

### اندازه‌گیری دما

#### چکیده فصل

در این فصل هنرجویان با مفهوم دما و فاصله دمایی، واحدهای مختلف دما و نحوه تبدیل مقیاس‌های دما به یکدیگر آشنا می‌شوند. در انتهای فصل نیز مختصراً در مورد یکی از انواع دماسنج‌ها، دماسنج مایعی، توضیحاتی داده می‌شود.

دانسته‌های قبلی: هنرجویان در سال‌های قبل، با مفاهیم دما و گرما و دماسنجی تا حدودی آشنا شده‌اند.

اهداف فصل: در پایان این فصل از هنرجویان انتظار می‌رود که مفاهیم زیر را آموخته باشند:

- مفهوم دما و گرما و تفاوت آنها
- انواع دما و تفاوت آنها
- علت انتخاب صفر مطلق (به جای صفرهای سلیقه‌ای)
- واحدهای مختلف دما
- نحوه تبدیل واحدهای دما به یکدیگر
- مفهوم فاصله دمایی
- تفاوت دما و فاصله دمایی
- دماسنج مایعی (اساس کار، ساختمان، کاربرد و عملکرد)

#### برنامه زمان‌بندی تدریس فصل دوم

صفحه	موضوعات	هفته
۱۰-۱۲	مفهوم دما و گرما - انواع دماها و واحدهای مربوطه - نحوه تبدیل دماها به یکدیگر	۵
۱۲-۱۳	مفهوم فاصله دمایی - دماسنج مایعی حل خودآزمایی	۶

برنامه زمان بندی هفته پنجم			دقیقه
۱	آماده کردن کلاس (احوالپرسی، حضور و غیاب)	۵	
۲	رفع اشکال	۱۰	
۳	آزمون فصل اول	۳۰	
۴	تدریس	۸۰	
۵	استراحت میان تدریس (دو نوبت)	۱۰	

### نمونه ای از یک آزمون فصل (۱)

زمان : ۳۰ دقیقه

۱- در جدول زیر، در هر ردیف یک یا دو مشخصه از یک کمیت داده شده است. بنابر اطلاعات داده شده، جدول را تکمیل کنید. (۴/۵)

واحد	کمیت	سیستم	نوع واحد	نوع کمیت
Psi				
	نیرو	CGS		
پويز				
اینچ				
	انرژی حرارتی	SI		

۲- سال نوری را تعریف کرده و محاسبه کنید ۳ سال نوری چند متر است؟ (۲)

۳- تبدیل واحد زیر را انجام دهید. (۱)

$$3 \text{ kg/m.s} = ? \text{ lbm/ft. min}$$

$$(1 \text{ kg} = 2.2 \text{ lbm} \text{ و } 1 \text{ ft} = 0.3 \text{ m})$$

$$(1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm})$$

۴-  $400 \text{ in}^3/\text{Day}$  چند  $\text{cm}^3/\text{min}$  است؟ (۱)

۵- فاصله شهر A تا B، ۲۵۰ کیلومتر است. شهر A از C، ۴۰ مایل فاصله دارد. اگر شهر C بین دو شهر A و B قرار داشته باشد، از شهر B تا C چند کیلومتر است؟ (۱/۵)

$$(1 \text{ mile} = 1.61 \times 10^3 \text{ m})$$

(جمعاً ۱۰ نمره)

## پاسخ امتحان آخر فصل (۱)

سؤال (۱): ردیف‌های جدول به ترتیب از چپ به راست؛ (هر مورد ۰/۲۵)

Psi – فشار – FPS – مشتق شده – فرعی

dyne – نیرو – CGS – مشتق شده – فرعی

پویز – گرانی – CGS – مشتق شده – فرعی

اینچ – طول – FPS – مضرب – اصلی

Cal – انرژی حرارتی – SI – مشتق شده – فرعی

سؤال (۲): تعریف سال نوری در متن راهنما وجود دارد. (۰/۵)

$$\frac{3 \text{ سال نوری}}{1 \text{ سال نوری}} \times \frac{9.4608 \times 10^{12} \text{ km}}{1 \text{ km}} \times \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 3 \times 9.4608 \times 10^{15} \text{ m}$$

$$= 28.3824 \times 10^{15} \text{ m}$$

(۰/۲۵)      (۰/۲۵)

سؤال (۳)

$$\frac{3 \text{ kg}}{1 \text{ kg}} \times \frac{2/2 \text{ lbm}}{1 \text{ lbm}} \times \frac{0/3 \text{ m}}{1 \text{ ft}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = (3 \times 2/2 \times 0/3 \times 60) \text{ lbm/ft.min}$$

$$= 118/8 \text{ lbm/ft.min}$$

(۰/۲۵)

سؤال (۴)

$$\frac{40 \text{ in}^3}{1 \text{ Day}} \times \frac{2/54 \text{ cm}^3}{1 \text{ in}^3} \times \frac{1 \text{ Day}}{24 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} = 4/55 \text{ cm}^3/\text{min}$$

(۰/۲۵)

