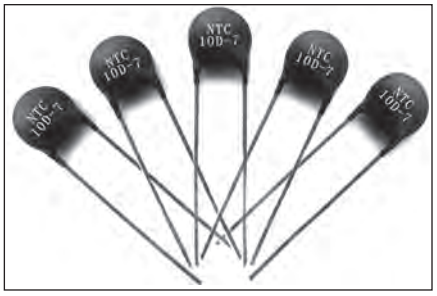
دماسنج‌های ترمیستور:

ترمیستورها همانند RTDها، یک مقاومت حساس به دما هستند با این تفاوت که برخلاف RTDها که از جنس فلز هستند، این حسگرها از جنس سرامیک، پلیمر و یا نیمه‌هادی می‌باشند که اصول عملکرد آنها مشابه RTDها می‌باشد.

همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد، ترمیستورها هم دارای ضریب دمایی مثبت و هم دارای ضریب دمایی منفی می‌باشند (شکل ۲۶) ولی عمدهٔ ترمیستورها دارای ضریب دمایی منفی می‌باشند، ترمیستور حساس‌ترین حسگر دما می‌باشد. تنها تفاوت ترمیستورها با RTD، میزان مقاومت بالای آن نسبت به RTD ها می‌باشد. مقاومت معمول برای ترمیستورها ۵۰۰۰ اهم در ۲۵°C می‌باشد. در حالی که این مقدار برای RTD، ۱۰۰ اهم می‌باشد. محدودهٔ دمایی ترمیستورها بسته به نوع نیمه‌هادی از حدود ۵۰°C- درجه تا چند صد درجهٔ سلسیوس می‌باشد (شکل ۲۷).



شکل ۲۶ــ ترمیستورهای PTC و NTC



شکل ۲۷ــ دماسنج از نوع ترمیستور

معایب اندازه‌گیری دما با ترمیستور

- دقت آنها کمتر از RTDها می‌باشد.
- ترمیستورها شکننده‌تر از RTD و یا ترموکوپل هستند و باید در نصب آنها دقت فراوانی کرد.
- در دماهای بالا، در مقایسه با RTD و ترموکوپل زودتر خراب می‌شوند.
- عمر کوتاه‌تری نسبت به ترموکوپل و RTDها دارند.

مزایای اندازه‌گیری دما با ترمیستور:

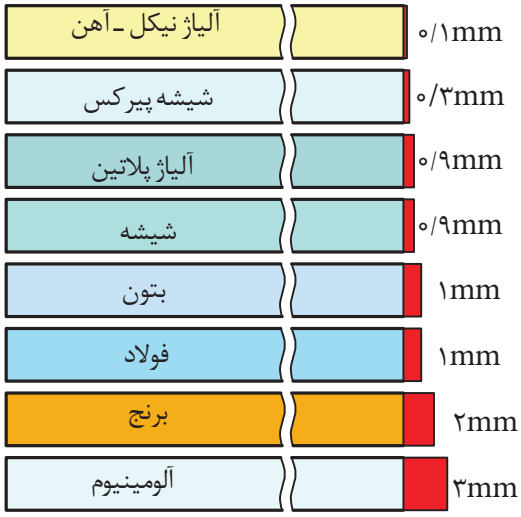
- ترمیستورها زمان پاسخ‌دهی کوتاهی دارند.
- قیمت پایین و مناسبی دارند.
- اندازهٔ کوچکی دارند.
- با تغییرات دما، تغییرات بزرگی در مقاومت نشان می‌دهند.

دماسنج‌های دو فلزی[1]

دماسنج‌های دوفلزی جزو پر مصرف‌ترین وسایل اندازه‌گیری سنجش دما می‌باشند و در بیشتر وسایل، نظیر ترموستات (دماپای) اتو یا سماور و یا نشان‌دهندهٔ دمای آبگرمکن کاربرد دارند. محدودهٔ دمایی که می‌توان از

۱ـ Bimetallic Thermometer

این دماسنج‌ها استفاده کرد، معمولاً از ۴۰- تا ۳۰۰ درجهٔ سلسیوس می‌باشد. دماسنج‌های دو فلزی بر اساس خاصیت متفاوت بودن ضریب انبساط اجسام، ساخته می‌شوند. ضریب انبساط طولی یک جسم به گونه‌ای بیانگر افزایش طول جسم، ناشی از افزایش دما است. در شکل ۲۸، انبساط فلزات و آلیاژهای مختلف، در اثر افزایش ۱۰۰ درجهٔ سلسیوسی دما، نشان داده شده است.



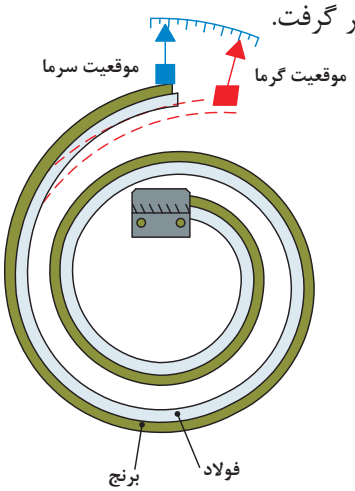
شکل ۲۸ـ میزان انبساط یک متر از اجسام مختلف در اثر افزایش دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس

تحقیق کنید

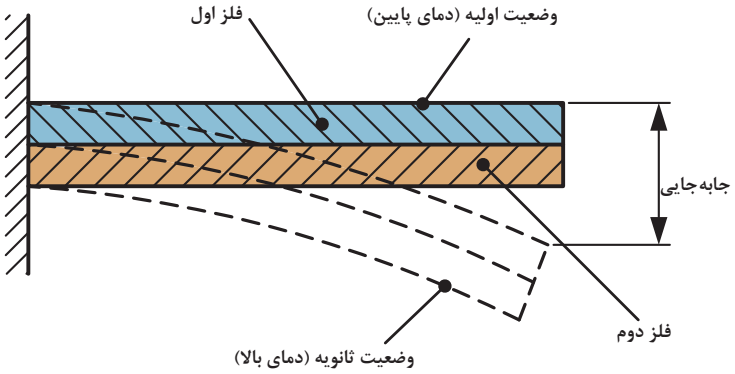
بررسی نمایید انبساط طولی اجسام با افزایش دما به چه صورت است و سپس ضرایب انبساط طولی چند ماده را پیدا کنید.

در دماسنج‌های دو فلزی، دو فلز غیر هم جنس را که در دمای محیط هم طول می‌باشند، به یکدیگر متصل می‌کنند (با فرض بیشتر بودن ضریب انبساط طولی فلز اول نسبت به دوم). با اعمال گرما به یک انتهای دماسنج، فلز با ضریب انبساط بالاتر تغییر طول بیشتری داشته و در نتیجه دماسنج در جهت فلز با ضریب انبساط پایین‌تر خم می‌شود (شکل ۲۹).

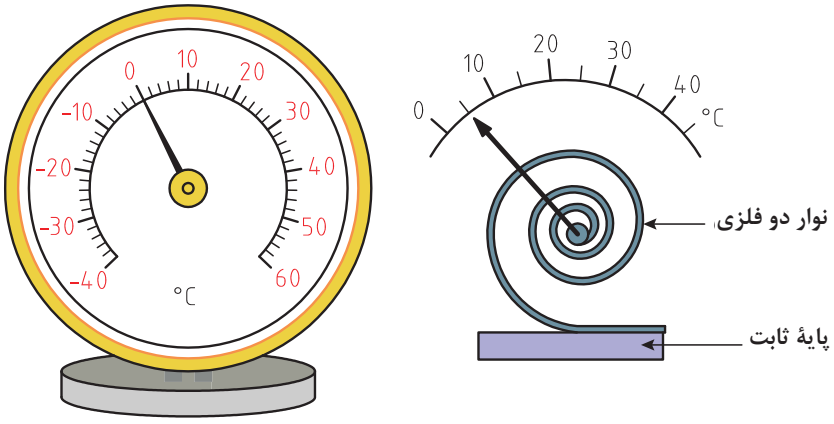
از این پدیده، در ساخت دماسنج‌های دوفلزی و ترموستات‌ها استفاده می‌شود. در عمل برای افزایش تغییرات طول در اثر تغییرات دما، دماسنج دو فلزی را به صورت حلزونی (شکل‌های ۳۰ و ۳۱) و یا مارپیچ (شکل ۳۲) می‌سازند. تغییرات طول را می‌توان مستقیماً به‌عنوان دمای اندازه‌گیری شده در نظر گرفت.



