

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 کمیت دقیق‌تر باشد، خطرات در محیط صنعتی کمتر خواهد بود. در برخی از فرایندهای شیمیایی دما، تنها نشان‌دهنده 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 به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دما، دستگاه‌های اندازه‌گیری دما، کالیبراسیون دماسنج و کنترل دما تشریح خواهد شد.

استاندارد عملکرد

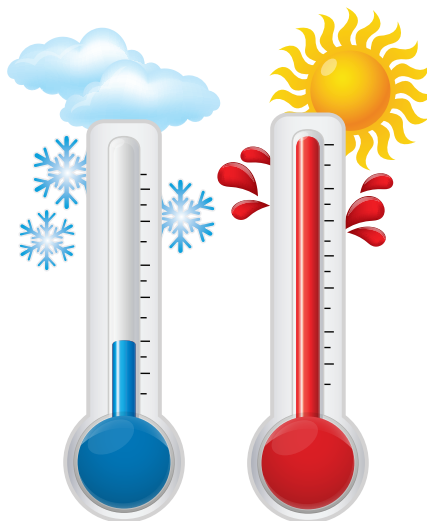
به کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری دما و کنترل آن مطابق دستورالعمل
شایستگی‌های غیر فنی مورد انتظار این پودمان عبارت‌اند از:

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: گزارش نویسی فعالیت‌های کارگاهی
- ۵ محاسبه و کاربرست 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 روش‌های اندازه‌گیری دما را انجام دهند.
- ۳ کالیبراسیون دماسنج را انجام دهند.
- ۴ دما را کنترل نمایند.



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 ببرید. پس از مدتی هر دو دست را از ظرف‌ها بیرون آورده و سپس در آب معمولی وارد کنید. احساس شما چیست؟

آزمایش



شکل ۱- 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 همراه‌کننده 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 کمیتی 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 کمیت‌ها در صنایع شیمیایی است.

تحقیق کنید



در فرهنگ لغات فارسی کلمه دما به چه معنی می‌باشد؟

دمای محیط کار، زندگی و دمای اجسامی که روزانه با آنها سروکار دارید، معمولاً تأثیر زیادی روی نحوه 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 ۲- وسایل گرمایشی و سرمایشی معمولی

ایجاد یک دمای معین و حفظ آن در فناوری، صنعت و همین‌طور در پژوهش‌های علمی، اهمیت فراوان دارد.

دما

معیار سنجش گرمی و سردی اجسام را دما می‌نامند. بنابراین دما یک کمیت فیزیکی است که درباره 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 بخش، آیا برای اندازه‌گیری دما می‌توان از حس لامسه استفاده نمود؟ چرا؟



یکاهای دما

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

سامانه بین‌المللی^۱

■ **درجه 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. فاصله بین این دو عدد به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم شده است، هر قسمت را به افتخار آندره سلسیوس^۲ یک درجه سلسیوس می‌نامند و با نماد «°C» نشان می‌دهند.

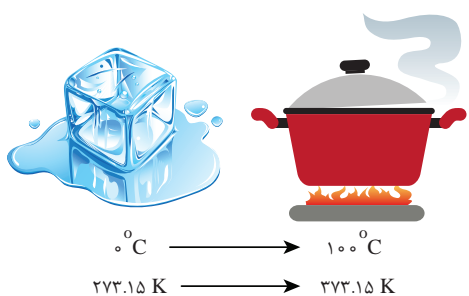


آندره سلسیوس (Celsius) منجم سوئدی در ۲۷ نوامبر ۱۷۰۱ میلادی به دنیا آمد و در ۲۵ آوریل ۱۷۴۴ میلادی درگذشت. او بنیان‌گذار رصدخانه آپسالا (Uppsala) بود و در سال ۱۷۴۲ میلادی مقیاس دمای مشهور سلسیوس را پیشنهاد داد.

بیشتر بدانید



■ **درجه کلونین:** هنگامی که یک جسم سرد می‌شود، جنبش اتم‌ها و مولکول‌های آن کند می‌گردد. به عنوان مثال هنگام سرد شدن آب (مایع)، جنبش مولکول کند شده و اگر سرد شدن خیلی ادامه یابد مولکول‌های آب بی حرکت شده و آب به صورت 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 کلونین^۳ مشهور است نام‌گذاری شده است و با نماد (K) نشان داده می‌شود. صفر مطلق در مقیاس کلونین معادل دمای ۲۷۳/۱۵- درجه سلسیوس است. مطابق مباحث تئوری، در صفر مطلق هیچ جنبشی، در هیچ یک 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 به طور نسبی دو مقیاس نقطه ذوب و جوش آب در نظر گرفته شده است (شکل ۳). لذا مقیاس دمایی سلسیوس را مقیاس دمایی نسبی و مقیاس دمایی کلونین، که در آن صفر مطلق مطرح است را، مقیاس دمایی مطلق می‌نامند.

شکل ۳- دو مقیاس دمایی در سامانه بین‌المللی (SI)

رابطه بین درجه سلسیوس و کلونین مطابق رابطه ۱ می‌باشد:

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15 \quad (1)$$

۱- SI (System International)

۲- Celsius

۳- Lord Kelvin



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

مثال ۱- دمای ذوب یخ و جوش آب خالص در فشار اتمسفریک ۰ و ۱۰۰ درجه سلسیوس است. این دو دما را بر حسب کلونین محاسبه نمایید.
پاسخ: با توجه به رابطه شماره ۱:

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

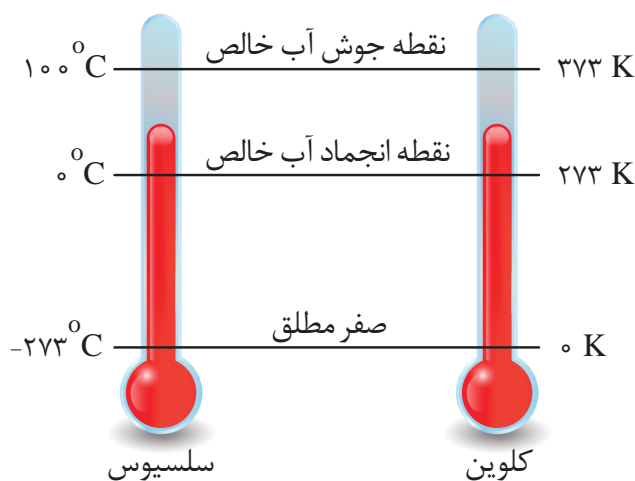
$$T(K) = 0 (^{\circ}C) + 273 = 273 \text{ K}$$

$$T(K) = 100 (^{\circ}C) + 273 = 373 \text{ K}$$

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

جدول ۱- برخی دماهای رایج

ردیف	عنوان	دما ($^{\circ}C$)
۱	نقطه جوش هیدروژن مایع	-۲۵۲/۹
۲	نقطه جوش اکسیژن مایع	-۱۸۳
۳	نقطه ذوب الکل (اتانول)	-۱۱۴/۱
۴	نقطه ذوب جیوه	-۳۸/۸۳
۵	نقطه ذوب یخ	۰
۶	دمای بدن انسان سالم	۳۷
۷	نقطه جوش الکل (اتانول)	۷۸/۳۷
۸	نقطه جوش آب	۱۰۰
۹	نقطه جوش جیوه	۳۵۶/۷
۱۰	نقطه ذوب طلا	۱۰۶۴
۱۱	نقطه جوش طلا	۲۷۰۰
۱۲	دمای سطح خورشید	۳۷۰۰ - ۶۲۰۰



همان‌طور که بیان شد در اندازه‌گیری دما با مقیاس سلسیوس از نقطه ذوب یخ و جوش آب خالص در فشار اتمسفریک استفاده می‌شود.

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؟

سامانه انگلیسی^۱

■ **درجه فارنهایت:** فارنهایت واحد اندازه گیری دمای نسبی در سامانه انگلیسی است و به افتخار مبتکر آن گابریل دانیل فارنهایت^۲ در سال ۱۷۱۴ میلادی نام گذاری شده است. اگرچه درجه فارنهایت در گذشته واحد اندازه گیری رایج دما بوده، اما در حال حاضر کاربرد آن محدودتر شده و فقط در برخی کشورها استفاده می شود. در مقیاس فارنهایت، دمای ذوب یخ دقیقاً برابر با ۳۲ و دمای جوش آب ۲۱۲ درجه در نظر گرفته شد. فاصله میان این دو دما به ۱۸۰ واحد مساوی تقسیم گردید و هر واحد معادل یک درجه فارنهایت معرفی شد.

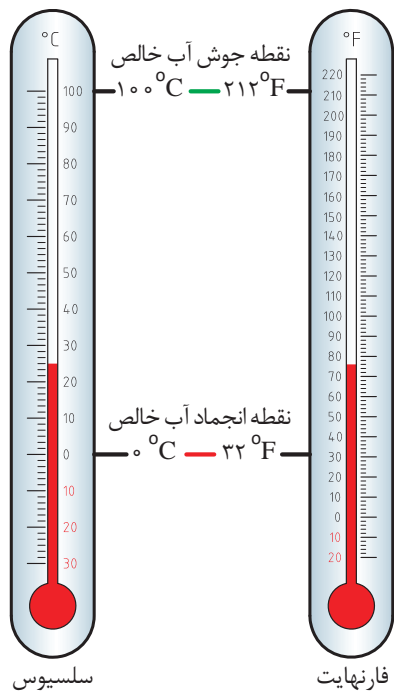
بیشتر بدانید



گابریل فارنهایت دانشمند آلمانی (۱۶۸۶ - ۱۳۷۶)



رابطه بین درجه سلسیوس و فارنهایت مطابق معادله بوده و در شکل ۵ نشان داده شده است.



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

شکل ۵- مقایسه دماهای سلسیوس و فارنهایت

۱- FPS (Foot-Pound-Second)

۲- Daniel Gabriele Fahrenheit

مثال ۲- دمای جریان ورودی به رآکتور تبدیل کاتالیزگری پالایشگاه نفت می‌بایست حداقل ۴۸۰ درجه سلسیوس باشد. نفتا به‌عنوان خوراک این رآکتور ابتدا از یک کوره عبور کرده و دمای آن به ۶۶۲ درجه فارنهایت می‌رسد. آیا می‌توان از این جریان به‌عنوان خوراک این واحد استفاده نمود؟
پاسخ: در ابتدا باید با توجه به رابطه شماره ۲، دمای نفتای خروجی از کوره را برحسب سلسیوس تعیین نمود.

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

$$T(^{\circ}C) = \frac{T(^{\circ}F) - 32}{1.8} \rightarrow T(^{\circ}C) = \frac{662 - 32}{1.8} = 350 (^{\circ}C)$$

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

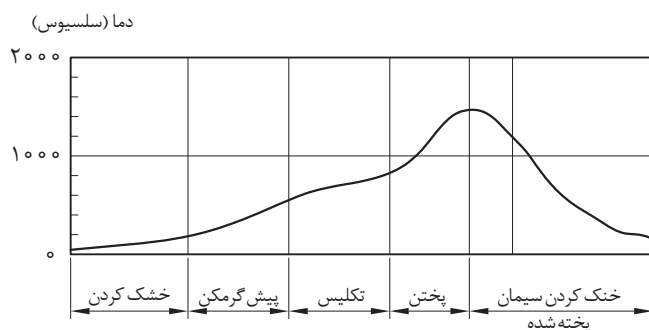
پرسش



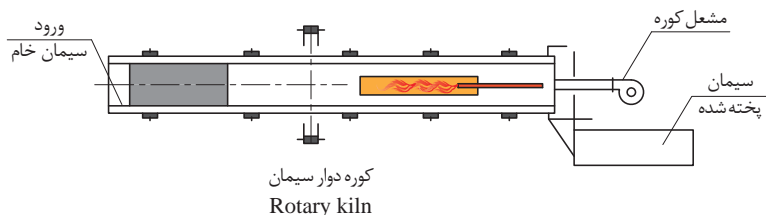
با توجه به شکل و جدول ارائه شده به سؤالات زیر پاسخ دهید:
 الف) دماسنج داده شده در شکل ۶ بر اساس چه مقیاس‌هایی درجه‌بندی شده است؟
 ب) جدول زیر را با این دماسنج به‌طور تقریبی کامل کنید.