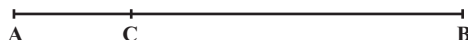
سؤال (۵)

$$\frac{40 \text{ mile}}{1 \text{ mile}} \times \frac{1/61 \times 1 \text{ m}}{1 \text{ mile}} \times \frac{1 \text{ km}}{1 \text{ m}} = 64/4 \text{ km}$$

(۰/۲۵)

$$250 \text{ km} - 64/4 \text{ km} = 185/6 \text{ km}$$

(۰/۵)      (۰/۲۵)



## راهنمای تدریس

در هریک از فصول دوم تا پنجم، کمیتی مورد بحث قرار می‌گیرد و در خصوص آن کمیت، مطالبی با عناوین زیر را می‌توان ارائه نمود:

- ۱- معرفی کمیت و مفاهیم مربوط به آن
  - ۲- روابط فیزیکی جهت انجام محاسبات مربوطه
  - ۳- معرفی روش‌ها و دستگاه‌های<sup>۱</sup> اندازه‌گیری آن کمیت
- فصل دوم، راجع به «کمیت دما» است، با عنوان

تابلو ← اندازه‌گیری دما

### ۲-۱-۲ دما

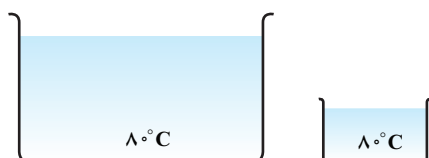
در این بخش هنرآموزان محترم می‌توانند در خصوص عناوین زیر توضیحاتی ارائه دهند:

- مفهوم دما و گرما
  - ضرورت اندازه‌گیری دما
  - وسیله اندازه‌گیری دما
- با مطرح کردن چند سؤال ساده، مفهوم دما<sup>۲</sup> برای هنرجویان روشن می‌شود، برای مثال:
- وقتی می‌گویند «این شخص تب دارد» یعنی چه؟
  - در زمستان در رادیاتور ماشین، ضدیخ می‌ریزند، چرا؟
  - ...
- بعد از جمع‌آوری نظرات هنرجویان، می‌توان «دما» را با عبارت‌های مختلف تعریف کرد<sup>۳</sup>:
- دما، معیاری برای سنجش گرماست.
  - دما، درجه گرمی یک ماده را نشان می‌دهد.
  - دما، شدت انرژی جنبشی و حرارتی یک ماده را بیان می‌کند.
  - دما، متناسب با میزان جنبش مولکول‌های ماده است.
  - ...

و اما گرما؛ گرما با دما تفاوت دارد، مثال زیر می‌تواند مفید باشد:

«یک لیوان آب و یک مخزن آب را در نظر بگیرید که هر دو در دمای  $8^{\circ}\text{C}$

هستند، مقدار گرمای کدام یک بیشتر است؟»



شکل ۱-۲

۱- شرح مفصل دستگاه‌های مربوطه، در کتاب «کارگاه عملیات دستگاهی» آمده است.

۲- بالا و پایین بودن درجه حرارت

۳- سطر اول بخش (۱-۲) فصل دوم کتاب درسی، تعریفی از «دما» را ارائه می‌دهد که لازم است آن نیز ذکر گردد.

جهت پاسخ‌گویی به این سؤال، به رابطه  $Q = mc\Delta T$  اشاره شود، با این توضیحات :  
چون محتویات هر دو ظرف یک ماده (آب) است پس ظرفیت حرارتی (C) نیز علاوه بر دما، یکسان است و تنها تفاوت، جرم آب است که با گرما رابطه مستقیم دارد.

نتیجه : با وجود یکسان بودن دما، میزان گرمای آنها برابر نیست. گرمای آب مخزن به علت جرم بیشتر، بیشتر است.  
با طرح یک سؤال، می‌توان آموخته‌های فصل اول را، محک زد :  
«دما و گرما را از نظر نوع کمیت بررسی کنید».

بعد از دریافت نظرات هنرجویان، پاسخ کامل به صورت زیر می‌تواند اعلام شود :  
دما یک کمیت اصلی و مستقل است که با دماسنج اندازه‌گیری می‌شود. در حالی که گرما یک کمیت فرعی است و مقدار آن وابسته به مقادیر جرم ماده، دما و ظرفیت حرارتی آن است و با رابطه فیزیکی مذکور محاسبه می‌شود.  
گرما، نوعی انرژی است و دما شدت آن انرژی را بیان می‌کند.

در خصوص ضرورت اندازه‌گیری دما توسط مقیاس‌های دما و دماسنجی، می‌توان پرسش‌هایی مانند زیر را مطرح کرد :  
– آیا با لمس کردن پیشانی یک بیمار تبار، اطلاعات لازم برای درمان او به دست می‌آید؟  
– آیا با دست زدن به آب یک ظرف، می‌توان میزان گرمای آن آب را محاسبه کرد؟  
– ...