شکل ۳۰ـ دماسنج دو فلزی حلزونی شکل

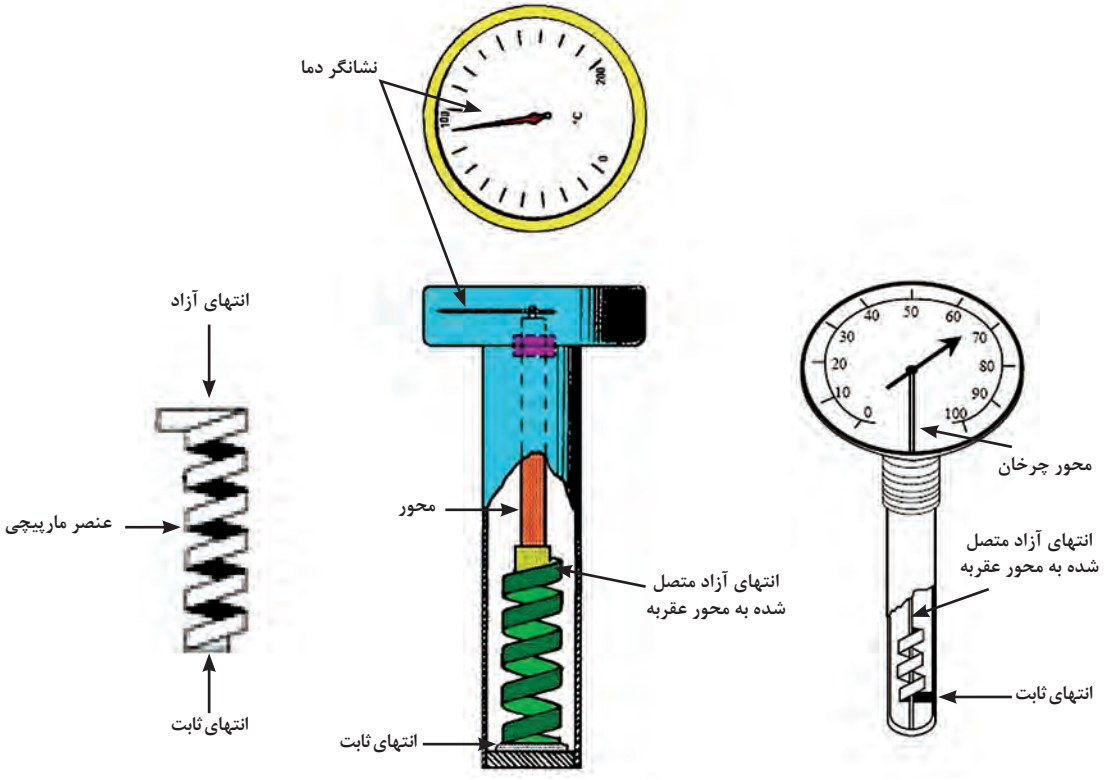


شکل ۲۹ـ اثر تغییر دما در دو فلز غیر هم جنس



شکل ۳۱ــ دماسنج دو فلزی حلزونی شکل

فلزهای مورد استفاده در دماسنج‌های دو فلزی معمولاً از آلیاژهای آهن ـ نیکل می‌باشند. از مزایای دماسنج‌های دو فلزی می‌توان به ارزان، ساده، محکم و با دوام بودن آنها اشاره کرد.



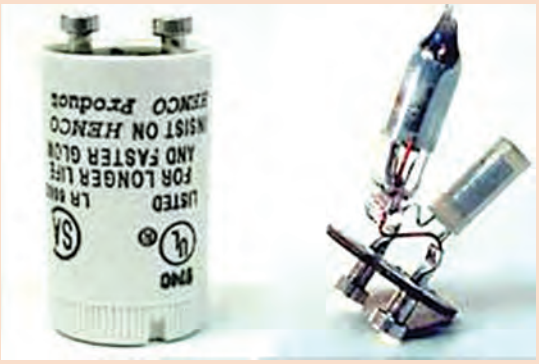
شکل ۳۲ــ دماسنج دو فلزی مارپیچی

فعالیت کارگاهی

فعالیت کارگاهی ۷: ساخت یک ترموستات

وسایل مورد نیاز:

ـ استارت (راه‌انداز) لامپ مهتابی
ـ دو عدد باطری قلمی
ـ یک عدد لامپ سه ولتی
ـ ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر سیم



شکل ۳۳ـ راه انداز (استارت) لامپ مهتابی

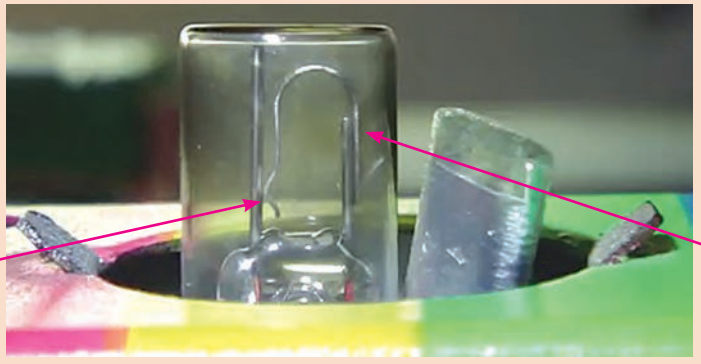
روش کار:

۱ محافظ یک راه‌انداز (استارت) لامپ مهتابی را مانند شکل ۳۳ جدا کنید.

۲ به کمک دوعدد باطری قلمی، یک لامپ سه ولتی و راه انداز مهتابی، یک مدار ساده الکتریکی مشابه شکل ۳۴ بسازید.

شکل ۳۴ـ مدار ساخته شده با راه انداز (استارت) لامپ مهتابی به‌عنوان ترموستات

۳ در این حالت چرا لامپ روشن نمی‌شود؟ به درون حباب شیشه‌ای به‌دقت نگاه کنید (شکل ۳۵).



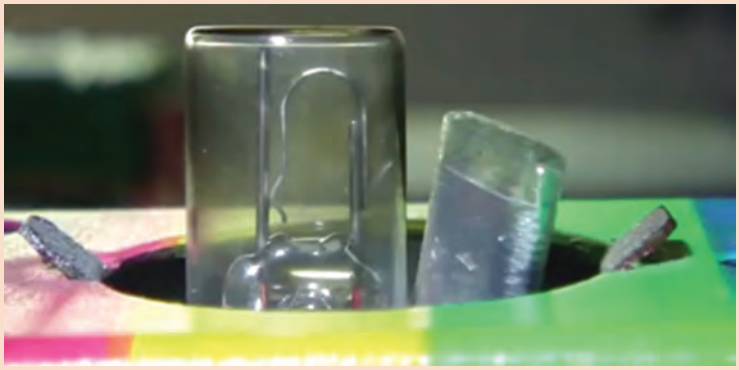
شکل ۳۵ـ راه انداز (استارت) لامپ مهتابی قبل از گرم شدن

همان‌طور که در شکل ۳۶ می‌توان مشاهده نمود اتصال بین میله (از جنس دو فلزی) با میله اتصال جریان، برقرار نمی‌باشد.

۴ با کمک یک فندک، حباب شیشه ای راه انداز را گرم کنید.

۵ پس از گرم شدن حباب شیشه‌ای، میله (از جنس دو فلزی) به میلهٔ اتصال جریان نزدیک شده و لامپ سه ولتی روشن می‌گردد (شکل ۳۶).

۶ پس از خنک شدن مجدد راه‌انداز، اتصال بین نوار دو فلزی و میلهٔ اتصال قطع شده و لامپ سه ولتی دوباره خاموش می‌شود.



شکل ۳۶ــ راه انداز (استارت) لامپ مهتابی پس از گرم شدن

فعالیت کارگاهی

فعالیت کارگاهی ۸: ساخت دماسنج دو فلزی

با امکانات موجود در کارگاه هنرستان خود، یک دماسنج دو فلزی بسازید.