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

شکل ۶- مقایسه دماهای سلسیوس و فارنهایت



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



شکل ۷- مراحل تولید سیمان

پودمان دوم – اندازه گیری، ثبت و کنترل دما

خنک شدن	پختن	تکلیس	پیش گرم کن	خشک کردن	مراحل تهیه سیمان
۱۵۰	۱۴۰۰	۹۰۰	۵۰۰	۲۰۰	دما (درجه سلسیوس)

پاسخ: با توجه به روابط ۱ و ۲:

$$T(K) = T(^{\circ}C) + ۲۷۳$$

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

– دمای کوره برحسب کلوین:

– دمای کوره برحسب فارنهایت:

خواهیم داشت:

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

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

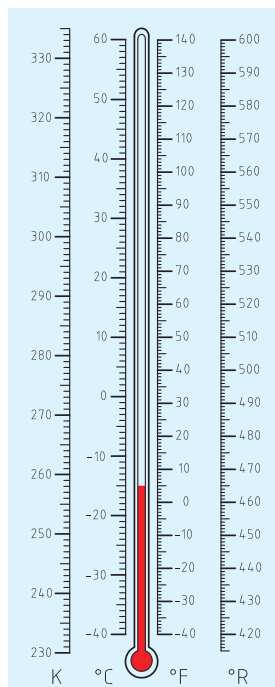
پرسش



■ درجه رانکین^۱

درجه رانکین مقیاسی مطلق در سامانه FPS برای اندازه گیری دما می باشد که به افتخار کاشف آن، مهندس فیزیکدان اسکاتلندی ویلیام جان ماگورن رانکین، به این عنوان خوانده شده و با نماد $^{\circ}R$ نشان داده می شود. در مقیاس رانکین درجه صفر، همان صفر مطلق می باشد ولی در تقسیم بندی درجات از مقیاس درجه فارنهایت استفاده می شود یعنی صفر درجه رانکین برابر با $-۴۵۹/۶۷$ درجه فارنهایت می باشد. درجه رانکین مطابق رابطه ۳ با درجه فارنهایت ارتباط دارد.

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



شکل ۸- مقایسه دماهای سلسیوس، فارنهایت، کلوین و رانکین



برای سادگی محاسبات در تبدیل دمای فارنهایت به رانکین از عدد ثابت ۴۶۰ استفاده می‌گردد. در شکل ۸ مقایسه دماهای سلسیوس، فارنهایت، کلونین و رانکین نشان داده شده است.



۱- دمای خشک شدن رنگ بر پایه رزین اکریلیک، ۵۳۷ درجه رانکین می‌باشد. دمای خشک شدن رنگ را بر حسب سلسیوس، فارنهایت و کلونین به دست آورید.

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

مطلوب است:

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

۳- لاستیک کلروپرن به عنوان لاستیک مصنوعی برای اولین بار توسط شرکت آمریکایی دوپانت ۱ در سال ۱۹۳۱ تولید گردید. این لاستیک به روش پلیمریزاسیون امولسیون در دمای ۱۰۰ درجه فارنهایت در مجاورت گوگرد تهیه می‌شود. مطلوب است دمای پلیمریزاسیون بر حسب سلسیوس، کلونین و رانکین.

مثال ۴- دمای هوای شهر تهران در تابستان ۳۵ درجه سلسیوس می‌باشد. دمای هوا را بر حسب کلونین، فارنهایت و رانکین محاسبه نمایید.
جواب) بر اساس روابط شماره ۲، ۱ و ۳ خواهیم داشت:

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273 \rightarrow T(K) = 35 + 273 = 308 (K)$$

$$T(^{\circ}F) = T(^{\circ}C) \times 1/8 + 32 \rightarrow T(^{\circ}F) = 35 \times 1/8 + 32 = 95 (^{\circ}F)$$

$$T(^{\circ}R) = T(^{\circ}F) + 460 \rightarrow T(^{\circ}R) = 95 + 460 = 555 (^{\circ}R)$$

بنابراین:

۳۵ درجه سلسیوس معادل است با		
۳۰۸ درجه کلونین	۹۵ درجه فارنهایت	۵۵۵ درجه رانکین

دماسنج^۱

دماسنج وسیله‌ای است که میزان سرما و گرما را نشان می‌دهد، که در انگلیسی به آن ترمومتر می‌گویند. این واژه در زبان یونانی برگرفته از «ترموس» (thermos) به معنی گرما و «متر» (meteron) به معنی اندازه‌گیری می‌باشد.



تاریخچه: گالیله در سال ۱۵۹۲ میلادی نخستین وسیله علمی را برای اندازه‌گیری درجه حرارت 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. وسیله ساخته شده مقیاسی واقعی برای سنجش دما نبود. در واقع این وسیله، بیشتر دما نما بود تا دماسنج.

در سال ۱۶۳۱ میلادی «ری»^۲ 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 فردیناند توسکانی^۳، 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 لینیچی^۴ در ایتالیا نمونه‌ای از دماسنج‌های جدیدی را ساختند که در آن جیوه به کار برده و هوا را تا حدودی از قسمت بالای لوله 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-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 سیلیسیوس 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- Rey

۳- Tuseany

۴- Linchi



فعالیت عملی ۱: ساخت یک دماسنج ساده

وسایل مورد نیاز: - شیشه کوچک با درب چوب پنبه - لوله شیشه‌ای یا نی - چسب یا خمیر بازی - کاغذ میلی‌متری

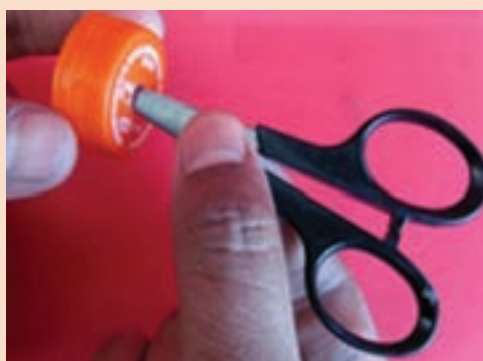
فرض کنید می‌خواهید برای اولین بار در دنیا یک دماسنج بسازید. برای این کار می‌توانید مطابق مراحل کار آن را بسازید و سپس واحدی برای اندازه‌گیری دما تعریف نمایید.



مراحل کار:

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

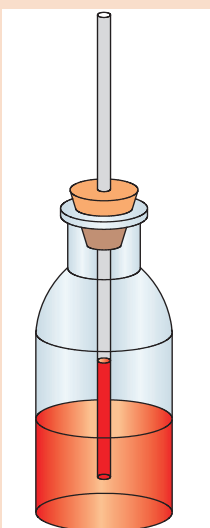
۲ یک سوراخ به اندازه یک لوله شیشه‌ای یا نی دقیقاً در وسط درپوش شیشه به وسیله یک میخ یا قیچی ایجاد نمایید.

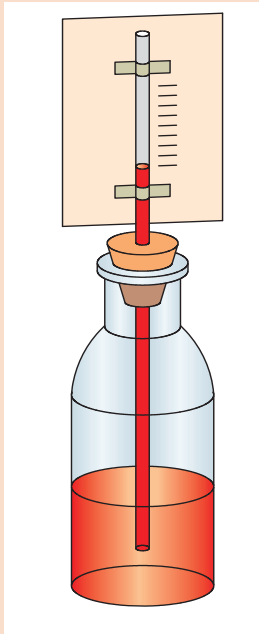


۳ لوله شیشه‌ای را از درون درپوش عبور داده، به گونه‌ای تنظیم کنید که تا انتهای شیشه برسد ولی به کف آن نچسبد.

۴ پس از عبور لوله 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 بر روی سطح آن است، مقداری از نی بالا می‌آید. توجه کنید که بیشتر ارتفاع لوله شیشه‌ای خالی باشد تا فضای کافی جهت افزایش ارتفاع آب با افزایش دما موجود باشد.





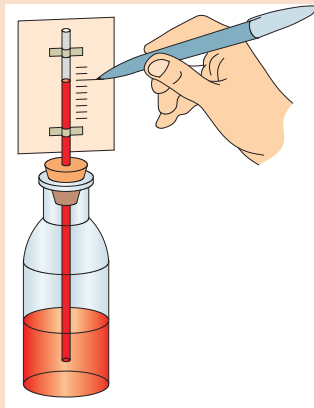
۶ کاغذ میلی متری باریک را همچون پرچمی به لوله شیشه‌ای بچسبانید.

۷ مقداری یخ در ظرفی ریخته و منتظر بمانید که یخ‌ها شروع به ذوب شدن نمایند، به گونه‌ای که درون ظرف مخلوطی از آب و یخ داشته باشید. سپس شیشه 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 درجه 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 مجدد با افزایش مقداری آب رنگی درون شیشه تکرار کنید. ارتفاع آب را در حالت صفر درجه روی کاغذ میلی متری 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 نقطه ۱۰۰ درجه علامت بزنید.

۹ فاصله 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.



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

الف) دماسنج ساخته شده براساس چه مقیاسی دما را اندازه‌گیری می‌کند؟

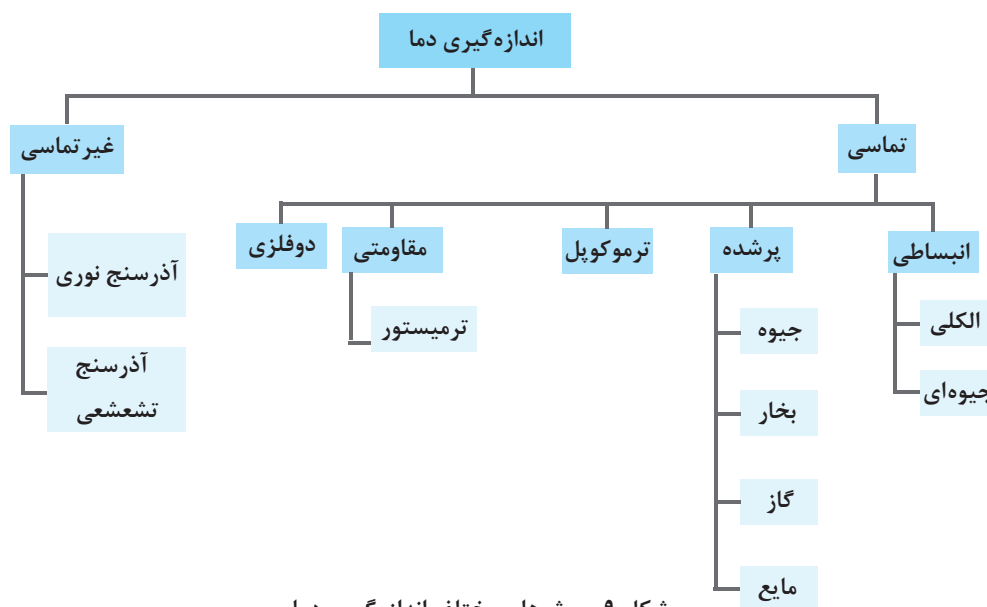
ب) چگونه می‌توان دقت این دماسنج را بالا برد؟

پ) آیا می‌توان از این دماسنج جهت اندازه‌گیری دمای فریزر استفاده کرد؟ چرا؟ برای این منظور چه راه حلی پیشنهاد می‌کنید؟

ت) به کمک این دماسنج، دمای هوا را در ساعات مختلف اندازه‌گیری نمایید. آیا نتایج به‌دست آمده یکسان‌اند؟ آیا اگر فرد دیگری چنین دماسنجی بسازد، دمایی که دماسنج او از یخ در حال ذوب نشان می‌دهد. با دماسنج شما برابر خواهد بود؟

انواع دماسنج

بسیاری از کمیت‌های فیزیکی مانند حجم با دما تغییر می‌کنند. در شکل شماره ۹ روش‌های مختلف اندازه‌گیری دما نشان داده شده است.



شکل ۹- روش‌های مختلف اندازه‌گیری دما

اندازه‌گیری تماسی دما

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

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

نکته

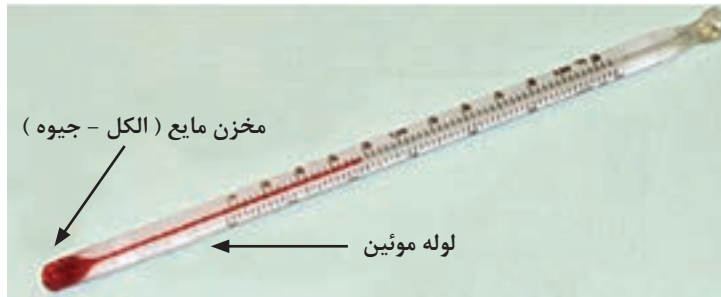


دماسنج‌های انبساطی

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 لوله 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 لوله شیشه‌ای بالا و پایین می‌رود (شکل ۱۰). البته به این دماسنج‌ها، دماسنج ساقه شیشه‌ای نیز گفته می‌شود.