مثال کتاب نیز قابل بحث است که چگونه با وجود یکسان بودن محیط، احساس فیزیکی هر یک از دست‌ها می‌تواند متفاوت باشد و این به دلیل خطای حس لامسه است و به همین دلیل نمی‌تواند مبنای دقیقی برای سنجش دما باشد. از این رو، برای افزایش دقت و کمیت بخشیدن به دما<sup>۱</sup>، به مطرح شدن مقیاس‌های دما و ساخت وسایلی جهت اندازه‌گیری آن نیاز است.

## فعالیت<sup>۲</sup>

هدف : نشان دادن بی‌دقتی حس لامسه است (ضرورت اندازه‌گیری دما)

روش : سه ظرف حاوی آب سرد، آب گرم و آب ولرم تهیه کنید. یک دست خود را در آب سرد و دست دیگر را در آب گرم قرار دهید. پس از چند ثانیه، هر دو دست را در آب ولرم فرو برید. احساس دست‌های شما متفاوت است، آن را گزارش کنید.

## ۲-۲- واحدهای اندازه‌گیری دما

مفاهیمی که در این بخش تدریس می‌شوند عبارت‌اند از :

– نحوه اندازه‌گیری دما }  
۱- نسبی  
۲- مطلق

– واحدهای اندازه‌گیری دمای نسبی و مطلق

– مبنای اندازه‌گیری دمای نسبی و مطلق

۱- منظور اعلام مقدار دماست.

۲- در وقت اضافی می‌توان آزمایش را سرکلاس انجام داد، در غیر این صورت از هنرجویان خواسته شود آن را در خانه انجام دهند.

— تعریف صفر مطلق

— بیان مقدار صفر مطلق در چهار مقیاس اندازه‌گیری دما

— معرفی مقیاس علمی متداول برای اندازه‌گیری دما

— نقاط منشأ (مرجع) جهت درجه‌بندی چهار مقیاس اندازه‌گیری دما

— نسبت فاصله درجات چهار مقیاس به یکدیگر

جهت تدریس مفاهیم مذکور، متن کتاب بهترین مرجع است.

**تعریف صفر مطلق<sup>۱</sup>:** اگر جسمی را به تدریج سرد کنیم سرعت ذرات آن به تدریج کم می‌شود و در یک درجه حرارت معینی سرعت ذرات آن به صفر می‌رسد و به حالت سکون درمی‌آید. این درجه حرارت را صفر مطلق می‌نامند و واضح است که دمایی پایین‌تر از صفر مطلق نمی‌تواند وجود داشته باشد.

## دانستنی (۱)

### صفر مطلق چیست؟

در دماسنج‌های معمولی پایین‌ترین دما به صورت صفر درجه سلسیوس علامت‌گذاری شده است. امروزه دانشمندان می‌توانند دماهایی بسیار پایین‌تر از صفر درجه سلسیوس را ایجاد کنند.

کلوین ویلیام تامسون فیزیک‌دان انگلیسی، نخستین کسی بود که برای اندازه‌گیری دما مقیاسی براساس صفر مطلق ارائه داد. به همین جهت به درجه‌بندی‌ای که برای اندازه‌گیری دماهای پایین مورد استفاده قرار می‌گیرد درجه‌بندی کلوین یا درجه‌بندی مطلق می‌گویند. براساس این مقیاس دمای انجماد آب ۲۷۳ درجه کلوین است. پایین‌ترین دمای ممکن ۲۳۷/۱۵- درجه سلسیوس است که به آن صفر مطلق می‌گویند. در این دما انرژی درونی ماده به کمترین مقدار خود می‌رسد و حرکت مولکول‌ها متوقف می‌شود.

از نظر تئوری حجم یک گاز با کاهش دما، کم می‌شود و در دمای صفر مطلق تمام انرژی جنبشی خود را از دست می‌دهد، ولی در عمل تمام گازها قبل از اینکه دمایشان به صفر مطلق برسد ابتدا مایع و سپس به جامد تبدیل می‌شوند.

دانشمندان هرگز نتوانسته‌اند در آزمایشگاه به دمای صفر مطلق دست یابند.

پایین‌ترین دمای ثبت شده از مغناطیسی کردن هسته مس در دمای پایین به دست آمده است. این دما یک میلیونیم درجه بالاتر از صفر مطلق است.

وقتی مواد تا دمای نزدیک به صفر مطلق سرد می‌شوند عکس‌العمل‌های عجیبی از خود نشان می‌دهند. در این دما گاز اکسیژن یخ می‌زند و به صورت جامدی به رنگ آبی روشن درمی‌آید. یک توپ پلاستیکی چنان شکننده می‌شود که با خوردن به زمین خرد می‌شود. حیوه که در حالت عادی مایع است همانند نقره، سخت و شکننده می‌شود. هیدروژن به مایع تبدیل می‌شود و شروع به چسبیدن به کناره‌های ظرف می‌کند برای مثال دمای میعان برای هیدروژن ۲۰ درجه کلوین و برای هلیوم ۴/۲ درجه کلوین است<sup>۲</sup>.