دماسنج‌های غیرتماسی[1]

دماسنج غیرتماسی کاربرد بسیار وسیعی در بخش‌های مختلف صنعتی دارد به‌طوری‌که استفاده از آن در کنترل تولید فولاد، تولید آلیاژهای مختلف، ریخته‌گری‌های دقیق، آبکاری‌های صنعتی، جوشکاری‌های دقیق، تولید محصولات پتروشیمی اجتناب‌ناپذیر است. معمولاً به‌دلیل بالا بودن دمای فرایند (بیش از $1500^{\circ}C$) نمی‌توان از تجهیزات اندازه‌گیری دما با تماس مستقیم استفاده کرد، زیرا قرار دادن تجهیزات در چنین دمایی سبب ذوب شدن یا خراب شدن آنها خواهد شد. همچنین در مواردی که تماس حسگر دما با فرایند امکان‌پذیر نیست، (وقتی که فرایند متحرک باشد، یا دمای آن خیلی بالا باشد و هنگامی که فرایند دارای مواد مخرب و زیان‌آور است) استفاده از دماسنج‌های غیرتماسی بسیار ضروری خواهد بود.

برای تعیین دما به روش غیرتماسی معمولاً از دماسنج‌های آذرسنج[2] (پیرومتر) استفاده می‌شود. در روش اندازه‌گیری دما به‌صورت غیرتماسی در حقیقت از تشعشعاتی که از یک جسم داغ پراکنده شده و معمولاً در ناحیه مادون قرمز می‌باشد، استفاده کرده و با سازوکارهای مختلف این تشعشعات را اندازه‌گیری نموده و بر حسب دما مدرج می‌کنند. آذرسنج‌ها در دو نوع نوری[3] و تشعشعی[4] وجود دارند.

۱ـ Non-Contact Thermometer

۲ـ Pyrometer Thermometer

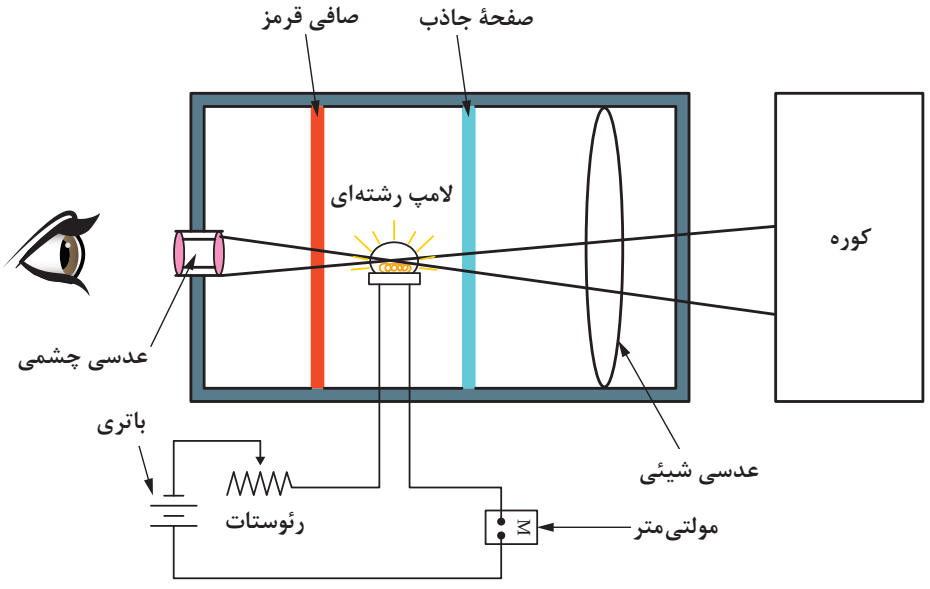
۳ـ Optical Pyrometer

۴ـ Radiation Pyrometer

آذرسنج نوری: آذرسنج‌های نوری معمولاً رایج هستند. اساس کار این دماسنج، تشخیص رنگ‌های نور انتشار یافته از جسم داغ بوده، که در نهایت دمای جسم مورد نظر را براساس آن اندازه‌گیری می‌کنند (شکل ۳۷).

شکل ۳۷ـ دماسنج آذرسنج

در این دماسنج، نور ایجاد شده توسط جسم داغ (کوره) از درون یک سامانهٔ نوری (با بزرگ‌نمایی معین) که در درون آن یک لامپ گداختهٔ کوچک قرار داده شده، گذرانده می‌شود. برای سهولت مقایسهٔ رنگ‌ها، یک صافی قرمز که تنها طول موج پرتو قرمز را عبور می‌دهد به‌کار می‌رود، البته اگر کسی از درون عدسی چشمی نگاه کند، شعاع نور بسیار باریکی را ملاحظه خواهد کرد. در برخورد این نور با رشته‌های لامپ، جریانی از رشته‌ها عبور خواهد کرد که تعیین‌کنندهٔ میزان دمای جسم است. این جریان توسط پتانسیومتری که بین منبع تغذیه (یک باطری) و لامپ قرار داده شده، کنترل می‌گردد (شکل ۳۸).



شکل ۳۸ـ چگونگی عملکرد دماسنج آذرسنج نوری

گسترهٔ کاری آذرسنج نوری معمولاً از ۷۶۰ تا ۱۳۱۵ درجهٔ سلسیوس است. حد بالایی دما تا اندازه‌ای بستگی به خطر خراب‌شدن رشتهٔ سیم و میزان خیره‌کنندگی ناشی از درخشش در دماهای بالاتر دارد. گسترهٔ دما ممکن است با به‌کارگیری پردهٔ جاذب بین عدسی شیئی و شبکهٔ رشتهٔ سیم به حد بالاتری افزایش یابد و به این وسیله سازگاری درخشش در دماهای پایین‌تر رشته ممکن می‌شود. بنابراین با به کارگیری پرده‌های جاذب مختلف، گسترهٔ دمایی بالای آذرسنج نوری (شکل ۳۹) را می‌توان از ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ درجهٔ سلسیوس افزایش داد.

شکل ۳۹ــ دماسنج آذرسنج نوری

آذرسنج تشعشعی

بیشتر بدانید

تمامی اجسامی که دارای دمای بالای صفر مطلق باشند، از خود امواج مادون قرمز[1] منتشر می‌سازند. موج مادون قرمز در حقیقت یک انرژی نورانی ضعیف است که به‌صورت موج منتشر می‌شود و فرکانس آن در محدودهٔ فرکانس قابل دید برای چشم انسان نمی‌باشد. البته هر چه دمای یک جسم بیشتر باشد، میزان انرژی مادون قرمز بیشتری منتشر می‌سازد.

در آذرسنج‌های تشعشعی (شکل ۴۰) با قرار دادن دماسنج در جلوی جسم مورد نظر، آن قسمت از موج مادون قرمز منتشر شده توسط جسم که در محدودهٔ میدان دید عدسی دماسنج باشد، به عدسی برخورد می‌کند. عدسی دماسنج این انرژی دریافت شده را بر روی حسگر که در دستگاه وجود دارد متمرکز می‌کند. حسگر با اندازه‌گیری شدت انرژی، ولتاژی را در حد میکروولت در یکی از پایه‌های خود ایجاد می‌کند و مقدار دما با پردازشی که روی این ولتاژ و وضعیت دیگر پایه‌های حسگر انجام می‌گیرد، تشخیص داده شده و بر روی صفحهٔ نمایش آن، نشان داده می‌شود. تمامی این مراحل در مدت زمان بسیار کوتاهی انجام می‌گیرد.

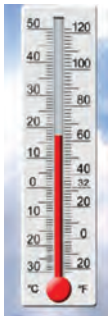
شکل ۴۰ــ دماسنج آذرسنج تشعشعی

۱ـ Infrared Ray

فیلم۵: چگونگی کار با دماسنج غیر تماسی

نشانگر دما

همان‌طور که در مباحث قبل توضیح داده شد، دما را می‌توان به روش‌های مختلف اندازه‌گیری نمود. ولی برای نمایش مقدار عددی دما، معمولاً از انواع نشانگرهای شیشه‌ای، دیجیتالی و عقربه‌ای (شکل‌های ۴۴ الی ۴۱) استفاده می‌گردد.



شکل ۴۱ـ نشانگر شیشه‌ای دما

شکل ۴۲ـ نشانگر دیجیتالی دما (مصارف خانگی)

شکل ۴۳ـ نشانگر عقربه‌ای دما

شکل ۴۴ـ نشانگر دیجیتالی دما (مصارف صنعتی)

تنظیم دقیق وسایل اندازه‌گیری (کالیبراسیون[۱])

کیفیت مقوله‌ای است که با سرشت انسان سازگاری دارد و همواره نیاز مادی و معنوی اوست و نبود آن می‌تواند دشواری‌هایی برای وی به‌وجود آورد. به همین دلیل از گذشته‌های دور تلاش برای رسیدن به کیفیت و رفع دشواری‌های موجود در این راه موضوعی مطرح در جوامع انسانی بوده است.