پودمان دوم – اندازه گیری، ثبت و کنترل دما

برای اندازه گیری دمای هر جسمی، مخزن دماسنج را در تماس با آن قرار دهید. مدتی صبر کنید تا ارتفاع مایع در لوله 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 می دهد.



شکل ۱۰- دماسنج های الکلی

هرچه دما بالاتر باشد، ارتفاع مایع درون لوله موئین بیشتر و هرچه دما پایین تر باشد ارتفاع مایع کمتر است.

نکته



فیلم ۲: ساخت دماسنج شیشه ای

پرسش



چرا ضخامت مخزن مایع در دماسنج الکلی، نازک است؟
چرا دماسنج خالی از هوا می باشد؟
با استفاده از جدول شماره ۱ گستره اندازه گیری دما را در دماسنج های جیوه ای و الکلی تعیین کنید.
آیا با استفاده از دماسنج جیوه ای، می توان دمای قطب جنوب که به ۵۰- درجه سلسیوس می رسد را اندازه گیری کرد؟



نکات ایمنی



با توجه به سمی بودن جیوه، در هنگام کار با دماسنج جیوه ای مواظب باشید که دماسنج نشکند. اگر دماسنج شکست، به هیچ وجه جیوه 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 جمع آوری گردد که در این صورت درجه سمیت آن کمتر گردد. در صورت نبود پودر گوگرد بهتر است از دو ورق کاغذ برای جمع آوری آن استفاده کنید. البته در این حالت هم احتمال استنشاق بخارات جیوه وجود دارد.



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

جدول ۲- نقطه جوش و یا نقطه ذوب مواد مختلف

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



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



فعالیت آزمایشگاهی 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.

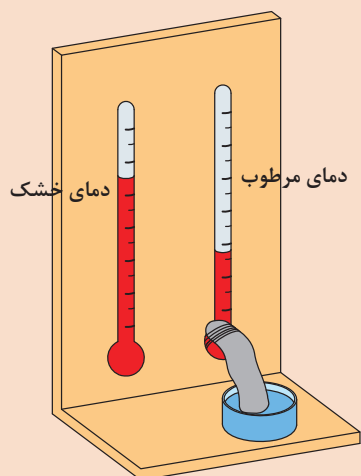
دمای خشک هوا، میزان دمایی است که توسط دماسنجی که در معرض هوا قرار دارد، قرائت می‌شود.
دمای مرطوب هوا نیز یکی از خواص ترمودینامیکی مخلوط هوا و بخار آب است که با تقریب مناسبی توسط یک دماسنج با سطح حسگر خیس که در معرض هوا قرار دارد، اندازه‌گیری می‌شود.

مراحل آزمایش:

- ۱ دو دماسنج جیوه‌ای را مطابق شکل ۱۲ 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.

پودمان دوم – اندازه گیری، ثبت و کنترل دما

فعالیت عملی



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

۶ دمای دماسنجی که با دستمال خیس پوشیده شده را دمای مرطوب و دیگری را دمای خشک نام گذاری کنید.

۷ اختلاف دمای مرطوب و خشک را محاسبه کنید.

۸ با استفاده از دمای خشک، اختلاف دمای محاسبه شده و جدول ۳، رطوبت نسبی هوا را به دست آورید.

شکل ۱۱- آزمایش تعیین رطوبت نسبی هوا

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

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

فعالیت عملی



فعالیت آزمایشگاهی ۳:

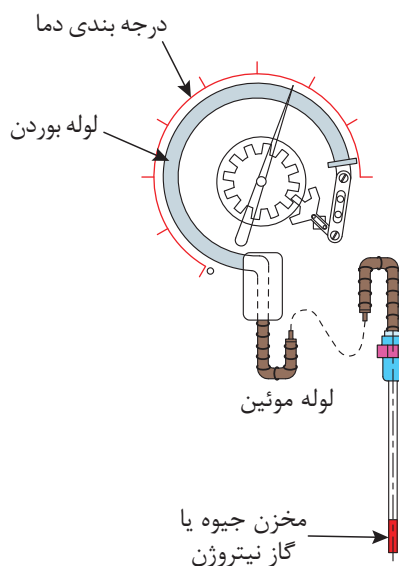
این آزمایش را بدون استفاده از پنکه انجام دهید و رطوبت نسبی هوا را تعیین نمایید.

دماسنج‌های پر شده^۱

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 گستره دمایی که دماسنج در آن به کار می‌رود، دارد. حباب به وسیله یک لوله مسدود (لوله بوردن) نازک که درون آن با یک گاز ایده‌آل مانند نیتروژن پر شده است به یک فشارسنج متصل شده است (شکل‌های ۱۳ و ۱۴).



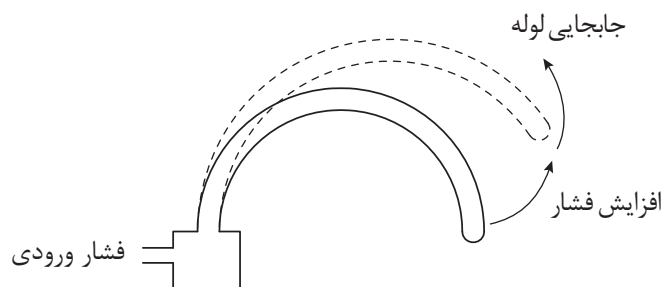
شکل ۱۳- نمای بیرونی دماسنج



شکل ۱۲- نمای درونی دماسنج پر شده

در حقیقت دنباله این دماسنج که گاهی اوقات طول آن چند متر هم خواهد بود از یک لوله موئین تشکیل شده که معمولاً به کمک عایق از محیط اطراف جدا می‌شود و تنها قست 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 لوله بوردن می‌شود. این اثر به پدیده بوردن مشهور است (شکل ۱۴) و عقربه فشارسنج که برحسب دما درجه‌بندی شده تغییر می‌کند و افزایش دما را نشان می‌دهد.

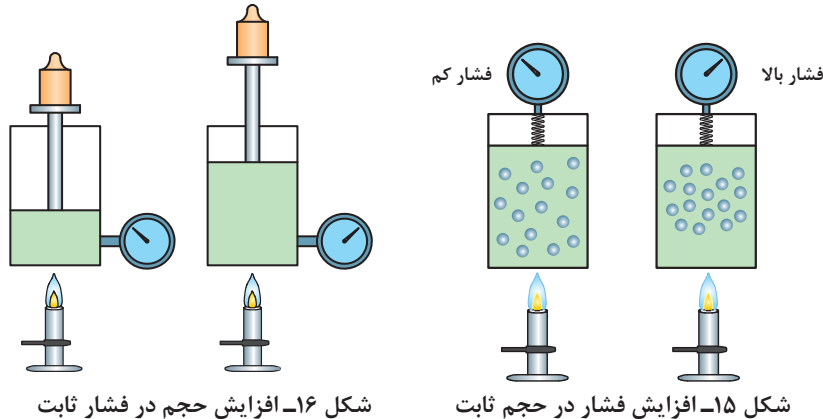


شکل ۱۴- نمایش پدیده بوردن

۱- Filled Type Thermometer



بر اساس قانون شارل-گیلوساک^۱، برای یک گاز آرمانی یا ایده آل در فشار ثابت، افزایش دما باعث افزایش حجم می شود (شکل ۱۵) و برای همان گاز ایده آل در حجم ثابت، افزایش دما باعث افزایش فشار می شود (شکل ۱۶).



دماسنج های پر شده معمولاً برای گستره دماهای متوسط قابل استفاده می باشند. دماسنج های پر شده براساس مواد پرکننده به چهار دسته اصلی تقسیم می شوند:

- سامانه پر شده با مایع؛
- سامانه پر شده با بخار؛
- سامانه پر شده با گاز؛
- سامانه پر شده با جیوه.

به مخلوطی از مایع و گاز، بخار می گویند.



در اغلب کاربردهای صنعتی استفاده از سامانه های پر شده با جیوه، به دلیل خطرات مربوط به سلامتی، منسوخ شده است. در حال حاضر اغلب سامانه های دمایی پر شده مورد استفاده در صنایع شیمیایی، از نوع گاز و بخار هستند ولی این دو نوع نیز دارای محدودیت هایی هستند. از مزایای این نوع دماسنج ها می توان به موارد زیر اشاره نمود:

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

دماسنج پر شده با بخار، از لحاظ ساختمان و قطعات شبیه دماسنج پر شده گازی است، با این تفاوت که اولاً به جای گاز از یک مایع فرار 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 لوله بودن منتقل می‌گردد.

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

- نقطه جوش مایع می‌بایست کمتر از دمایی باشد که می‌خواهد اندازه‌گیری شود.
- مایع مورد استفاده باید از لحاظ شیمیایی برای مخزن و لوله‌ها خوردگی ایجاد ننماید.

بیشتر بدانید



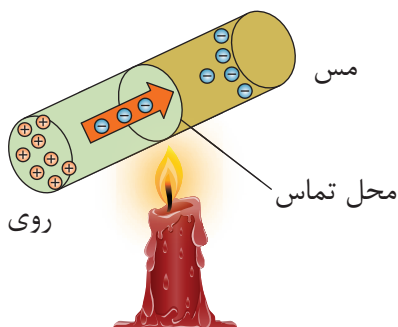
تفاوت بخار و گاز

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.

پرسش



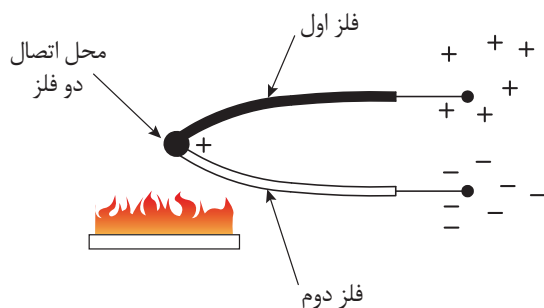
دماسنج‌های پر شده در چه محدوده دمایی قابل استفاده می‌باشند؟



شکل ۱۷- تغییر بار در اثر تغییر دما

ترموکوپل

هر تغییری در درجه حرارت یک فلز، باعث به حرکت در آمدن 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 درجه حرارت را تعیین نمود.

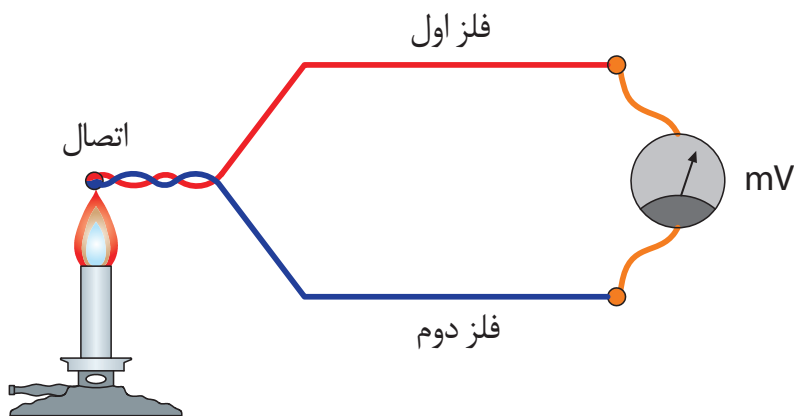


شکل ۱۸- نمای ساده‌ای از ترموکوپل

فیزیک‌دان آلمانی سی‌بک^۱ در سال ۱۸۲۱ متوجه شد که هرگاه انتهای دو رشته سیم فلزی غیر هم‌جنس را مطابق شکل ۱۸ به یکدیگر وصل کند و نقطه اتصال را حرارت دهد، در این هنگام الکترون‌ها جریان پیدا کرده، در نتیجه سر یک تیغه، تراکم بار مثبت و سر تیغه دیگر، تراکم بار منفی پیدا می‌کند. بنابراین در آن محل یک اختلاف پتانسیل الکتریکی به وجود می‌آید.