۱- Absolute Zero

تعریفی برای صفر مطلق، در متن بخش (۲-۲) وجود دارد که در تکمیل آن، تعریف مذکور ارائه می‌شود.

۲- منبع: دانش‌نامه مصور، ترجمه و تلخیص از دکتر فربرز صادقی شهرستانی و شیرین‌نیک‌آیین.

— نقاط منشأ (مرجع) درجه‌بندی مقیاس‌های مختلف دما<sup>۱</sup>: منظور از نقاط منشأ هر مقیاس، پایین‌ترین (صفر) و بالاترین نقطه آن مقیاس است که از قرار دادن یک دماسنج در محیط‌های مخصوصی به دست آمده تا بین آن دو نقطه درجه‌بندی صورت گیرد، برای مثال:

سلسیوس (سانتی‌گراد): صفر سانتی‌گراد پایین‌ترین نقطه این مقیاس است که در مخلوطی از آب و یخ در فشار یک اتمسفر حاصل شده است. به بیان دیگر، نقطه انجماد آب در فشار یک اتمسفر، صفر درجه سانتی‌گراد تعیین شده است. سلسیوس عدد صد را بالاترین نقطه این مقیاس انتخاب کرد که محیط انتخابی او بخار آب در حال جوش در فشار یک اتمسفر بود. به بیان دیگر، نقطه جوش آب در فشار یک اتمسفر، صد درجه سلسیوس معرفی شد.

## دانستنی (۲)

### مقیاس‌های اندازه‌گیری دما

به طور کلی چهار مقیاس اندازه‌گیری دما جهت مدرج کردن دماسنج‌ها وجود دارد که هر یک از آنها توسط دانشمندی ابداع شده و به نام هریک ثبت گردیده است.

جهت مدرج کردن هر دماسنج، به نقاط ثابت دماسنجی نیاز است. از این رو هر دانشمند اختصاصاً محیط‌هایی را برای ایجاد این نقاط انتخاب کرده است، به صورت زیر:

۱— **فارنهایت**: در سال ۱۷۱۴، گابریل فارنهایت<sup>۲</sup>، اولین دماسنج جیوه‌ای استاندارد خود را ساخت. در گزارشی چنین آمده است که او نقطه شروع دماسنج دست‌ساز خود را از قرار دادن حباب دماسنج، در مخلوطی از یخ و کلرید آمونیم به دست آورد و آن را «صفر فارنهایت» نامید و بالاترین نقطه را، دمای شروع جوشش جیوه انتخاب کرد و بین این دو نقطه را به ۶۰۰ قسمت مساوی تقسیم نمود. ولی به علت مشکلات زیادی، که ناشی از انتخاب محیط<sup>۳</sup> و تعداد درجات بالا بود، تصمیم گرفت از محیط‌های مناسب‌تری استفاده کند. او مخلوط آب و یخ<sup>۴</sup> را برای حد پایین و بخار آب در حال جوش<sup>۵</sup> را جهت تعیین نقطه بالا انتخاب کرد و در یک شرایط استاندارد (فشار یک اتمسفر) دماسنج مدرج شده‌اش را در آن محیط‌ها قرار داد و به ترتیب اعداد ۳۲<sup>۶</sup> و ۲۱۲<sup>۷</sup> را به دست آورد و بین این دو را به ۱۸۰ قسمت یا درجه تقسیم کرد و هر قسمت را، یک درجه فارنهایت نامید.

۲— **سلسیوس**: در سال ۱۷۴۲، آندره سلسیوس دماسنج خود را در همان محیط‌های استاندارد فارنهایت قرار داد و نقطه انجماد آب را صفر و نقطه جوش آب را صد در نظر گرفت و بین این نقاط ثابت، دماسنج خود را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم کرد و هر قسمت را، یک درجه سانتی‌گراد<sup>۸</sup> نام نهاد.

۱— جهت کسب اطلاعات بیشتر و ارائه مطالب به صورت کامل‌تر به دانستنی (۲) مراجعه شود.

۲— فارنهایت یک شیشه‌گر ماهر نیز بود.

۳— محیط‌های انتخابی فارنهایت، به راحتی فراهم نمی‌شد، مضافاً بر اینکه سمی نیز بود (منظور جیوه است)

۴— نقطه انجماد آب

۵— نقطه جوش آب

۶— نقطه انجماد آب ۳۲°F است.

۷— نقطه جوش آب ۲۱۲°F است.