امروزه این واژه از مرحلهٔ رفع نیاز پا فراتر گذاشته است زیرا با گسترش دنیای رقابت، کیفیت تنها زبانی است که می‌شود با آن در بازارهای جهانی سخن گفت. بدیهی است کنترل کیفیت و تضمین آن بر اندازه‌گیری استوار است.

فراگیری روش اندازه‌گیری کمیّت‌های گوناگون و در نگاهی وسیع‌تر کالیبراسیون دستگاه‌ها، راهی برای نیل به این خواسته است. با توجه به اینکه دستیابی به کیفیت برتر از طریق انجام آزمون‌ها و اندازه‌گیری‌های مطمئن ارزیابی می‌گردد، این بحث مطرح می‌شود که اندازه‌گیری مطمئن چه نوع سنجشی می‌باشد؟ آیا نو بودن تجهیزات یا استفاده از فناوری جدید دستگاهی، می‌تواند منجر به اندازه‌گیری مطمئن شود. پاسخ این است که تنها کالیبراسیون صحیح و دوره‌ای به نتایج خروجی دستگاه‌ها کیفیت می‌بخشد. اغلب استانداردهای مدیریت

۱ـ Calibration

کیفیت در بخش الزامات فنی، از کالیبراسیون تجهیزات نام برده و آن را الزام نموده‌اند.
تعاریف متعددی برای کالیبراسیون ارائه شده است. دراستاندارد ملی ایران در بخش «واژه‌ها و اصطلاحات پایه و عمومی اندازه‌شناسی» کالیبراسیون چنین تعریف شده است:

«مقایسهٔ ابزار دقیق با یک مرجع استاندارد آزمایشگاهی در شرایط مشخص، جهت اطمینان از دقت و سلامت آن و تعیین میزان خطای این وسیله نسبت به آن استاندارد».

برای اطمینان از عملکرد دستگاه‌های آزمون و اندازه‌گیرهایی مانند دماسنج، دبی‌سنج، سطح‌سنج و فشارسنج و اطمینان از درستی مقادیر خوانده شده توسط آنها، باید به طور دوره‌ای و در بازه‌های زمانی مشخص، تنظیم دقیق و به اصطلاح کالیبره شوند تا قابلیت ردیابی با استانداردهای ملی و بین‌المللی را داشته باشند. البته معمولاً کالیبراسیون اولیه این دستگاه‌ها در مرحلهٔ ساخت و تولید آن انجام می‌گیرد که می‌تواند شامل مراحل درجه‌بندی دستگاه، تنظیم مدارهای الکتریکی موجود مانند تنظیم نشان‌دهنده‌های دیجیتالی، تخمین پایداری دستگاه باشد. البته پس از این مراحل، وسیلهٔ اندازه‌گیری با توجه به طول عمر آن جهت اطمینان از عملکرد صحیح و کنترل کیفیت اجزای آنها لازم است دوباره کالیبره شود. بنابراین با کالیبراسیون مجدد می‌توان عوامل و اجزایی از دستگاه را که کیفیت خود را از دست داده‌اند، شناسایی کرد.

نکته

دستگاه‌های اندازه‌گیری باید به‌طور دوره‌ای کالیبره شوند. گذشت زمان، فرسودگی و حوادث غیر قابل پیش‌بینی، باعث می‌شوند تا میزان صحت کمیّت اندازه‌گیری شده دقیق نبوده و نیازمند تأیید مجدد باشند. برای تجهیزات کالیبره شده گواهی کالیبراسیون صادر شده و ضمیمه دستگاه می‌گردد.

تعیین زمان کالیبراسیون این دستگاه‌ها در بازه‌های، زمانی بهینه، یکی از تصمیم‌های مهم و قابل توجه است. به طوری که بین هزینهٔ کالیبراسیون و هزینه‌های ناشی از عدم کالیبراسیون تعادل ایجاد شود.

دلیل انجام کالیبراسیون

کالیبراسیون اولیهٔ وسیلهٔ اندازه‌گیری، چگونگی کارایی مورد ادعای سازنده را به مشتری نشان می‌دهد. متغیرهایی که توسط دستگاه، اندازه‌گیری می‌شود به استانداردهای اندازه‌گیری قابل ردیابی ارجاع داده می‌شود که اگر چنین نباشد اطمینانی به آنها نمی‌توان داشت.
کالیبراسیون مجدد به خاطر کنترل و نگهداری فرایندهای اندازه‌گیری که با وسیلهٔ اندازه‌گیری انجام می‌شود لازم است. معمولاً خطای اندازه‌گیری دستگاه اندازه‌گیری نسبت به زمان و با استفاده‌های مکرر از آن افزایش می‌یابد.
شناسایی رشد تدریجی این خطا و افزایش آن به‌راحتی توسط کاربران امکان‌پذیر نیست. آنچه که در اندازه‌گیری بسیار ضروری است، قابلیت ردیابی می‌باشد. برقراری قابلیت ردیابی که با کالیبراسیون امکان‌پذیر می‌شود در کنترل سامانه اندازه‌گیری و تجارت بین‌المللی ضروری می‌باشد. قابلیت ردیابی عبارت است از قابلیت ارتباط مقدار یک استاندارد یا نتیجهٔ یک اندازه‌گیری با مرجع‌های ملی و بین‌المللی.
کالیبراسیون دستگاه‌ها معمولاً در آزمایشگاه‌های مرجع یا در مکانی که این دستگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند نیز توسط شرکت‌های خاص انجام می‌پذیرد.

طبقه‌بندی تجهیزات از نظر کالیبراسیون

تجهیزات از نظر کالیبراسیون به دسته‌های زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- تجهیزاتی که اندازه‌گیر نبوده و نیاز به کالیبراسیون ندارند. مانند، دستگاه آب مقطرگیر، گرمکن بدون دماسنج، همزن مغناطیسی و... .

۲- تجهیزاتی که هر بار قبل از استفاده باید توسط کاربر کالیبره شوند. در این گروه می‌توان از دستگاه‌های pH متر نام برد. کاربر باید دورهٔ آموزشی کالیبراسیون و کنترل کیفی این گونه تجهیزات را بگذراند.

۳- تجهیزاتی که باید توسط واحدهای مورد تأیید مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران یا سازنده و یا کاربر در دوره‌های زمانی مشخص کالیبره شوند مانند انواع دماسنج‌ها، دبی‌سنج‌ها، ترازو، اتوکلاو و سطح سنج‌ها.

قبل از انجام کالیبراسیون دستگاه‌های اندازه‌گیری اقدامات زیر باید در نظر گرفته شود:

- تمام دستگاه‌ها را به تفکیک نوع اندازه‌گیری (دما، سطح، فشار، دبی و غیره) به‌صورت جداگانه باید وارد یک فهرست کرده و به هر یک کد یا مشخصه‌ای داده شود.
- برای هر دستگاه اندازه‌گیری شناسنامه تهیه گردد.
- تعیین دورهٔ تناوب کالیبراسیون
- شرایط محیطی کار (دما، رطوبت، ارتعاش و غیره)
- دقت اندازه‌گیری مورد نظر
- تعیین حد مجاز خطا (حد مجاز خطا بستگی به استاندارد مربوطه و روش کار دارد و اگر روشی فاقد حد مجاز خطا باشد، کامل نیست و باید یک مقام مسئول با ارائهٔ دلیل، حد مجاز را تعیین کند.)