^۱ - Seebeck

هرقدر اختلاف درجه حرارت بین نقطه 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) درجه حرارت نقطه اتصال مشخص خواهد شد. چنانچه به نقطه 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 استفاده ترموکوپل فقط در صورت وجود اختلاف درجه حرارت بین نقطه اتصال و سرهای آزاد تیغه‌های فلزی می‌باشد. در عمل درجه حرارت سرهای آزاد ثابت نگه داشته می‌شود که آن را اصطلاحاً درجه حرارت مبنا می‌نامند. اگر به محل تماس دو فلز غیرهم‌جنس در ترموکوپل، حرارتی اعمال شود، اختلاف پتانسیلی در دو سر این دو فلز به وجود می‌آید که این اختلاف پتانسیل تابع میزان حرارت اعمال شده است. با اندازه‌گیری میزان ولتاژ خروجی می‌توان درجه حرارت اعمال شده به ترموکوپل را تعیین نمود (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- نحوه اندازه‌گیری دما با ترموکوپل

محدوده دمای قابل اندازه‌گیری توسط یک ترموکوپل بستگی به جنس فلزاتی دارد که ترموکوپل از آن ساخته شده است. به عنوان نمونه محدوده دمای قابل اندازه‌گیری یک ترموکوپل با جنس پلاتین ایرودیوم از صفر تا ۱۶۰۰ درجه سلسیوس است. یکی از مزایای ترموکوپل این است که به خاطر جرم کوچک، خیلی سریع با جسمی که اندازه‌گیری دمای آن مورد نظر است، به حال 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:

— نقطه ذوب فلز

— پایداری و عدم واکنش پذیری در شرایط کاری

— میزان هدایت الکتریکی فلز

— هزینه

— ساخت و به کارگیری آسان

ترموکوپل‌ها ابزار حساس و ظریفی هستند که در به کارگیری به خصوص در نصب و ساخت نیاز به احتیاط

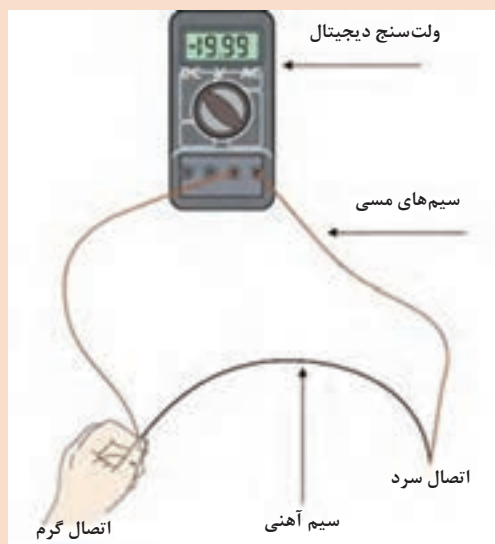


زیاد دارند. برای به حداقل رساندن خطای اندازه‌گیری، سعی می‌شود که ترموکوپل‌ها به صورت عمودی نصب شوند. ضمناً برای حفاظت مکانیکی ترموکوپل‌ها، آنها را در حفاظ‌های مقاوم (مثلاً سرامیکی) قرار می‌دهند. شکل (۲۰)

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



شکل ۲۱- چند نمونه ترموکوپل صنعتی



شکل ۲۲- ساخت یک ترموکوپل ساده

فعالیت کارگاهی ۴: ساخت یک ترموکوپل

فعالیت
کارگاهی



وسایل مورد نیاز:

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



مراحل کار اول:

- ۱ مطابق شکل یک ولت سنج دیجیتال از آزمایشگاه تهیه کنید. ولت سنج DC را روی حساسیت بالای آن (مثلاً میلی ولت) تنظیم کنید.
- ۲ دو سیم مسی به پایانه های 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، ولت سنج عددی را نشان می دهد که 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، ولت سنج عددی را نشان می دهد که 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، ولت سنج عددی را نشان می دهد که 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) داده های ثبت شده از کارهای دوم و سوم را در جدول زیر پر کنید.

شماره آزمایش	عدد یادداشت شده از ولت متر (میلی ولت)	عدد یادداشت شده از دماسنج الکلی (سلسیوس)
اول		
دوم		
سوم		

ب) نقاط به دست آمده از اعداد یادداشت شده از ولت متر برای کارهای دوم و سوم را بر حسب 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 ولت متر برای کار اول، تعیین نمایید دمای دست ما در آزمایش اول چقدر بوده است؟

ث) همین کار را برای دو فلز آهن-کنستانتان نیز انجام دهید.



ترموپیل چیست و کاربرد آن کجاست؟

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^۱
 - نوع J: آهن و کنستانتان
 - نوع E: کروم^۲ و کنستانتان
 - نوع K: کروم و آلومینیوم
 - نوع S، R و C: پلاتین و رودیوم.
- در جدول ۴ محدوده دمایی ترموکوپل‌های متداول ارائه شده است.

جدول ۴- محدوده دمایی انواع ترموکوپل‌ها

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

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



۱- Constantan

۲- Chromel

جدول ۵- دماهای عملیات مختلف

ردیف	عملیات	دمای مورد نیاز (درجه سلسیوس)
۱	رآکتور واحد بنزین سازی پالایشگاه	۵۰۰
۲	کوره سیمان	۱۴۰۰
۳	کربن دهی سطحی در عملیات حرارتی فولاد	۹۰۰
۴	رآکتور تولید هیدروژن	۸۰۰
۵	رآکتور واحد تصفیه گازوییل پالایشگاه	۳۵۰

روش های مختلفی برای اتصال سیم های ترموکوپل وجود دارد که می توان به این روش ها اشاره نمود:

- پیچیده شدن
- چفت شدن
- جوش دادن

مزایا و معایب اندازه گیری دما توسط ترموکوپل

مزایا:

- هزینه کم
- اندازه کوچک
- مقاوم
- محدوده کاری وسیع
- پایداری
- دقیق برای تغییرات دمایی بالا
- پاسخ سریع

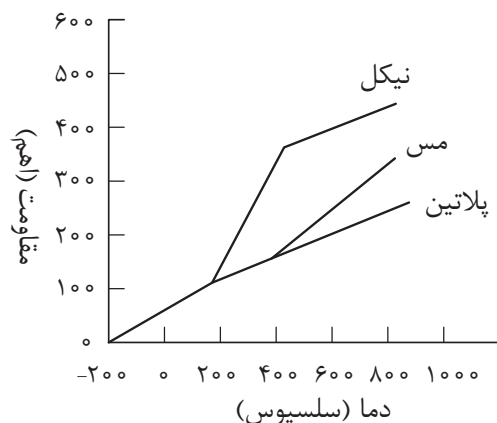
معایب:

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

دماسنج های مقاومتی^۱:

مقاومت الکتریکی فلزات با تغییر دما، تغییر می کند. از این خاصیت برای ساخت دماسنج های مقاومتی (RTD) استفاده می شود. به طور کلی مواد نسبت به افزایش دما دو رفتار متفاوت در تغییر مقاومت الکتریکی از خود نشان می دهند.

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^۱ PTC گفته می‌شود. پلاتین، نیکل و مس از این گروه می‌باشند (شکل ۲۴). در گروه دیگر با افزایش دما، مقاومت الکتریکی کاهش می‌یابد به این گروه که دارای ضریب دمایی منفی هستند اصطلاحاً^۲ NTC گفته می‌شود. در این گروه بیشتر از اکسیدهای فلزی استفاده می‌شود که به این حسگرها ترمیستور^۳ گفته می‌شود.

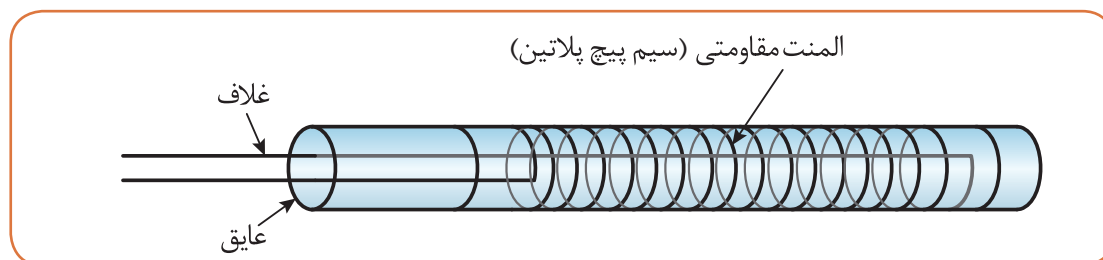
شکل ۲۳- تغییرات مقاومت بر حسب دما برای دماسنج PTC

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. محدوده دمایی دماسنج‌های مقاومتی پلاتین، نیکل و مس در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- محدوده دمایی دماسنج‌های مقاومتی پلاتین، نیکل و مس

جنس فلز	محدوده دمایی °C
پلاتین	۲۰۰-۸۵۰
نیکل	۸۰-۳۰۰
مس	۲۰۰-۲۶۰

دماسنج مقاومتی غالباً به صورت یک سیم پیچ 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 موقع 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 ۲۴- دماسنج مقاومتی

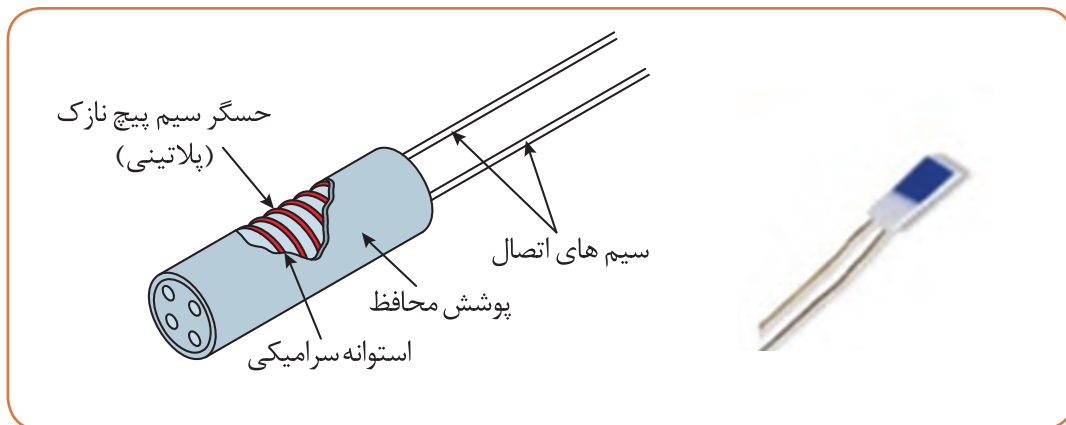
۱- PTC(Positive Thermal coefficient)

۲- NTC(Negative Thermal coefficient)

۳- Thermistor

مهم ترین قسمت ها در ساختمان یک دماسنج مقاومتی مطابق شکل ۲۵ عبارت اند از:

- حسگر؛ مهم ترین قسمت یک دماسنج مقاومتی بوده، (معمولاً سیم پیچ نازک پلاتینی است)
- سیم های اتصال؛ دماسنج های مقاومتی پلاتینی به صورت دو سیمی، سه سیمی و یا چهار سیمی ساخته می شوند.
- عایق سرامیکی؛
- غلاف حفاظت کننده؛
- سر خروجی؛



شکل ۲۵- ساختمان یک دماسنج مقاومتی

در دماسنج های مقاومتی PTC اندازه گیری دما بر اساس تغییرات مقاومت الکتریکی حسگر آنها انجام می شود.

مزایا و معایب دماسنج مقاومتی

مزایا:

- زمان پاسخ دهی سریع تر نسبت به ترموکوپل ها (در محدوده کسری از ثانیه)
- دقت و حساسیت بالاتر نسبت به ترموکوپل ها

معایب:

- به دلیل نیاز به فلزات با خلوص بالا جهت ساخت این نوع دماسنج، بسیار گران تر از ترموکوپل است.
 - محدوده اندازه گیری محدودتر از ترموکوپل ها است.
- مزیت مهم دماسنج مقاومتی نسبت به ترموکوپل، دقت اندازه گیری آن است که در دماسنج مقاومتی دقت در حدود ۰/۱ و در ترموکوپل در حدود ۱ درجه سلسیوس است. در بسیاری از صنایع در دمای زیر ۶۰۰ درجه سلسیوس به علت دقت بالاتر، دماسنج مقاومتی جایگزین ترموکوپل ها می شود.