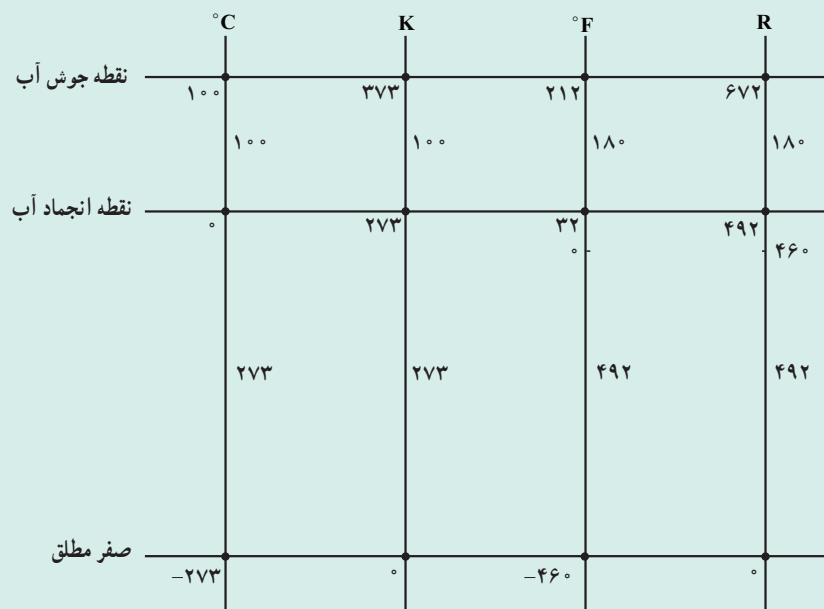
۸— چون هر قسمت از درجه‌بندی سلسیوس،  $\frac{1}{100}$  کل است از این رو به آن، سانتی‌گراد می‌گویند.

هم‌چنان که مشاهده می‌شود هر دو دانشمند، پایین‌ترین نقطه ثابت دماسنجی خود را «صفر» معرفی کردند ولی آیا واقعاً دمایی پایین‌تر از صفر پیشنهادی آنها وجود ندارد؟  
براین اساس، دو دانشمند دیگر به نام‌های کلونین و رانکین صفر مطلق را، به صورت پایین‌ترین دمای ممکن، برگزیدند.

**۳- کلونین :** در سال ۱۸۴۸ ویلیام کلونین، مقیاس اندازه‌گیری خود را براساس (صفر مطلق) درجه‌بندی کرد. کلونین، دماسنج خود را به طریقی مدرج کرد که از نظر فاصله درج‌ات با سلسیوس برابر باشد.

**۴- رنکین :** در قرن نوزدهم، دانشمندی به نام رنکین مقیاس دیگری برای اندازه‌گیری دما بر مبنای صفر مطلق ارائه کرد که از نظر فاصله درج‌ات با فارنهایت یکسان بود.

مقایسه چهار مقیاس مذکور، در نمودار شکل ۲-۲ مشهود است :



شکل (۲-۲)

با استفاده از این نمودار، روابط بین مقیاس‌های دمایی قابل اثبات است<sup>۱</sup>.

## ۳-۲- تبدیل واحدهای دما به یکدیگر

در این بخش، توجه هنجریان به سه رابطه فیزیکی<sup>۲</sup> جهت تبدیل واحدهای دما به یکدیگر، جلب می‌گردد. توصیه می‌شود در حین نوشتن روابط مذکور روی تابلو، توضیحات<sup>۳</sup> لازم نیز ارائه گردد :

$$T_K = T_C + ۲۷۳ \quad (۱-۳-۲)$$

۱- اثبات روابط مذکور، در برنامه درسی هنجریان قرار ندارد.

۲- چگونگی اثبات روابط میان مقیاس‌های دمایی، در دانستنی (۳) ارائه شده است که در صورت درخواست هنجریان، می‌تواند در کلاس مطرح شود وگرنه صرفاً جهت اطلاع

هنرآموزان محترم است.

۳- مثلاً در خصوص نمادهای مقیاس‌های دما : C برای سلسیوس، K کلونین، F فارنهایت و R رنکین است.



رابطه (۲-۳-۱) رابطه میان دو مقیاس کلوین و سلسیوس را نشان می‌دهد.

$$T_F = 1/8 T_C + 32 \quad (2-3-2)$$

رابطه (۲-۳-۲) رابطه میان مقیاس‌های فارنهایت و سلسیوس است.

$$T_R = T_F + 46^\circ \quad (3-3-2)$$

رابطه (۳-۳-۲) رابطه میان مقیاس‌های رنکین و فارنهایت است.

جهت یادگیری این روابط، مثال‌هایی مانند مثال (۱-۲) و (۲-۲) حل می‌شود<sup>۱</sup>.

لازم به یادآوری است که تکرار استفاده از این روابط، به یادگیری آنها بسیار کمک می‌کند.

توضیح مثال (۲-۲) کتاب :

مثال :  $40^\circ$  درجه کلوین را به درجه رنکین تبدیل کنید.

حل : این تبدیل واحد از دو راه می‌تواند انجام شود :

الف) طی مسیر روبه‌رو؛  $40^\circ$  درجه کلوین  $\leftarrow$  سلسیوس  $\leftarrow$  فارنهایت  $\leftarrow$  رنکین با استفاده از روابط تبدیل واحدهای دما

به یکدیگر

ب) استفاده از یک رابطه جدید که رابطه میان دو مقیاس کلوین و رنکین است.

$$T_R = 1/8 T_K \quad (4-3-2)$$

از هنجاریان خواسته شود این تبدیل واحد را از هر دو راه انجام دهند و جواب‌ها را با هم مقایسه کنند<sup>۲</sup>.