نکات لازم برای کالیبره نمودن دستگاه‌های اندازه‌گیری

- با توجه به اینکه در حال حاضر دستگاه‌های اندازه‌گیری متفاوتی توسط شرکت‌های ابزار دقیق طراحی و ساخته می‌شود، بهتر آن است که قبل از کالیبره نمودن هر دستگاه به دفترچهٔ راهنمای آن مراجعه شود تا در هنگام کار، با مشکلی مواجه نشوید.
- در مورد کالیبره نمودن دستگاه‌هایی که بر اساس اختلاف فشار کار می‌کنند، باید به این نکته توجه داشت که چون در بیشتر اوقات، حد پایین اختلاف فشار تجهیزات را مقداری برابر با فشار اتمسفر در نظر می‌گیرند، در ابتدای کالیبراسیون صفر آن را شرایط اتمسفر قرار دهید.
- اگر برای کالیبراسیون دستگاه‌ها به سیال آب نیاز بود، از آبی استفاده شود که ناخالصی کمتری داشته باشد.
- در هنگام کالیبره کردن، با موبایل و یا اشخاصی که در اطراف هستند، صحبت نشود.
- سعی شود محل کار را تمیز نگه داشته شود و برای هریک از دستگاه‌ها یک جعبه فراهم شود.
- ابزار کار از قبل به‌طور کامل فراهم شود تا در هنگام کار با کمبود ابزار مواجه نگردد.

اعلام نتایج کالیبراسیون

پس از کالیبراسیون می‌توان دستگاه‌های اندازه‌گیری را بر مبنای خطای مجاز به سه دستهٔ زیر طبقه‌بندی کرد:

- **قبول:** خطای به‌دست آمده کمتر یا مساوی خطای مجاز باشد.
- **مشروط:** هنگامی که تعدادی از الزامات مورد نیاز، توسط دستگاه برآورده می‌شود.
- **مردود:** در صورت بیشتر بودن خطای دستگاه از خطای مجاز، دستگاه مردود اعلام می‌شود و این به آن معنی است که کمترین الزامات مورد نیاز، توسط دستگاه رعایت نمی‌شود. در این مورد نباید از دستگاه برای اندازه‌گیری استفاده کرد.

پرسش

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

فیلم۶: کالیبراسیون دماسنج پر شده

فعالیت‌عملی

فعالیت عملی: کالیبراسیون دماسنج

- یک ظرف حاوی آب و یخ را تهیه کرده و دماسنجی را درون آن بگذارید تا دمای آن ثابت شود.
- آیا دمای ثابت‌شده، $^{\circ}C$ می‌باشد؟ در غیر این صورت، عدد خوانده‌شده را صفر در نظر گرفته و دماسنج را تنظیم کنید.
- این فعالیت را با دماسنج‌های دیگر موجود در کارگاه هنرستان خود تکرار کنید.

کنترل فرایند

قبل از بیان مفهوم کنترل در فرایندهای شیمیایی، لازم است تأکید گردد که چه چیزهایی و چه کارهایی، کنترل محسوب نمی‌شوند. کلمهٔ کنترل بعد از ورود به زبان فارسی، بیشتر تداعی‌گر مفاهیمی مانند محدود کردن، مهار کردن و تلاش برای قرار دادن قید و بند بوده است. لذا می‌توان مفهوم کنترل را به‌صورت زیر تعریف نمود:

«کنترل یعنی نظارت دائمی بر یک فعالیت، تا مطمئن شویم همه چیز مطابق برنامه‌ای که از پیش تعیین شده، به همان ترتیب و در چارچوب اصول آن، پیش رفته است و در صورت نیاز، اقدام اصلاحی انجام پذیرد.»

به‌طور کلی فرایندهای شیمیایی شامل تعداد زیادی تجهیزات مختلف می‌باشند که این تجهیزات به‌وسیلهٔ خطوط لوله که در آنها مواد شیمیایی جریان دارند، به یکدیگر متصل شده‌اند. برای آنکه این واحدها در شرایط مناسب عملیاتی کار کنند، باید متغیرهای فرایندی از قبیل دما، فشار، ارتفاع سطح مایع و دبی سیال در محدوده‌های خاصی نگه داشته شوند. یا به عبارت دیگر، این متغیرها کنترل شوند. به عنوان مثال در یک راکتور شیمیایی، مواد اولیه باید با یک نسبت مشخص وارد شده و در دما و فشار معینی با هم واکنش دهند. تغییر نسبت مواد اولیه، دما و یا فشار راکتور، می‌تواند، منجر به تولید محصولات ناخواسته یا بازدهی کم راکتور گردد و یا حتی خطراتی را از قبیل انفجار برای فرایند در پی داشته باشد. لذا کنترل فرایند را به منظور حفظ مشخصات مطلوب محصولات، رعایت قوانین زیست محیطی و دسترسی به بازدهٔ مشخص انجام می‌دهند.

همان‌طور که اشاره شد معمولاً در یک فرایند شیمیایی تعداد زیادی دستگاه فرایندی وجود دارد و برای

درست کار کردن هر یک از آنها لازم است متغیرهای فرایندی مربوطه در محدودهٔ مجاز کنترل شوند. بنابراین کاربرها[1] در صورت مشاهده تغییر در شرایط فرایند باید بتوانند به‌سرعت تصمیمات لازم را اتخاذ کرده و مثلاً بایستی شیرهای مربوطه را باز و بسته کنند. این بدان معناست که باید به‌طور همزمان تعداد زیادی شیر باز و بسته شود. با توجه به اینکه اولاً برای باز و بسته کردن همزمان این تعداد شیر، تعداد زیادی کاربر لازم است و ثانیاً ممکن است در واحدهای پیچیده‌تر، کاربرها نتوانند تصمیمات لازم و به‌موقع اتخاذ کنند، لذا این شیوهٔ کنترل که توسط کاربر انجام می‌شود و به کنترل دستی[2] معروف است می‌تواند منجر به عملکرد نامناسب واحد و خطرات جانی شود. بنابراین می‌بایست برای رفع این مشکل، یعنی تشخیص و محاسبهٔ دقیق میزان باز و بسته شدن هر یک از شیرها و کاهش تعداد کاربران و در نتیجه کاهش خطای تصمیم‌گیری آنها، از سامانهٔ کنترل خودکار (اتوماتیک) استفاده نمود.

کنترل خودکار (اتوماتیک) دارای دقت و سرعت بیشتری نسبت به کنترل دستی می‌باشد. امروزه با پیشرفت کامپیوترها، از آنها به‌عنوان مغز متفکر در کنترل فرایندها استفاده می‌شود و می‌توان فرایندهای بزرگ شیمیایی، پالایشگاه‌ها و مجتمع‌های پتروشیمی که دارای تجهیزات و پیچیدگی‌های زیادی هستند را توسط تعداد کمی کاربر و به‌طور خودکار، کنترل نمود. کنترل خودکار متغیرهای فرایندی، علاوه بر نگهداشتن فرایند در شرایط مطلوب، باعث دستیابی به ایمنی بیشتر و نیز رعایت بهتر قوانین زیست‌محیطی می‌شود. بدین معنی که با استفاده از این روش سرعت و دقت بسیاری از تصمیمات و در نتیجه اقدامات پیشگیرانه افزایش می‌یابد و به علاوه مدیریت بحران بهتری در این گونه موارد پدید می‌آید.

مثال: با فرض خراب بودن شناور کولر آبی، چگونه می‌توان به‌صورت کنترل دستی از کولر به بهترین صورت استفاده نمود؟ آیا امکان پذیر است؟

وظیفهٔ شناور در کولر، ثابت نگه داشتن ارتفاع سطح آب در حدی است که هیچگاه پمپ کولر بدون آب کار نکند و پوشال‌های کولر نیز خشک نمانند. حال اگر شناور خراب باشد لازم است یک نفر مدام کنار کولر باشد که هنگام کار کردن کولر و کاهش ارتفاع سطح آب، آب مورد نیاز کولر را اضافه نماید. همانطور که مشخص است این کار عملی نیست. لذا در این مثال ساده کنترل سطح آب توسط انسان تقریباً انجام شدنی نیست لذا می‌بایست از سامانه‌های کنترل غیردستی استفاده نمود. البته سامانهٔ کنترل سطح آب در کولر آبی به‌صورت خودکار به آن معنا که از کامپیوتر استفاده شود، نیست ولی به هرحال از نوعی سامانهٔ کنترل خودکار برای کنترل سطح استفاده می‌شود.

اجزای سامانه‌های کنترلی

فرایند یا کنترل شونده: دستگاه یا فرایندی که قرار است یکی از کمیّت‌های آن مورد بررسی یا کنترل قرار گیرد.

سامانهٔ اندازه‌گیری: دستگاهی که برای اندازه‌گیری کمیّت‌هایی از قبیل دما، فشار، سطح و دبی به‌کار می‌رود.