فیلم ۳: فیلم دماسنج ترموکوپلی و RTD

فیلم ۴: فیلم دماسنج ترموکوپلی



فعالیت کارگاهی ۵: بررسی ظاهری و چشمی دماسنج‌های کارگاه

– 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	گستره دمایی قابل اندازه‌گیری (سلسیوس)	سالم/خراب	علت
۱				
۲				
۳				
۴				



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	دمای هوای کارگاه	دمای آب خروجی از شیر	دمای شعله شمع	دمای شعله گاز	دمای ظرف پر از یخ	دمای کف دست خود	دمای کف دست هم‌گروه
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؟

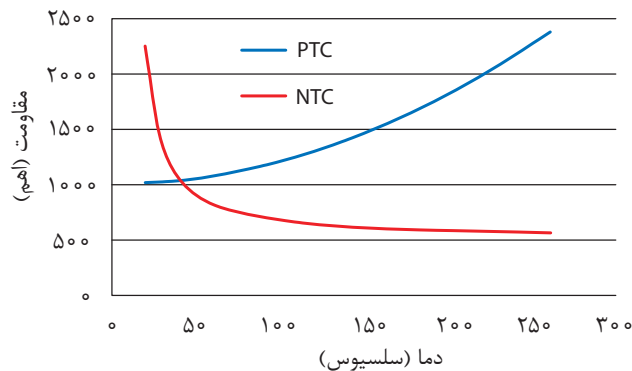
دماسنج‌های ترمیستور^۱:

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

همانطور که در بخش قبل اشاره شد، ترمیستورها هم دارای ضریب دمایی مثبت و هم دارای ضریب دمایی منفی می‌باشند (شکل ۲۶) ولی عمده ترمیستورها دارای ضریب دمایی منفی می‌باشند، ترمیستور حساس‌ترین حسگر دما می‌باشد. تنها تفاوت ترمیستورها با RTD، میزان مقاومت بالای آن نسبت به RTD ها می‌باشند. مقاومت معمول برای ترمیستورها ۵۰۰ اهم در ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در حالی که این مقدار برای RTD، ۱۰۰ اهم می‌باشد. محدوده دمایی ترمیستورها بسته به نوع نیمه‌هادی از حدود (۵۰-) درجه سلسیوس تا چند صد درجه سلسیوس می‌باشد (شکل ۲۷).



شکل ۲۷- دماسنج از نوع ترمیستور



شکل ۲۶- ترمیستورهای PTC و NTC

معایب اندازه‌گیری دما با ترمیستور

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

مزایای اندازه‌گیری دما با ترمیستور:

- ترمیستورها زمان پاسخ‌دهی کوتاهی دارند.
- قیمت پایین و مناسبی دارند.
- ابعاد کوچکی دارند.
- نسبت به تغییرات دما تغییرات بزرگی در مقاومت نشان می‌دهند.

دماسنج‌های دوفلزی^۱

دماسنج‌های دوفلزی جزو پر مصرف‌ترین وسایل اندازه‌گیری سنجش دما می‌باشند و در اکثر وسایل، نظیر ترموستات (دما پا) اتو یا سماور و یا نشان‌دهنده دمای آبگرمکن کاربرد دارند. محدوده دمایی که می‌توان از

انبساط یک متر میله وقتی دمای آن ۱۰۰ درجه افزایش یابد

آلیاژ نیکل-آهن	۰,۱ mm
شیشه پیرکس	۰,۳ mm
آلیاژ پلاتین	۰,۹ mm
شیشه	۰,۹ mm
بتون	۱ mm
فولاد	۱ mm
برنج	۲ mm
آلومینیوم	۳ mm

شکل ۲۸-انبساط اجسام مختلف در اثر افزایش دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس

این دماسنج‌ها استفاده کرد، معمولاً از ۴۰- تا ۳۰۰ درجه 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 درجه سلسیوسی دما، نشان داده شده است.

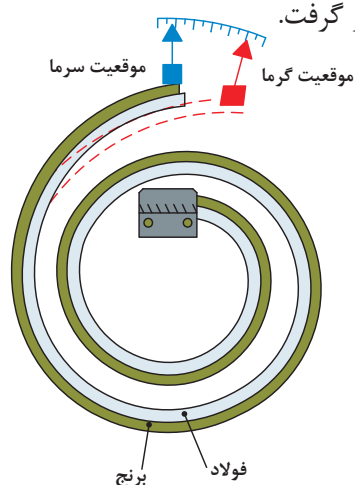
بررسی نمایید انبساط طولی اجسام با افزایش دما به چه صورت است و سپس ضرایب انبساط طولی چند ماده را پیدا کنید.

تحقیق کنید

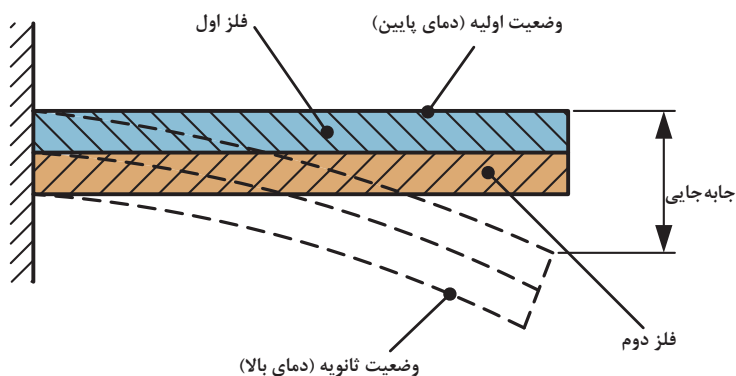


در دماسنج‌های دو فلزی، دو فلز غیر هم جنس را که در دمای محیط هم طول می‌باشند، به یکدیگر متصل می‌کنند (با فرض بیشتر بودن ضریب انبساط طولی فلز اول نسبت به دوم). با اعمال گرما به یک انتهای دماسنج، فلز با ضریب انبساط بالاتر تغییر طول بیشتری داشته و در نتیجه دماسنج در جهت فلز با ضریب انبساط پایین‌تر خم می‌شود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

از این پدیده در ساخت دماسنج‌های دوفلزی 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.

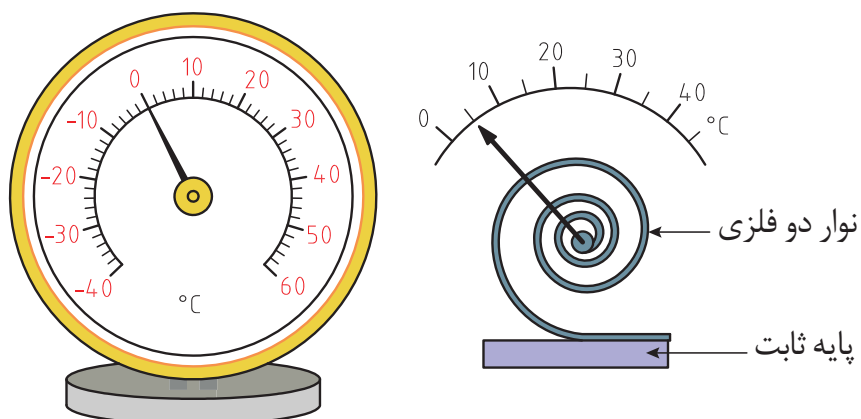


شکل ۳۰-دماسنج دو فلزی حلزونی شکل



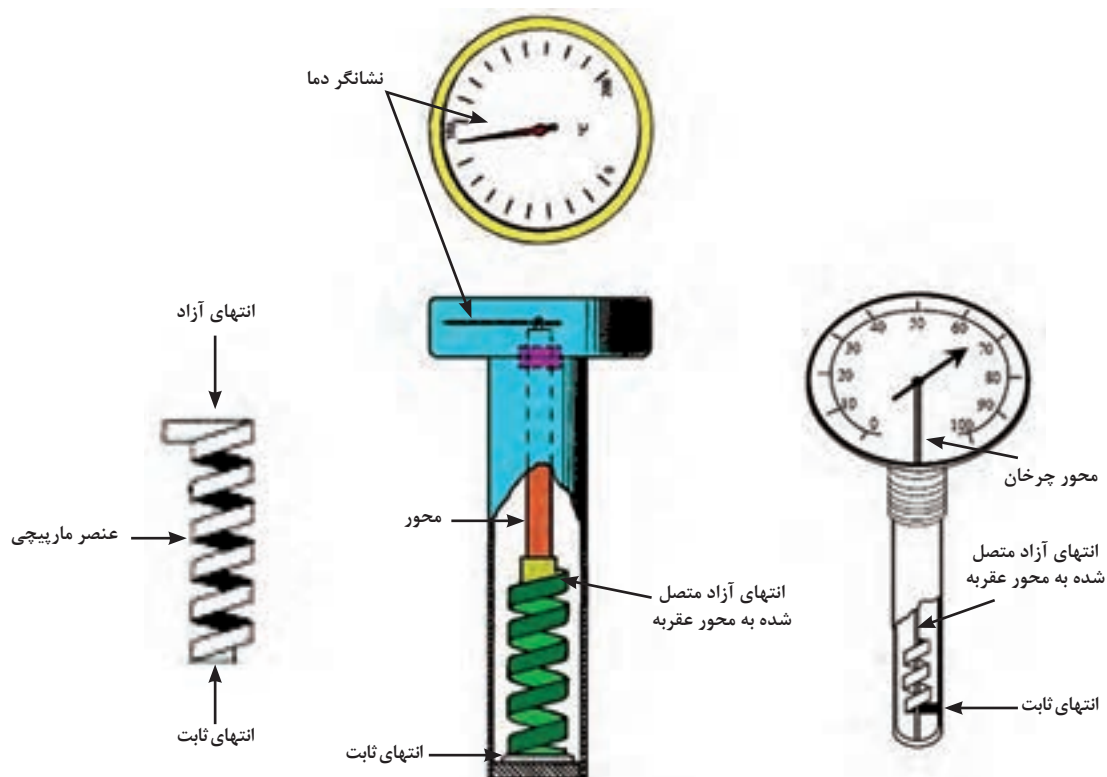
شکل ۲۹- اثر تغییر دما در دو فلز غیر هم جنس

پودمان دوم - اندازه گیری، ثبت و کنترل دما



شکل ۳۱- دماسنج دو فلزی حلزونی شکل

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



شکل ۳۲- دماسنج دو فلزی مارپیچی



فعالیت کارگاهی ۷: ساخت یک ترموستات

وسایل مورد نیاز:

- استارت لامپ مهتابی
- دو عدد باطری قلمی
- یک عدد لامپ سه ولتی
- ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر سیم

روش کار:

- ۱ محافظ یک راه انداز (استارت) لامپ مهتابی را مانند شکل ۳۳ جدا کنید.



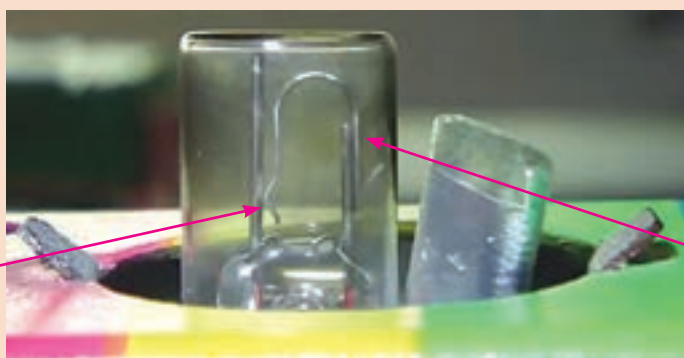
شکل ۳۳- راه انداز (استارت) لامپ مهتابی

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



شکل ۳۴- مدار ساخته شده با راه انداز (استارت) لامپ مهتابی به عنوان ترموستات

- ۳ در این حالت چرا لامپ روشن نمی شود؟ به درون حباب شیشه‌ای به دقت نگاه کنید (شکل ۳۵).



بیماله اتصال جریان

بیماله (از جنس دوفلزی)

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

همانطور که در شکل ۳۶ می توان مشاهده نمود اتصال بین بیماله (از جنس دو فلزی) با بیماله اتصال جریان، برقرار نمی باشد.

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

۵ پس از گرم شدن حباب شیشه‌ای، میله (از جنس دو فلزی) به میله 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 میله اتصال قطع شده و لامپ سه ولتی مجدداً خاموش می‌شود.



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

فعالیت کارگاهی ۸: ساخت دماسنج دو فلزی

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

فعالیت
کارگاهی



دماسنج‌های غیر تماسی^۱

دماسنج غیرتماسی کاربرد بسیار وسیعی در بخش‌های مختلف صنعتی دارد به‌طوری‌که استفاده از آن در کنترل تولید فولاد، تولید آلیاژهای مختلف مواد، ریخته‌گری‌های دقیق، آبکاری‌های صنعتی، جوشکاری‌های دقیق و استاندارد، تولید محصولات پتروشیمی اجتناب‌ناپذیر است. معمولاً به‌دلیل بالا بودن دمای فرایند (بیش از ۱۵۰۰ درجه) نمی‌توان از تجهیزات اندازه‌گیر 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 و یا دمای آن خیلی بالا باشد) و یا 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^۲ 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 کالیبره می‌کنند. آذرسنج‌ها در دو نوع نوری^۳ و تشعشعی^۴ وجود دارند.