### فعالیت (تحقیق)

رابطه میان دو مقیاس کلوین و رنکین را به دست آورید.

### تکلیف

از هنجاریان خواسته شود مسائل (۱) و (۲) و (۳) خودآزمایی را برای جلسه بعد انجام دهند.

۱- در این بخش، مثال‌های (۱-۲) و (۲-۲) کفایت می‌کند. مثال (۳-۲) پس از تدریس مبحث «فاصله دمایی» حل خواهد شد.

۲- اثبات رابطه (۴-۳-۲) در دانستنی (۳) ارائه شده است. اختلاف جواب‌ها (۶/۰) می‌تواند باشد.

### دانستنی (۳)

اثبات روابط فیزیکی بین مقیاس‌های دمایی : ساده‌ترین راه برای اثبات، استفاده از مثال‌های عددی است.

الف) رابطه بین کلوین و سلسیوس : فرض می‌شود که:  $T = 1^{\circ}\text{C}$ ، برای یافتن معادل آن روی درجه‌بندی کلوین کافی است یک درجه به ۲۷۳ (معادل صفر سلسیوس) اضافه گردد، زیرا یک درجه کلوین از نظر فاصله دمایی برابر یک درجه سلسیوس است پس :

$$T_K = 1 + 273$$

پس هر دمایی در مقیاس کلوین برابر است با حاصل جمع معادل آن در سلسیوس و عدد ۲۷۳، بنابراین :

$$T_K = T_C + 273$$

ب) رابطه بین رنکین و فارنهایت : به طریق مشابه عمل می‌شود، فقط برای درک بیشتر مطلب کافی است مبنای فارنهایت روی صفر بیاید که در این صورت مبنای رنکین نیز روی  $460^{\circ}$  می‌آید، زیرا :  $460 = 32 - 492$  و با یک مثال می‌توان به رابطه زیر دست یافت :

$$T_R = T_F + 460$$

ج) رابطه بین فارنهایت و سلسیوس : با توجه به اینکه فاصله بین نقطه انجماد و نقطه جوش آب در مقیاس سلسیوس  $100^{\circ}$  درجه و همین فاصله در فارنهایت  $180^{\circ}$  درجه یا قسمت است می‌توان گفت تعداد درجات در فارنهایت بیشتر از سلسیوس است (۱/۸ برابر) اما فاصله درجات آن کمتر از سلسیوس است، که نسبت آن یک به ۱/۸ است. اگر  $T = 1^{\circ}\text{C}$  باشد برای یافتن معادل آن روی فارنهایت باید ۱/۸ قسمت از ۳۲ (معادل صفر سلسیوس) بالا رفت، یعنی :

$$T_F = 1/8 \times 1 + 32 = 33/8$$

پس در حالت کلی رابطه زیر وجود دارد :

$$T_F = 1/8 T_C + 32$$

د) رابطه رنکین و کلوین : برای یافتن این رابطه از سه رابطه اصلی بهره گرفته و یک سری جایگزینی‌ها انجام می‌شود؛ به صورت زیر :

$$T_R = T_F + 460 \quad (1)$$

$$T_F = T_C \times 1/8 + 32 \quad (2)$$

$$T_K = T_C + 273 \quad (3)$$

رابطه (۲) در (۱) جایگزین می‌شود :

$$\Rightarrow T_R = 1/8 T_C + 32 + 460 = 1/8 T_C + 492 \quad (4)$$

با جایگزینی رابطه (۳) در (۴)، رابطه به صورت زیر درمی‌آید :

$$\Rightarrow T_R = 1/8 [T_K - 273] + 492 = 1/8 T_K - 1/8 \times 273 + 492$$

$$= 1/8 T_K - 491/4 + 492$$

اگر از دو عدد آخر که فقط  $6/100$  اختلاف دارند، صرف نظر شود، رابطه مورد نظر به دست می‌آید :

$$\Rightarrow T_R = 1/8 T_K$$

برنامه زمان بندی هفته ششم			دقیقه
۱	آماده کردن کلاس (احوالپرسی، حضور و غیاب)	۵	
۲	رفع اشکال	۱۰	
۳	حل خودآزمایی	۴۰	
۴	تدریس	۷۰	
۵	استراحت میان تدریس (دو نوبت)	۱۰	

### راهنمای تدریس

رفع اشکال را می توان به صورت پرسش و پاسخ انجام داد، سپس از دفتر حل تمرین هنرجویان بازدید به عمل آورد و به هنرجویانی که در حل خودآزمایی سستی کرده اند، نیز تذکر لازم داده شود. بعد مسائل تعیین شده توسط هنرجویان روی تابلو حل شود. سعی بر این است که هر تبدیل واحد را یک هنرجو انجام دهد.

تدریس این هفته، به «مفهوم فاصله دمایی» اختصاص دارد و توصیه می شود مسائل مربوط به آن نیز سرکلاس حل شود. در پایان راجع به یک نوع دماسنج (مایعی) مختصراً<sup>۱</sup> توضیح داده می شود.