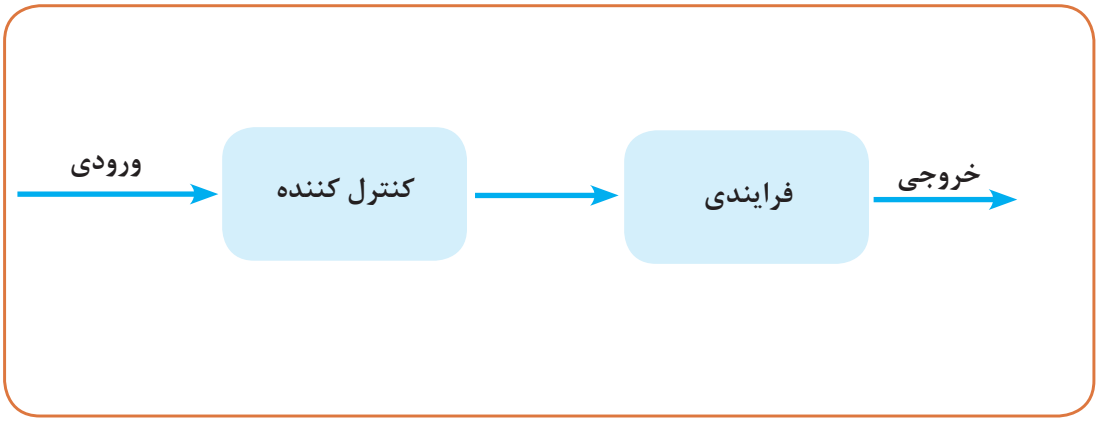
مقدار مطلوب (SPor SV)[3] یا ورودی: مقدار مشخص برای کمیّتی که قرار است کنترل شود.

۱ـ Users

۲ـ Manual

۳ـ Set Point - Set Value

مقدار فرایند[1] (PV) یا خروجی: مقدار واقعی کمیّتی که در حال کنترل می‌باشد.
کنترل کننده[2]: دستگاهی که مقایسهٔ بین مقدار مطلوب و واقعی را انجام داده و دستور تنظیم و تصحیح کنترل‌شونده را صادر می‌کند.
محرک[3]: محرک معمولاً شیری است که دستور کنترل‌کننده توسط آن انجام می‌شود و به آن شیر کنترل می‌گویند.
بازخورد[4]: نتیجه و مقدار اندازه‌گیری توسط سامانهٔ اندازه‌گیری
انتقال دهنده (ترنسمیتر)[5]: دستگاهی که بتواند یک کمیّت فیزیکی (دما، فشار، دبی، سطح، وزن و سرعت) را اندازه‌گیری و آن را به موج الکتریکی تبدیل کرده و به مکانی دورتر (اتاق فرمان، کنترل‌کننده) انتقال دهد.
سامانه‌های کنترلی معمولاً به‌صورت سامانه‌های کنترلی مدار باز[6] و مدار بسته[7] تقسیم‌بندی می‌شوند. در سامانه‌های کنترلی مدار باز (شکل ۴۵)، مقدار خروجی، تأثیری بر عملکرد کنترل و دستورات صادر شده از کنترل‌کننده ندارد. در این نوع کنترل هیچ بازخوردی وجود ندارد و خروجی هیچ تأثیری بر ورودی ندارد و به هیچ وجه با هم مقایسه نمی‌شوند و هرکدام به حال خود رها می‌شود. در این سامانه، ورودی به دقت تنظیم می‌گردد و فقط در جاهایی کاربرد دارد که دقت بالایی لازم نیست.

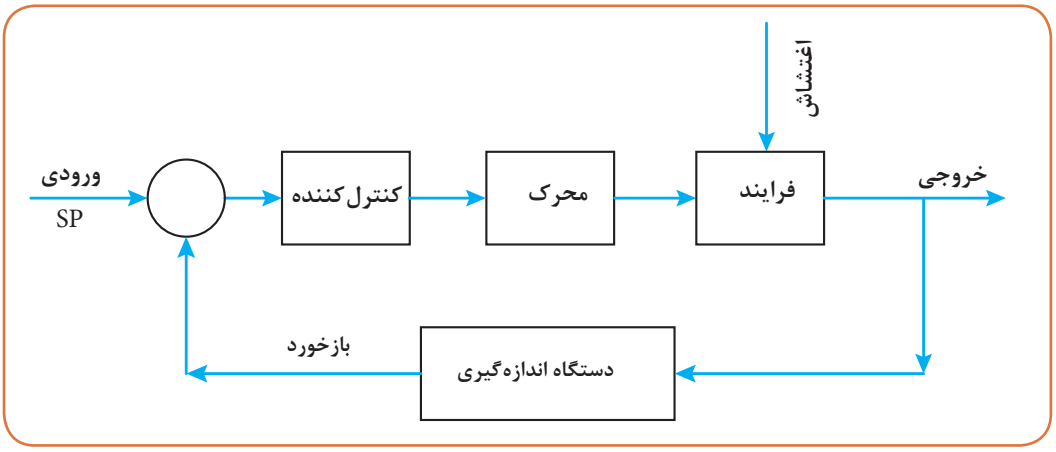


شکل ۴۵ــ سامانه کنترلی مدار باز

به‌عنوان نمونه ماشین لباسشویی نمونه‌ای از سامانه کنترلی مدار باز است. در ماشین لباسشویی لباس‌ها بر اساس زمانی که به ماشین داده می‌شود، شسته می‌شوند و ماشین لباسشویی در زمان مشخص که توسط کاربر مشخص شده است خاموش می‌شود. بنابراین در این سامانهٔ کنترل:

۱ـ Process variable
۲ـ Controller
۳ـ Actuator
۴ـ Feedback
۵ـ Transmitter
۶ـ Open- Loop
۷ـ Closed- Loop

فرایند: ماشین لباسشویی
کنترل‌شونده: مدت زمان کارکرد ماشین لباسشویی
باز خورد: میزان تمیزی لباس پس از شست‌وشو
همان‌طور که مشخص است در این مثال ماشین نمی‌فهمد که چه زمانی لباس‌ها به‌خوبی شسته شده‌اند تا دستور دهد ماشین خاموش شود، لذا آن‌قدر کار می‌کند تا به مدت زمانی که تنظیم شده است برسد و خاموش شود. حال اگر لباس‌ها خوب شسته نشده بودند، باید مدت زمان را بیشتر کرد. بنابراین ماشین فقط بر اساس دستور داده شده کار می‌کند و به میزان تمیزی بعد از شستشو کاری ندارد، لذا این نوع کنترل را کنترل باز می‌نامند.
در سامانهٔ کنترلی مدار بسته، خروجی اثر مستقیم بر ورودی می‌گذارد و باز خورد وجود دارد که کنترل‌کننده با توجه به میزان بازخورد، دستور را جهت اصلاح فرایند صادر می‌کند (شکل ۴۶).



شکل ۴۶ـ سامانه کنترلی مدار بسته

پرسش

عملکرد یخچال چه نوع سامانهٔ کنترلی است؟ توضیح دهید.

فیلم‌های شمارهٔ ۷، ۸ و ۹: کنترل فرایند

مثال ۴: در منازل در هنگام زمستان معمولاً برای گرمایش از فن‌کوئل و یا بخاری گازی استفاده می‌شود. چگونگی کنترل در این دو دستگاه را توضیح دهید.
پاسخ: متغیرهای کنترلی در این مثال عبارت‌اند از:
کنترل شونده: دمای اتاق
دستگاه اندازه‌گیری: ترموکوپل
بازخورد: دمای اندازه‌گیری شدهٔ اتاق
ورودی: دمای تنظیمی یا دستور داده شده

کنترل‌کننده: ترموستات

خروجی: دمای اتاق

در هنگام استفاده از بخاری گازی، فقط بخاری را روشن کرده و منتظر گرم شدن خانه می‌شویم. حال اگر بخاری چند ساعت روشن بود و دمای اتاق خیلی بالا رفت چون هیچ دستگاه اندازه‌گیری و هیچ بازخوردی وجود ندارد و در ادامه هیچ کنترلی وجود ندارد، بنابراین هرچه اتاق گرم‌تر شود، باز هم بخاری روشن خواهد ماند. در سامانهٔ استفاده از بخاری گازی دستگاه اندازه‌گیری و کنترل‌کننده وجود ندارد، بنابراین بخاری گازی یک سامانهٔ کنترل مدار باز می‌باشد.