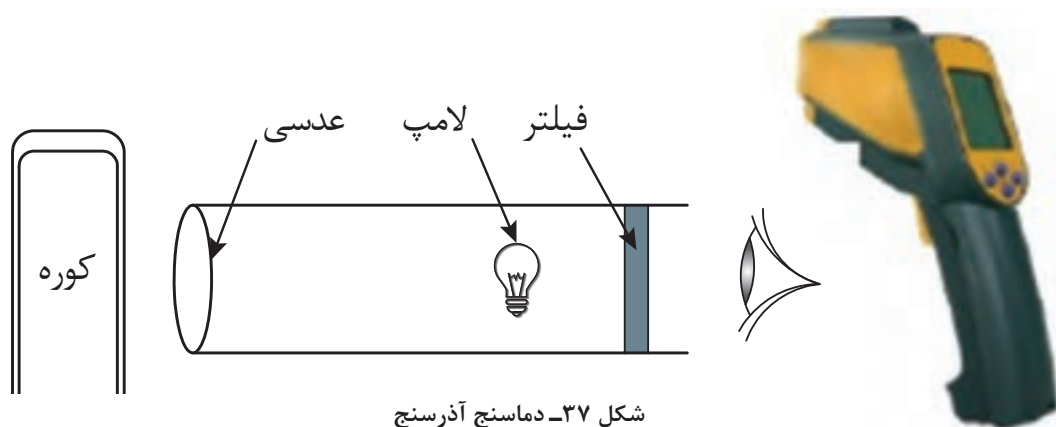
۱- Non-Contact Thermometer

۲- Pyrometer Thermometer

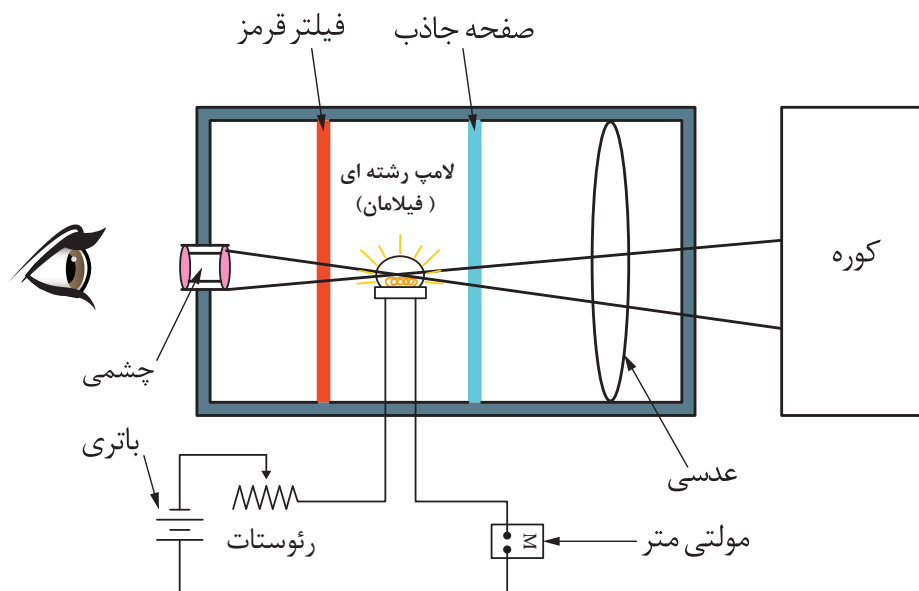
۳- Optical Pyromete

۴- Radiation pyrometer

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



در این دماسنج، نور ایجاد شده توسط جسم داغ (کوره) از درون یک سامانه نوری (با بزرگ‌نمایی معین) که در درون آن یک لامپ گداخته کوچک قرار داده شده، گذرانده می‌شود. برای سهولت مقایسه رنگ‌ها، یک فیلتر قرمز که تنها طول موج پرتو قرمز را عبور می‌دهد به کار 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 تعیین‌کننده میزان دمای جسم است. این جریان توسط پتانسیومتری که بین منبع تغذیه (یک باتری) و لامپ قرار داده شده، کنترل می‌گردد (شکل ۳۸).





شکل ۳۹- دماسنج آذرسنج نوری

گستره کاری آذرسنج نوری معمولاً از ۷۶۰ تا ۱۳۱۵ درجه سلسیوس است. حد بالایی دما تا اندازه‌ای بستگی به خطر خراب شدن رشته و میزان خیره‌کنندگی ناشی از درخشش در دماهای بالاتر دارد. گستره دما ممکن است با به‌کارگیری پرده جاذب بین عدسی شیء و شبکه رشته به حد بالاتری افزایش یابد و به این وسیله سازگاری درخشش در دماهای پایین‌تر رشته ممکن می‌شود. بنابراین با به کارگیری پرده‌های جاذب مختلف، گستره دمایی بالای آذرسنج نوری (شکل ۳۹) را می‌توان از ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ درجه سلسیوس افزایش داد.

آذرسنج تشعشعی

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

بیشتر بدانید



در آذرسنج‌های تشعشعی (شکل ۴۰) با قرار دادن دماسنج در جلوی جسم موردنظر آن قسمت از موج مادون قرمز^۱ منتشر شده توسط جسم که در محدوده 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 میکرو ولت 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 صفحه نمایش آن نشان داده می‌شود. تمامی این مراحل در مدت زمان بسیار کوتاهی انجام می‌گیرد.



شکل ۴۰- دماسنج آذرسنج تشعشعی



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 دستگاه‌های نشان داده شده در شکل‌های ۴۱ الی ۴۴ استفاده می‌گردد.



شکل ۴۲- نشانگر دیجیتالی دما (مصارف خانگی)



شکل ۴۱- نشانگر شیشه‌ای دما



شکل ۴۴- نشانگر دیجیتالی دما (مصارف صنعتی)



شکل ۴۳- نشانگر عقربه‌ای دما

تنظیم دقیق وسایل اندازه‌گیری (کالیبراسیون)^۱

کیفیت مقوله‌ای است که با سرشت انسان سازگاری دارد و همراه 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 مرحله 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 اندازه گیری کمیت های گوناگون و در نگاهی وسیع تر کالیبراسیون دستگاه ها، راهی برای نیل به این خواسته است. با توجه به این که دستیابی به کیفیت برتر از طریق انجام آزمون ها و اندازه گیری های مطمئن ارزیابی می گردد، این بحث مطرح می شود که اندازه گیری مطمئن چه نوع سنجی می باشد؟ آیا نو بودن تجهیزات یا استفاده از فناوری جدید دستگاهی، می تواند منجر به اندازه گیری مطمئن شود. پاسخ این است که تنها کالیبراسیون صحیح و دوره ای به نتایج خروجی دستگاه ها کیفیت می بخشد. اغلب استانداردهای مدیریت کیفیت در بخش الزامات فنی، از کالیبراسیون تجهیزات نام برده و آن را الزام نموده اند. تعاریف متعددی برای کالیبراسیون ارائه شده است. در استاندارد ملی ایران در بخش «واژه ها و اصطلاحات پایه و عمومی اندازه شناسی» کالیبراسیون چنین تعریف شده است:

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

برای اطمینان از عملکرد دستگاه های آزمون و اندازه گیری هایی مانند دماسنج، دبی سنج، سطح سنج و فشارسنج و اطمینان از درستی مقادیر خوانده شده توسط آنها، باید به طور دوره ای و در فواصل زمانی مشخص، تنظیم دقیق و به اصطلاح کالیبره شوند تا قابلیت ردیابی با استانداردهای ملی و بین المللی را داشته باشند. البته معمولاً کالیبراسیون اولیه این دستگاه ها در مرحله ساخت و تولید آن انجام می گیرد که می تواند شامل مراحل درجه بندی دستگاه، تنظیم مدارات الکتریکی موجود مانند تنظیم نشان دهنده های دیجیتالی، تخمین پایداری دستگاه می باشد. البته پس از این مراحل، وسیله اندازه گیری با توجه به طول عمر آن جهت اطمینان از عملکرد صحیح و کنترل کیفیت اجزای آنها لازم است مجدداً کالیبره شود. بنابراین با کالیبراسیون مجدد می توان عوامل و اجزایی از دستگاه را که کیفیت خود را از دست داده اند، شناسایی کرد.

دستگاه های اندازه گیری باید به طور دوره ای کالیبره شوند. گذشت زمان، فرسودگی و حوادث غیر قابل پیش بینی، باعث می شوند تا میزان صحت کمیت اندازه گیری شده دقیق نبوده و نیازمند تأیید مجدد باشند. برای تجهیزات کالیبره شده گواهی کالیبراسیون صادر شده و ضمیمه دستگاه می گردد.

نکته



تعیین زمان کالیبراسیون های این دستگاه ها در فواصل زمانی بهینه یکی از تصمیمات مهم و قابل توجه است. به طوری که بین هزینه کالیبراسیون و هزینه های ناشی از عدم کالیبراسیون تعادل ایجاد شود.

دلیل انجام کالیبراسیون

کالیبراسیون اولیه وسیله اندازه گیری چگونگی کارایی مورد ادعای سازنده را به مشتری نشان می دهد. متغیرهایی که توسط دستگاه، اندازه گیری می شود به استانداردهای اندازه گیری قابل ردیابی ارجاع داده می شود که اگر چنین نباشد اطمینانی به آنها نمی توان داشت.

کالیبراسیون مجدد به خاطر کنترل و نگهداری فرایندهای اندازه گیری که با وسیله اندازه گیری انجام می شود لازم است. معمولاً خطای اندازه گیری دستگاه اندازه گیری نسبت به زمان و با استفاده های مکرر از آن افزایش می یابد.

شناسایی رشد تدریجی این خطا و افزایش آن به راحتی توسط کاربران امکان پذیر نیست. آنچه که در اندازه گیری بسیار ضروری است، قابلیت ردیابی می باشد. برقراری قابلیت ردیابی که با کالیبراسیون امکان پذیر می شود در کنترل سامانه اندازه گیری و تجارت بین المللی ضروری می باشد. قابلیت ردیابی عبارت است از قابلیت ارتباط مقدار یک استاندارد یا نتیجه یک اندازه گیری با مرجع های ملی و بین المللی. کالیبراسیون دستگاه ها معمولاً در آزمایشگاه های مرجع یا در مکانی که این دستگاه ها مورد استفاده قرار می گیرند نیز توسط شرکت های خاص انجام می پذیرد.

طبقه بندی تجهیزات از نظر کالیبراسیون

- تجهیزاتی که اندازه گیر نبوده و نیاز به کالیبراسیون ندارند. مانند، دستگاه آب مقطر گیر، گرمکن بدون دماسنج، همزن مغناطیسی و... .
 - تجهیزاتی که هر بار قبل از استفاده باید توسط کاربر کالیبره شوند. در این گروه می توان از دستگاه های pH متر نام برد. کاربر باید دوره آموزشی کالیبراسیون و کنترل کیفی این گونه تجهیزات را بگذراند.
 - تجهیزاتی که باید توسط واحدهای مورد تأیید موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران یا سازنده و یا کاربر در دوره های زمانی مشخص کالیبره شوند مانند انواع دماسنج ها، دبی سنج ها، ترازو، اتوکلاو، سطح سنج ها و انکوباتورها.
- قبل از انجام کالیبراسیون دستگاه های اندازه گیری اقدامات زیر باید در نظر گرفته شود:
- تمام دستگاه ها را به تفکیک نوع اندازه گیری (دما، سطح، فشار، دبی و غیره) به صورت جداگانه باید وارد یک فهرست کرده و به هر یک کد یا مشخصه ای داده شود.
 - برای هر دستگاه اندازه گیری شناسنامه تهیه گردد.
 - تعیین دوره تناوب کالیبراسیون
 - شرایط محیطی کار (دما، رطوبت، ارتعاش و غیره)
 - دقت اندازه گیری 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 ارائه دلیل حد مجاز را تعیین کند).