بحث پیرامون فعالیت (۱): گزارش هنرجویان، در خصوص انجام آزمایش مطروحه در هفته گذشته، جمع آوری گردد و برای آنها، امتیازی منظور گردد و در مورد نتایج آزمایش بحث شود و در پایان می توان به صورت زیر نتیجه گرفت:

«وقتی دست راست خود را در آب سرد می گذاریم، گرما از دست ما به آب سرد منتقل می شود و در نتیجه احساس سرما می کنیم. برعکس، در آب گرم، گرما از آب به دست چپ ما انتقال می یابد، به همین دلیل احساس گرما می کنیم. در آب ولرم، دست راست گرما می گیرد و دست چپ گرما از دست می دهد. این است که احساس دست های ما متفاوت است، با اینکه محیط و دمای آن برای هر دو یکسان است، پس حس لامسه نمی تواند مبنای اندازه گیری دقیقی برای دما باشد (خطای حس لامسه)»

### حل خودآزمایی فصل دوم

۱- نقاط مرجع در مقیاس های سلسیوس و فارنهایت، دمای نقطه انجماد و جوش آب در فشار یک اتمسفر است که به ترتیب: صفر و صد در مقیاس سلسیوس و ۳۲ و ۲۱۲ در مقیاس فارنهایت اند. این نتایج در محیط های «مخلوط آب و یخ» و «بخار آب در حال جوش» به دست آمده اند.

۲- ۳۰ درجه فارنهایت چند درجه سلسیوس، کلون و رنکین است؟

حل: تبدیل واحد می تواند به ترتیب زیر انجام شود:

$$T_F = 1/8 T_C + 32 \Rightarrow T_C = \frac{T_F - 32}{1/8}$$

۱- شرح تفصیلی انواع دماسنج ها به همراه آزمایش های مربوطه، در کتاب «کارگاه عملیات دستگاهی» موجود است و هنرجویان در درس کارگاه، با آنها به خوبی آشنا می شوند.

$$T_C = \frac{300 - 32}{1/8} = 148/89^\circ C$$

$$T_K = T_C + 273 \Rightarrow T_K = 148/89 - 273 = 421/89 K$$

$$T_R = T_F + 460 \Rightarrow T_R = 300 + 460 = 760^\circ R$$

ممکن است  $T_R$  از رابطه زیر به دست آید<sup>۱</sup>:

$$T_R = 1/8 T_K \Rightarrow T_R = 1/8 \times 421/89 = 759/4^\circ R$$

۳- دماهای زیر را به هم تبدیل کنید:

حل: مانند مسئله (۲)، تبدیل واحدها با استفاده از روابط انجام می‌شود. در این قسمت از حل تک‌تک آنها صرف‌نظر می‌کنیم و تنها به ارائه جواب اکتفا می‌شود:

$$T = 400^\circ K = 127^\circ C = 260/6^\circ F = 720/6^\circ R \quad \text{(الف)}$$

$$T = -15^\circ C = 123 K = -238^\circ F = 222^\circ R \quad \text{(ب)}$$

$$T = 60^\circ R = 140^\circ F = 60^\circ C = 333 K \quad \text{(ج)}$$

$$T = 122^\circ F = 528^\circ R = 50^\circ C = 323 K \quad \text{(د)}$$

مفهوم «فاصله دمایی»: منظور از «فاصله دمایی» محاسبه تعداد درجات یا قسمت‌هایی است که بین دو دما وجود دارد، برای

مثال:

فاصله دمایی صفر و صد درجه سلسیوس، صد است

$$\Delta T_C = T_2 - T_1 = 100^\circ C$$

به روش مشابه، فاصله دمایی بین دو دمای انجماد و جوش آب در مقیاس‌های دیگر محاسبه می‌شود

$$\Delta T_F = 212 - 32 = 180^\circ F \quad \text{در مقیاس فارنهایت:}$$

$$\Delta T_K = 373 - 273 = 100^\circ K \quad \text{در مقیاس کلونین:}$$

$$\Delta T_R = 672 - 492 = 180^\circ R \quad \text{و در مقیاس رنکین:}$$

$$\Delta T_C = \Delta T_K \text{ و } \Delta T_F = \Delta T_R \quad \text{همان‌طوری که مشاهده می‌شود:}$$

در خصوص این نتیجه‌گیری، در بخش (۲-۲) اشاره شده بود:

«فاصله درجات کلونین با فاصله درجات سلسیوس برابر است و فاصله درجات رنکین با فاصله درجات فارنهایت مساوی

است.»

براساس محاسبات مذکور، نسبت فاصله دمایی فارنهایت به سلسیوس به صورت زیر است:

$$\frac{\Delta T_F}{\Delta T_C} = \frac{180^\circ}{100^\circ} = 1/8$$

۱- اختلاف درجه رنکین محاسبه شده از این دو رابطه،  $6/^\circ$  است و این به دلیل اغمازی است که به هنگام به دست آوردن رابطه کلونین و رنکین صورت گرفته است (دانستنی

((۳)).