شکل ۴۷ــ ترموستات فن کوئل

در هنگام استفاده از فن‌کوئل، هم دستگاه اندازه‌گیری (ترموکوپل) و هم کنترل‌کننده (ترموستات) وجود دارد. در ابتدای کار با فن‌کوئل همیشه در زمستان دمای مشخصی را توسط ترموستات (شکل ۴۷) انتخاب می‌کنیم که این دما، همان دمای دستوری یا دمای تنظیمی (SP ـ SV) می‌باشد.

وقتی فن‌کوئل روشن می‌شود، پس از مدتی دمای محیط اتاق بالا می‌رود لذا سامانهٔ اندازه‌گیری که همان ترموکوپل است دمای واقعی (PV) را اندازه‌گیری می‌کند و با دمای تنظیم شده توسط کنترل‌کننده مقایسه می‌گردد. حال اگر دمای اتاق کمتر از دمای تنظیمی بود، کنترل‌کننده دستور می‌دهد که فن همچنان روشن بماند و اگر دمای اتاق برابر با دمای تنظیمی بود، کنترل کننده دستور خاموش می‌دهد و فن خاموش می‌شود. البته احتمال دارد به‌طور اشتباه پنجرهٔ اتاق باز شود که این اتفاق، پیش‌بینی شده نبوده و باعث می‌شود دمای محیط اتاق تغییر یابد و اغتشاشی در عملیات کنترل به‌وجود آید. لذا در این حالت ترموکوپل دمای واقعی اتاق را حس کرده و بازخورد آن به ترموستات یا همان کنترل‌کننده منتقل می‌گردد و کنترل‌کننده دستور می‌دهد که فن دوباره روشن شود و فن آن‌قدر روشن می‌ماند تا دمای آن به دمای تنظیمی برسد و دمای خروجی همان دمای تنظیمی گردد. بنابراین سامانهٔ کنترل دمای اتاق به‌صورت مدار بسته می‌باشد.

کنترل دما

همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد، دو سامانهٔ کنترل مدار باز و مدار بسته وجود دارد که معمولاً در صنعت همواره از سامانهٔ کنترل مدار بسته استفاده می‌گردد و ترموستات به‌عنوان کنترل‌کننده در عملیات کنترل دما بسیار رایج می‌باشد.

بیشتربدانید

عملکرد دو نوع ترموستات رایج در کنترل دما

■ ترموستات الکترومکانیکی: این نوع ترموستات با استفاده از فرمان حسگر حرارتی توسط تعداد زیادی رابط مکانیکی به میکروسوئیچ، سبب قطع و وصل مدار الکتریکی می‌شود. محصول این نوع فناوری دارای عمری طولانی است. ترموستات الکترومکانیکی دو نوع حسگر دما دارد. در یک نوع آن حسگر براساس اصل انبساط مایع عمل می‌کند. این سامانهٔ حرارتی با نام ترموستات مویین نیز شناخته شده است و دارای حسگر، لوله مویین و دیافراگم می‌باشد. هنگامی که دمای حسگر بالا می‌رود، مایع از طریق لولهٔ مویین به داخل دیافراگم رفته و باعث انبساط می‌شود. به وسیلهٔ این انبساط، کلید فنری به کار می‌افتد که می‌تواند مدار را باز کند یا ببندد. در نوع دیگر، که حسگر توسط انبساط فلز کار می‌کند و ترموستات دو فلزی نامیده می‌شود، مستقیماً با انبساط فلز، کلید فنری فعال می‌شود.

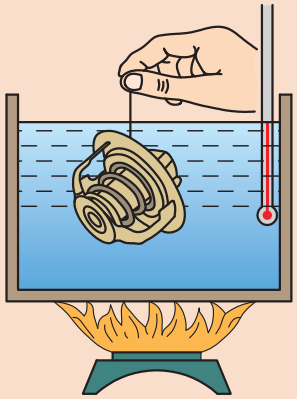
■ ترموستات الکترونیکی: این نوع ترموستات فرمان دریافت شده از حسگر دمایی را توسط جریان الکترونیکی منتقل کرده و سبب قطع و وصل جریان الکتریکی می‌گردد.

فعالیت‌عملی

فعالیت عملی ۹: عملکرد یک ترموستات

وسایل مورد نیاز:

ـ ترموستات
ـ دماسنج
ـ بشر
ـ گیره
ـ گرمکن الکتریکی



شکل ۴۸ـ طرح ساده‌ای از فعالیت عملی عملکرد یک ترموستات

روش کار:

■ درون بشر تا نیمه آب بریزید.
■ دماسنج را توسط گیره درون بشر قرار دهید.
■ بشر را به‌همراه دماسنج روی گرمکن قرار دهید.
■ گرمکن را روشن کنید و دمای آن را ۸۰ درجهٔ سلسیوس قرار دهید.
■ ترموستات را با یک گیره درون آب قرار دهید.
■ با گرم شدن آب درون بشر چگونگی عملکرد ترموستات را مشاهده و بحث نمایید.
■ گرمکن را خاموش کنید و کمی آب درون بشر بریزید.
■ با خنک شدن آب درون بشر چگونگی عملکرد ترموستات را مشاهده و بحث نمایید.

شکل ۴۹ـ نمای واقعی از فعالیت عملکرد یک ترموستات

پرسش

کاربردهای ترموستات را در صنایع شیمیایی نام ببرید.

مثال ۵: عملکرد یک مخزن همزن‌دار مجهز به سامانهٔ حرارتی با استفاده از سامانهٔ کنترل مدار بسته چگونه است؟

پاسخ: عملکرد دمای این مخزن را می‌توان با استفاده از یک ترموستات کنترل نمود. چنانچه یک مشعل محتویات درون مخزن را گرم کند و دمای داخل مخزن نیز توسط یک همزن یکنواخت گردد، می‌توان کنترل دما را بر روی این سامانه اعمال نمود (شکل ۵۰).

سامانهٔ کنترل دمای مخزن یک سامانهٔ مدار بسته می‌باشد و متغیرهای آن عبارت‌اند از:

کنترل‌کننده: ترموستات

کنترل‌شونده: دمای مخزن

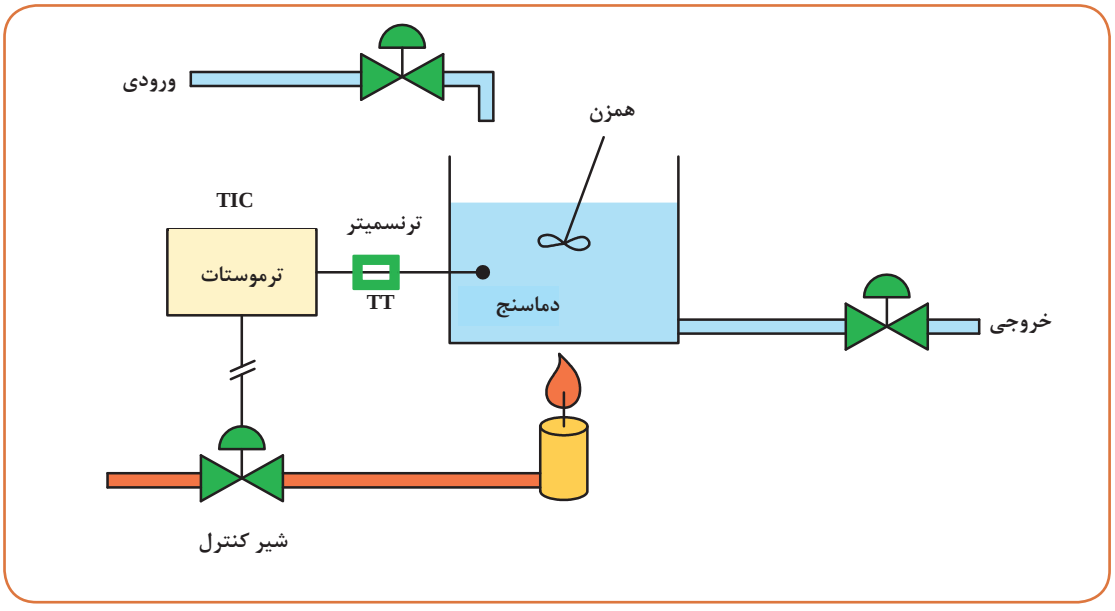
سامانهٔ اندازه‌گیری: ترموکوپل

بازخورد: دمای مخزن

دمای تنظیمی (ورودی) SP: دمای تنظیم شده توسط ترموستات

محرک: شیر کنترل

توسط ترموستات دمای مشخصی را برای محتویات داخل مخزن به‌عنوان ورودی انتخاب و تنظیم می‌کنیم. در ابتدا شیر کنترل باز است و سامانهٔ انتقال سوخت به مشعل برقرار می‌باشد لذا، مخزن گرم می‌شود و مدام در هر لحظه دمای واقعی محتویات مخزن توسط ترموکوپل اندازه‌گیری شده و بازخورد آن به‌صورت موج