نکات لازم برای کالیبره نمودن دستگاه های اندازه گیری

- با توجه به اینکه در حال حاضر دستگاه های اندازه گیری متفاوتی توسط شرکت های ابزار دقیق طراحی و ساخته می شود، بهتر آن است که قبل از کالیبره نمودن هر دستگاه به دفترچه راهنمای آن مراجعه شود تا در حین کار، با مشکلی مواجه نشوید.
- در مورد کالیبره نمودن دستگاه هایی که بر اساس اختلاف فشار کار می کنند، باید به این نکته توجه داشت که چون در بیشتر اوقات، حد پایین اختلاف فشار تجهیزات را مقداری برابر با فشار اتمسفر در نظر می گیرند، در ابتدای کالیبراسیون صفر آن را شرایط اتمسفر قرار دهید.
- اگر برای کالیبراسیون دستگاه ها به سیال آب نیاز بود، از آبی استفاده شود که ناخالصی کمتری داشته باشد.
- در حین کالیبره کردن با موبایل و یا اشخاصی که در اطراف هستند صحبت نشود.
- سعی شود محل کار را تمیز نگه داشته شود و برای هر یک از دستگاه ها یک جعبه فراهم شود.
- ابزار کار از قبل به طور کامل فراهم شود تا در حین کار با کمبود ابزار مواجه نگردد.

اعلام نتایج کالیبراسیون

پس از کالیبراسیون می توان دستگاه های اندازه گیری را بر مبنای خطای مجاز به سه دسته زیر طبقه بندی کرد:

- **قبول:** خطای به دست آمده کمتر یا مساوی خطای مجاز باشد.
- **مشروط:** هنگامی که تعدادی از الزامات مورد نیاز، توسط دستگاه برآورده می شود.
- **مردود:** در صورت بیشتر بودن خطای دستگاه از خطای مجاز، دستگاه مردود اعلام می شود و این به آن معنی است که حداقل الزامات مورد نیاز، توسط دستگاه رعایت نمی شود. در این مورد نباید از دستگاه برای اندازه گیری استفاده کرد.

پرسش



به نظر شما چگونه می توان پی برد که یک دماسنج یا دبی سطح درست کار می کند یا خیر؟



فیلم ۶: کالیبراسیون دماسنج پر شده

کنترل فرایند

قبل از بیان مفهوم کنترل در فرایندهای شیمیایی، لازم است تأکید گردد که چه چیزهایی و چه کارهایی، کنترل محسوب نمی شوند. کلمه کنترل بعد از ورود به زبان فارسی، بیشتر تداعی گر مفاهیمی مانند محدود کردن، مهار کردن و تلاش برای قرار دادن قید و بند بوده است. لذا می توان مفهوم کنترل را به صورت زیر تعریف نمود:

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

به طور کلی فرایندهای شیمیایی شامل تعداد زیادی تجهیزات مختلف می باشند که این تجهیزات به وسیله خطوط لوله که در آنها مواد شیمیایی جریان دارند، به یکدیگر متصل شده اند. برای آنکه این واحدها در شرایط مناسب عملیاتی کار کنند، باید متغیرهای فرایندی از قبیل دما، فشار، ارتفاع سطح مایع و دبی سیال در محدوده های 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، می تواند، 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 بازده مشخص انجام می دهند. 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 محدوده مجاز کنترل شوند. بنابراین کاربرها در صورت مشاهده تغییر در شرایط فرایند باید بتوانند به سرعت تصمیمات لازم را اتخاذ کرده و مثلاً بایستی شیرهای مربوطه را باز و بسته کنند. این بدان معناست که باید به طور 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^۱ لازم است و ثانیاً ممکن است در واحدهای پیچیده تر، کاربرها نتوانند تصمیمات لازم و به موقع اتخاذ کنند لذا این نحوه کنترل که توسط کاربر انجام می شود و به کنترل دستی^۲ معروف است می تواند منجر به عملکرد نامناسب واحد و خطرات جانی شود. بنابراین می بایست برای رفع این مشکل، یعنی تشخیص و محاسبه دقیق میزان باز و بسته شدن هر یک از شیرها و کاهش تعداد اپراتورهای مورد نیاز و در نتیجه کاهش خطای تصمیم گیری آنها، از سامانه کنترل خودکار (اتوماتیک) استفاده نمود.

کنترل خودکار (اتوماتیک) دارای دقت و سرعت بیشتری نسبت به کنترل دستی می باشد. امروزه با پیشرفت کامپیوترها، از آنها به عنوان مغز متفکر در کنترل فرایندها استفاده می شود و می توان فرایندهای بزرگ شیمیایی، پالایشگاه ها و مجتمع های پتروشیمی که دارای تجهیزات و پیچیدگی های زیادی هستند را توسط تعداد کمی کاربر و خودکار، کنترل نمود. کنترل اتوماتیک متغیرهای فرایندی، علاوه بر نگهداشتن فرایند در شرایط مطلوب، باعث دستیابی به ایمنی بیشتر و نیز رعایت بهتر قوانین زیست محیطی می شود. بدین معنی که با استفاده از این روش سرعت و دقت بسیاری از تصمیمات و در نتیجه اقدامات پیشگیرانه افزایش می یابد و به علاوه مدیریت بحران بهتری در این گونه موارد پدید می آید.

با فرض خراب بودن شناور کولر آبی، چگونه می توان به صورت کنترل دستی از کولر به نحو احسن استفاده نمود؟ آیا امکان پذیر است؟

وظیفه شناور در کولر، ثابت نگه داشتن ارتفاع سطح آب در حدی است که هیچگاه پمپ کولر بدون آب کار نکند و پوشال های 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 می بایست از سامانه های کنترل غیردستی استفاده نمود. البته سامانه کنترل سطح آب در کولر آبی به صورت خودکار به آن معنا که از کامپیوتر استفاده کند نیست ولی به هر حال از نوعی سامانه کنترل خودکار برای کنترل سطح استفاده می شود.

در سامانه های کنترلی، کمیت های ذیل مطرح می باشند:

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

سامانه اندازه گیری: دستگاهی که برای اندازه گیری کمیت هایی از قبیل دما، فشار، سطح و دبی به کار می رود.

مقدار مطلوب (SP or SV) یا ورودی: مقدار مشخص برای کمیتی که می خواهد کنترل شود.

۱- User

۲- Manual

۳- Process

۴- Set Point - Set Value

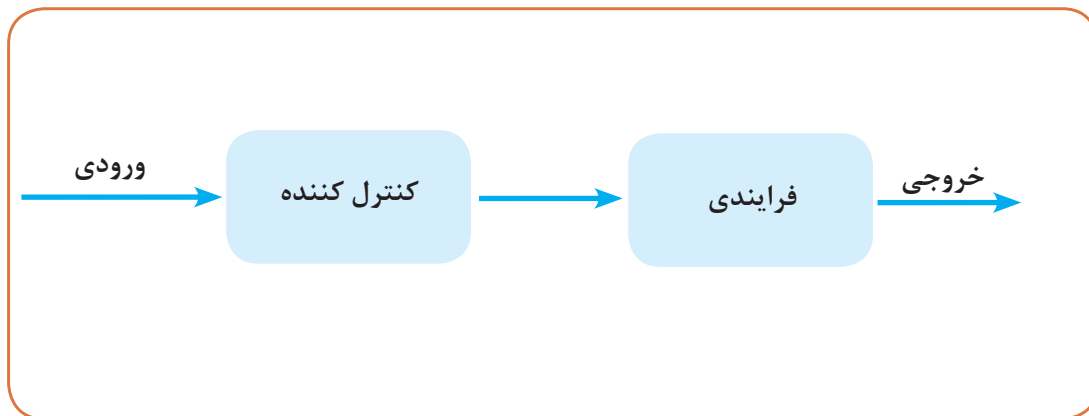
مقدار فرایند^۱ (PV) یا خروجی: مقدار واقعی کمیتی که در حال کنترل می باشد.

کنترل کننده^۲: دستگاهی که اولاً مقایسه بین مقدار مطلوب و واقعی را انجام داده، ثانیاً دستور تنظیم و تصحیح کنترل شونده را صادر می کند.

محرك^۳: محرك معمولاً شیر برقی است که دستور کنترل کننده توسط آن انجام می شود و به آن شیر کنترل می گویند.

بازخورد^۴: نتیجه و مقدار اندازه گیری توسط سامانه اندازه گیری

انتقال دهنده (ترنسмитر)^۵: دستگاهی که بتواند یک کمیت فیزیکی (دما، فشار، دبی، سطح، وزن و سرعت) را اندازه گیری کرده و آن را به موج الکتریکی تبدیل کرده و به مکانی دورتر (اتاق کنترل، کنترل کننده) انتقال دهد. سامانه های کنترلی معمولاً به صورت سامانه های کنترلی حلقه باز^۶ و حلقه بسته^۷ تقسیم بندی می شوند. در سامانه های کنترلی حلقه باز (شکل ۴۵)، مقدار خروجی، تأثیری بر عملکرد کنترل و دستورات صادر شده از کنترل کننده ندارد. اولاً در این نوع کنترل هیچ بازخوردی وجود ندارد و خروجی هیچ تأثیری بر ورودی ندارد و به هیچ وجه با هم مقایسه نمی شوند و هرکدام به حال خود رها می شود. در این سامانه ورودی به دقت تنظیم می گردد و فقط در جاهایی کاربرد دارد که دقت بالایی لازم نیست.



شکل ۴۵- سامانه کنترلی حلقه باز

به عنوان نمونه ماشین لباسشویی نمونه ای از سامانه کنترلی حلقه باز است. در ماشین لباسشویی لباس ها بر اساس زمانی که به ماشین داده می شود، شسته می شوند و ماشین لباسشویی در زمان مشخص که توسط کاربر مشخص شده است خاموش می شود. بنابراین در این سامانه کنترل:

۱- Process Variable

۲- Controller

۳- Actuator

۴- Feedback

۵- Transmitter

۶- Open- Loop

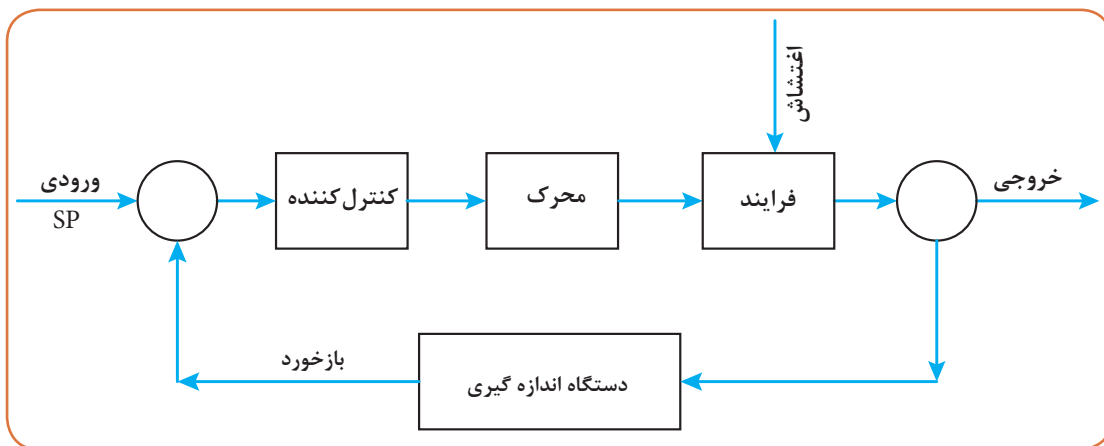
۷- Closed- Loop

فرایند: ماشین لباسشویی

کنترل شونده: مدت زمان کارکرد ماشین لباسشویی

باز خورد: میزان تمیزی لباس پس از شست و شو

همانطور که مشخص است در این مثال ماشین نمی‌فهمد که چه زمانی لباس‌ها به خوبی 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 مدار باز می‌نامند. در سامانه کنترلی حلقه بسته، خروجی اثر مستقیم بر ورودی می‌گذارد و باز خورد (فیدبک) وجود دارد که کنترل کننده با توجه به میزان بازخورد، دستور را جهت اصلاح فرایند صادر می‌کند (شکل ۴۶).



شکل شماره ۴۶- سامانه کنترلی حلقه بسته

پرسش

عملکرد یخچال چه نوع سامانه کنترلی است؟ توضیح دهید.



فیلم‌های شماره ۷، ۸ و ۹: کنترل فرایند

مثال ۴: در منازل در هنگام زمستان معمولاً برای گرمایش از فن کوئل و یا بخاری گازی استفاده می‌شود. نحوه کنترل در این دو دستگاه را توضیح دهید.