شکل ۵۰ـ سامانهٔ کنترل دمای مخزن

الکتریکی توسط ترنسمیتر (TT) به کنترل‌کننده (TIC)[1] فرستاده می‌شود. کنترل‌کننده دمای تنظیمی یا دستوری را با دمای واقعی اندازه‌گیری شده با ترموکوپل مقایسه می‌کند. به این ترتیب که اگر دمای محتویات مخزن کمتر از دمای مورد نیاز بود به ترموستات اطلاع داده می‌شود و ترموستات یا همان کنترل‌کننده دستور بیشتر باز شدن شیر کنترل را می‌دهد، لذا شیر بیشتر باز شده و در ادامه سوخت بیشتری وارد مشعل شده و احتراق بیشتری صورت می‌گیرد و دمای شعله بالاتر رفته و دمای مخزن نیز بالاتر خواهد رفت. اما اگر دما از حد موردنظر بیشتر شد، عکس عملیات بالا اتفاق می‌افتد و میزان سوخت ورودی به مشعل کم شده و دمای مخزن نیز کاهش می‌یابد.

البته شرایط بالا درحالی برقرار است که شرایط محیط ثابت بمانند، به‌عنوان نمونه اگر دمای محیط و مخزنی که در آن واقع شده تغییر کند، این تغییر به‌عنوان یک اغتشاش تلقی شده و تغییراتی در سامانهٔ کنترل ایجاد خواهد شد، یعنی در این حالت شیر کنترل بیشتر باز شده تا دمای مخزن را به همان دمای موردنیاز و دلخواه برساند. پس چون سامانهٔ کنترل مدار بسته وجود دارد علاوه بر تنظیم دمای مخزن، شرایط را هم به گونه‌ای تغییر می‌دهد که با هرگونه اغتشاش مقابله کند. اگر این مخزن قرار بود به‌صورت کنترل مدار باز عمل کند، باید با استفاده از متغیرهای فرایند (میزان محتویات داخل مخزن، دمای هوای محیط، اندازهٔ مخزن، خواص سوخت و غیره) و انجام محاسبات انتقال حرارت، میزان باز بودن شیر کنترل را تعیین نمود و به همان اندازه، شیر را باز کرد و مشاهده کرد که دمای مخزن چه مقدار خواهد شد. البته در این حالت اگر اغتشاش و تغییر ناخواسته‌ای رخ بدهد، لازم است تمامی محاسبات را دوباره انجام داد و دوباره میزان باز بودن شیر را محاسبه نمود. بدیهی است این روش هم خیلی مشکل و هم از دقت کمتری برخوردار خواهد بود.

بیشتربدانید

کنترل چند متغیر به طور هم‌زمان

در مثال بالا علاوه بر ثابت ماندن شرایط محیط، می‌بایست ارتفاع مایع داخل مخزن هم ثابت باشد. در غیر این‌صورت مدام باید با میزان باز بودن شیر کنترل تغییر کند.

البته ارتفاع مایع داخل مخزن تابع مقدار جریان ورودی و خروجی است، اگر جریان خروجی ثابت باشد، هرچه میزان جریان ورودی افزایش یابد، ارتفاع سطح مایع در مخزن بیشتر می‌شود. بدین‌منظور در پروژه‌های صنعتی علاوه بر کنترل دما لازم است ارتفاع سطح مایع نیز کنترل گردد. یعنی دو متغیر (دمای مخزن، ارتفاع سطح مایع) هم‌زمان با هم کنترل شوند. این کار بحث مهندسی کنترل را سخت‌تر و پیچیده‌تر می‌کند. البته در فرایندهای صنعتی چندین متغیر به‌صورت هم‌زمان کنترل می‌شوند که معمولاً به این نوع کنترل، کنترل هم‌زمان چند متغیر[2] می‌گویند.

تحقیق کنید

۱ـ چگونه دمای بدن انسان کنترل می‌شود؟

۲ـ سامانهٔ اندازه‌گیری و کنترل دمای آب موتور در اتومبیل چگونه است؟

۱- Temperature Indicator Controller

۲- Cascade

پرسش

مزایای کنترل فرایند در صنایع شیمیایی چیست؟

بیشتربدانید

شیر کنترل

شکل ۵۱ ـ شیر کنترل

شیر کنترل در شکل ۵۱، گونه‌ای از شیرهای صنعتی می‌باشد که در سامانه‌های کنترلی فرایند به کار می‌روند. این نوع از شیرها با فرمان گرفتن از کنترل‌کننده، باز یا بسته می‌شوند، در نتیجه دخالت مستقیم انسان در آن وجود ندارد. این نوع شیرها برای کنترل فشار، دما، دبی و یا ارتفاع مایعات به‌کار می‌رود. نیروی مورد نیاز برای باز و بسته کردن این شیرها، به‌صورت الکتریکی، هیدرولیکی و یا پنوماتیکی است. همچنین این شیرها به‌طور معمول با ورودی سیگنال ۴ تا ۲۰ میلی‌آمپر عمل می‌کنند.

شیر کنترل نقش مهم و اساسی در یک فرایند صنعتی ایفا می‌نماید و قسمت زیادی از هزینه‌های خرید قطعات و دستگاه‌ها در صنایع، مربوط به شیر کنترل و سامانه‌های جانبی آن می‌باشد.

فعالیت عملی

فعالیت عملی ۱۰: کنترل دمای آب مخزن

وسایل مورد نیاز:

ـ مخزن مجهز به گرم‌کن الکتریکی
ـ ترموستات
ـ دماسنج
ـ زمان‌سنج

روش کار:

- تجهیزاتی همانند شکل ۵۰ را آماده کنید.
- درون مخزن مجهز به گرم‌کن الکتریکی، آب بریزید.
- ترموستات را روی ۵۰ درجهٔ سلسیوس تنظیم کنید.
- دماسنج را درون مخزن قرار دهید.
- گرم‌کن را روشن کنید.

الف) دمای اولیهٔ آب موجود در مخزن چند درجهٔ سلسیوس است؟
ب) چه مدت طول می‌کشد تا دمای مخزن به ۵۰ درجهٔ سلسیوس برسد؟
ج) شیوهٔ کنترل دمای آب مخزن را شرح دهید.

ارزشیابی شایستگی اندازه‌گیری ثبت و کنترل دما

شرح کار:

چگونگی استفاده از تجهیزات کارگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد.
هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند.
پس از انجام کار وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.

استاندارد عملکرد:

به‌کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری دما و کنترل آن مطابق دستورکار

شاخص‌ها:

ـ رعایت مسایل ایمنی هنگام کار
ـ انجام کار طبق دستورکار

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط مکان: کارگاه
شرایط دستگاه: آماده به کار
زمان: یک جلسهٔ آموزشی
ابزار و تجهیزات: شیشهٔ کوچک با درب چوب پنبه‌ای، لولهٔ شیشه‌ای، چسب، کاغذ میلی‌متری، انواع دماسنج، دو قطعه سیم مسی، یک قطعه سیم آهنی و سیم‌های مختلف ترموکوپل، ولت‌متر، ارلن، استارت لامپ مهتابی، باطری قلمی، لامپ سه ولتی، انواع سیم رابط، ترموستات، گیره، گرمکن الکتریکی، زمان‌سنج

معیار شایستگی:

ردیف	مرحلهٔ کار	کمترین نمرهٔ قبولی از ۳	نمرهٔ 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: **۱ـ ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی** **۲ـ نگرش: صرفه جویی در مواد مصرفی** **۳ـ توجهات زیست‌محیطی: جلوگیری از صدمه‌زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش** **۴ـ شایستگی‌های غیرفنی: الف) اخلاق حرفه‌ای ب) مدیریت منابع پ) محاسبه و کاربست ریاضی** **۵ـ مستندسازی: گزارش نویسی**	۲	
	میانگین نمرات		*

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