پاسخ: متغیرهای کنترلی در این مثال عبارتند از:

کنترل شونده: دمای اتاق

دستگاه اندازه‌گیری: ترموکوپل

بازخورد: دمای اندازه‌گیری شده اتاق

ورودی: دمای تنظیمی یا دستور داده شده



شکل ۴۷- ترموستات فن کوئل

کنترل کننده: ترموستات

خروجی: دمای اتاق

در هنگام استفاده از بخاری گازی، فقط بخاری را روشن کرده و منتظر گرم شدن خانه می شویم. حال اگر بخاری چند ساعت روشن بود و دمای اتاق خیلی بالا رفت چون هیچ دستگاه اندازه گیری و هیچ بازخوردی وجود ندارد و در ادامه هیچ کنترلی وجود ندارد بنابراین هرچه اتاق گرم تر هم شود باز هم بخاری روشن خواهد ماند. در سامانه استفاده از بخاری گازی دستگاه اندازه گیری و کنترل کننده وجود ندارد بنابراین بخاری گازی یک سامانه کنترل حلقه باز می باشد.

در هنگام استفاده از فن کوئل هم دستگاه اندازه گیری (ترموکوپل) و هم کنترل کننده (ترموستات) وجود دارد. در ابتدای کار با فن کوئل همیشه در زمستان دمای مشخصی را توسط ترموستات (شکل ۴۷) انتخاب می کنیم که این دما همان دمای دستور یا دمای تنظیمی (SP -SV) می باشد.

وقتی فن کوئل روشن می شود پس از مدتی دمای محیط اتاق بالا می رود لذا سامانه اندازه گیری که همان ترموکوپل

است دمای واقعی (PV) را اندازه گیری می کند و با دمای تنظیم شده توسط کنترل کننده مقایسه می گردد. حال اگر دمای اتاق کمتر از دمای تنظیمی بود کنترل کننده دستور می دهد که فن همچنان روشن بماند و اگر دمای اتاق برابر با دمای تنظیمی بود، کنترل کننده دستور خاموش می دهد و فن خاموش می شود. البته احتمال دارد اشتباهاً پنجره اتاق باز شود که این اتفاق، پیش بینی شده نبوده و باعث می شود دمای محیط اتاق تغییر یابد و اغتشاشی در عملیات کنترل به وجود آید. لذا در این حالت ترموکوپل دمای واقعی اتاق را حس کرده و بازخورد آن به ترموستات یا همان کنترل کننده منتقل می گردد و کنترل کننده دستور می دهد که فن مجدداً روشن شود و فن آنقدر روشن می ماند تا دمای آن به دمای تنظیمی برسد و دمای خروجی همان دمای تنظیمی گردد. بنابراین سامانه کنترل دمای اتاق به صورت حلقه بسته می باشد.

کنترل دما

همانطور که در بخش قبل اشاره شد، دو سامانه کنترل حلقه باز و حلقه بسته وجود دارد که معمولاً در صنعت همواره از سامانه کنترل مدار بسته استفاده می گردد و ترموستات به عنوان کنترل کننده در عملیات کنترل دما بسیار رایج می باشد.



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 سامانه 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 لوله مویین به داخل دیافراگم رفته و باعث انبساط می‌شود. به وسیله 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.

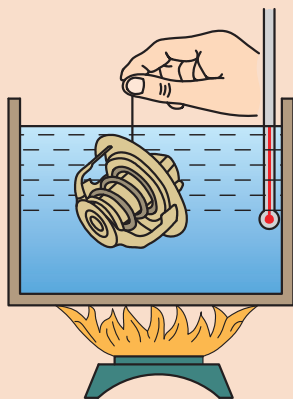
■ ترموستات الکترونیکی: این نوع ترموستات فرمان دریافت شده از حسگر دمایی را توسط جریان الکترونیکی منتقل کرده و سبب قطع و وصل جریان الکتریکی می‌گردد.



فعالیت عملی ۹: عملکرد یک ترموستات

وسایل مورد نیاز:

- ترموستات
- دماسنج
- بشر
- گیره
- گرمکن الکتریکی



روش کار:

شکل ۴۸- طرح ساده‌ای از فعالیت عملی عملکرد یک ترموستات



شکل ۴۹- نمای واقعی از نحوه عملکرد یک ترموستات

- درون بشر تا نیمه آب بریزید.
- دماسنج را توسط گیره درون بشر قرار دهید.
- بشر را به همراه دماسنج روی گرمکن قرار دهید.
- گرمکن را روشن کنید و دمای آن را ۸۰ درجه سلسیوس قرار دهید.
- ترموستات را با یک گیره درون آب قرار دهید.
- با گرم شدن آب درون بشر نحوه عملکرد ترموستات را مشاهده و بحث نمایید.
- گرمکن را خاموش کنید و کمی آب درون بشر بریزید.
- با خنک شدن آب درون بشر نحوه عملکرد ترموستات را مشاهده و بحث نمایید.



کاربردهای ترموستات را در صنایع شیمیایی نام ببرید.

مثال ۵: عملکرد یک مخزن همزن دار مجهز به سامانه حرارتی با استفاده از سامانه کنترل حلقه بسته چگونه است؟

پاسخ: عملکرد دمای این مخزن را می توان 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، می توان کنترل دما را بر روی این سامانه اعمال نمود (شکل ۵۰).

سامانه کنترل دمای مخزن یک سامانه حلقه بسته می باشد و متغیرهای آن عبارتند از:

کنترل کننده: ترموستات

کنترل شونده: دمای مخزن

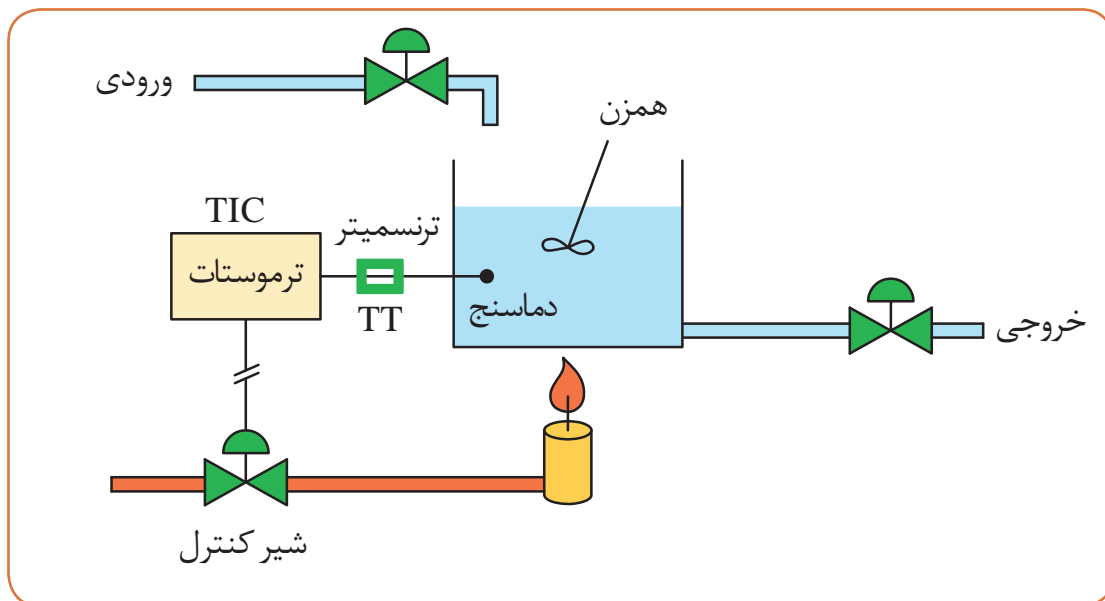
سامانه اندازه گیری: ترموکوپل

بازخورد: دمای مخزن

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

محرك: شیر کنترل

توسط ترموستات دمای مشخصی را برای محتویات داخل مخزن به عنوان ورودی انتخاب و تنظیم می کنیم. در ابتدا شیر کنترل باز است و سامانه انتقال سوخت به مشعل برقرار می باشد لذا مخزن گرم می شود و مدام در هر لحظه دمای واقعی محتویات مخزن توسط ترموکوپل اندازه گیری شده و بازخورد آن به صورت موج



شکل ۵۰- سامانه کنترل دمای مخزن

الکتریکی توسط ترنس‌میتور (TT) به کنترل‌کننده (TIC) 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 در حالی برقرار است که شرایط محیط ثابت بمانند به عنوان نمونه اگر دمای محیط و مخزنی که در آن واقع شده تغییر کند (تغییر پودمان) این تغییر به عنوان یک اغتشاش تلقی شده و تغییراتی در سامانه 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 سامانه کنترل حلقه 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 به صورت کنترل حلقه باز عمل کند، باید با استفاده از متغیرهای فرایند (میزان محتویات داخل مخزن، دمای هوای محیط، اندازه و ابعاد 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 مجدداً میزان باز بودن شیر را محاسبه نمود. بدیهی است این روش هم خیلی مشکل و هم از دقت کمتری برخوردار خواهد بود.

کنترل چند متغیر به طور همزمان

در مثال بالا علاوه بر ثابت ماندن شرایط محیط، می‌بایست ارتفاع مایع داخل مخزن هم باید ثابت باشد. در غیر این صورت 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 لذا بدین منظور 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 که این کار بحث مهندسی کنترل را سخت‌تر و پیچیده‌تر می‌کند. البته در فرایندهای صنعتی چندین متغیر به صورت همزمان کنترل می‌شوند که معمولاً به این نوع کنترل، کنترل همزمان چند متغیر^۲ می‌گویند.

بیشتر بدانید



تحقیق کنید



۱- چگونه دمای بدن انسان کنترل می‌شود؟

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

۱- Temperature Indicator Controller

۲- Cascade



مزایای کنترل فرایند در صنایع شیمیایی چیست؟

شیر کنترل^۱



شکل ۵۱ - شیر کنترل

شیر کنترل در شکل ۵۱، گونه‌ای از شیرهای صنعتی هستند که در سامانه‌های کنترلی فرایند به کار می‌روند. این نوع از شیرها با فرمان گرفتن از کنترل کننده، 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 به کار می‌رود. نیروی مورد نیاز برای باز و بسته کردن این شیرها در به صورت الکتریکی، هیدرولیکی و یا پنوماتیکی است. همچنین این شیرها به طور معمول با ورودی سیگنال ۴ تا ۲۰ میلی آمپر عمل می‌کنند. شیر کنترل نقش مهم و اساسی در یک صنعت فرایندی ایفا می‌نماید و قسمت زیادی از هزینه‌های خرید قطعات و دستگاه‌ها در صنایع، مربوط به شیر کنترل و سامانه‌های جانبی آن می‌باشد.

فعالیت عملی ۱۰: کنترل دمای آب مخزن

وسایل مورد نیاز:

- مخزن مجهز به گرم کن الکتریکی
- ترموستات
- دماسنج
- زمان سنج

روش کار:

- درون مخزن مجهز به گرم کن الکتریکی، آب بریزید.
 - ترموستات را روی ۵۰ درجه سلسیوس تنظیم کنید.
 - دماسنج را درون مخزن قرار دهید.
 - گرم کن را روشن کنید.
- الف) دمای اولیه آب موجود در مخزن چند درجه سلسیوس است؟
- ب) چه مدت طول می‌کشد تا دمای مخزن به ۵۰ درجه سلسیوس می‌رسد؟
- ج) نحوه کنترل دمای آب مخزن را شرح دهید.



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:

به کارگیری محاسبات و اندازه‌گیری دما و کنترل آن جریان مطابق دستورالعمل

شاخص‌ها:

- رعایت مسایل ایمنی حین کار
- 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، ولت متر، ارلن، استارت لامپ مهتابی، باتری قلمی، لامپ سه ولتی، سیم، ترموستات، گیره، گرمکن الکتریکی، زمان سنج

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	به کارگیری مفاهیم و محاسبات در اندازه‌گیری دما	۱	
۲	انجام روش‌های اندازه‌گیری دما	۲	
۳	کالیبراسیون دماسنج	۱	
۴	کنترل دما	۱	
	شایستگی‌های غبرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: ۱- ایمنی: انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسایل ایمنی شخصی ۲- نگرش: صرفه جویی در مواد مصرفی ۳- توجهات زیست‌محیطی: جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش ۴- شایستگی‌های غبرفنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای ۲- مدیریت منابع ۳- محاسبه و کاربست ریاضی ۵- مستندسازی: گزارش نویسی	۲	
	میانگین نمرات		*

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