۲- در هیچ مرجعی، برای K علامت درجه گذاشته نشده است.

به این ترتیب، چون فاصله درجات در مقیاس سلسیوس و یا کلین بیشتر (۱/۸) از فاصله درجات در مقیاس فارنهایت و یا رنکین است پس در یک فاصله مشخص تعداد درجات کمتری نسبت به مقیاس فارنهایت یا رنکین در آن می‌گنجد<sup>۱</sup>.

مثال (۳-۲) روش محاسبه فاصله دمایی را در مقیاس‌های مختلف نشان می‌دهد :

مثال (۳-۲) فاصله بین دماهای  $2^{\circ}\text{F}$  تا  $8^{\circ}\text{F}$  را برحسب درجه سلسیوس به دست آورید.

حل : جهت حل این گونه مسائل، ابتدا هر دما توسط روابط فیزیکی بین مقیاس‌های دمایی به مقیاس موردنظر تبدیل می‌شود و

بعد از محاسبه اختلاف آنها، فاصله دمایی به دست می‌آید. پس :

$$T_F = 2^{\circ}\text{F} \text{ و } T_F = 8^{\circ}\text{F}$$

$$T_F = 1/8 T_C + 32 \Rightarrow T_C = \frac{T_F - 32}{1/8}$$

$$T_{C_1} = \frac{2 - 32}{1/8} = -6/67^{\circ}\text{C},$$

$$T_{C_2} = \frac{8 - 32}{1/8} = 26/67^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_C = T_{C_2} - T_{C_1} = 26/67 - (-6/67) = 33/34^{\circ}\text{C} \leftarrow$$

در حالی که فاصله این دو دما در مقیاس فارنهایت  $6^{\circ}$  درجه است :  $\Delta T_F = 8^{\circ} - 2^{\circ} = 6^{\circ}$

مشاهده می‌شود :  $\Delta T_F / \Delta T_C$

نکته مهم : هنجریان باید تفاوت دما و فاصله دمایی را درک کنند و بدانند که روابط فیزیکی مذکور مختص تبدیل واحد دماها

به یکدیگر است و هرگز نباید از آنها برای تبدیل واحد فاصله دمایی استفاده کرد و این اشتباه بارها توسط هنجریان تکرار می‌شود،

به این صورت که مثلاً در مثال (۳-۲) این گونه عمل می‌کنند :

$$\Delta T_F = 8^{\circ} - 2^{\circ} = 6^{\circ}\text{F}$$

$$T_C = \frac{6 - 32}{1/8} = 15/5^{\circ}\text{C}$$

برای رفع این اشکال، می‌توان از رسم نمودار<sup>۲</sup> استفاده کرد.

کار در کلاس : در صورتی که زمان کافی در اختیار باشد، از هنجریان خواسته شود مسئله (۴) خودآزمایی را در کلاس حل

کنند. می‌توان حل این تمرین را به مسابقه گذاشت و به نفرات اول امتیاز مثبت داد.

## ۴-۲- دماسنج (ترمومتر)

در خصوص اساس کار، ساختمان، عملکرد، کاربرد و گستره دمایی دماسنج مایعی، توضیحاتی به اختصار داده شود.

گستره دمایی هر دماسنج مایعی، محدوده استفاده آن را در فاصله بین نقطه انجماد و نقطه جوش مایع درون آن دماسنج تعیین می‌کند.

مثلاً دماسنج جیوه‌ای فقط در فاصله بین  $39^{\circ}\text{C}$  تا  $357^{\circ}\text{C}$  کاربرد دارد و دماسنج الکلی بین  $11^{\circ}\text{C}$  تا  $78^{\circ}\text{C}$  قابل استفاده است<sup>۳</sup>.

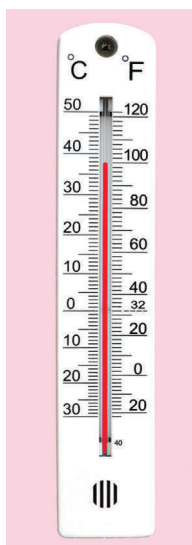
۱- این جمله، مفهوم بسیار مهمی را در بردارد که هنجریان باید آن را به خوبی درک کنند.

۲- نمودار مذکور در دانستنی (۴) مشاهده می‌شود.

۳- به همین دلیل برای اندازه‌گیری دماهای بالا از دماسنج جیوه‌ای و دماهای پایین از دماسنج الکلی استفاده می‌کنند.

شکل ۳-۲ یک دماسنج الکلی را نشان می‌دهد که برحسب دو مقیاس سلسیوس و فارنهایت مدرج

شده است :



شکل ۳-۲-۱ دماسنج الکلی

شکل ۴-۲ یک دماسنج جیوه‌ای پزشکی را نشان می‌دهد که برای اندازه‌گیری دمای بدن انسان کاربرد دارد. در شکل ۵-۲

یک دماسنج جیوه‌ای دیجیتالی مشاهده می‌شود.



شکل ۵-۲



شکل ۴-۲

## حل مسئله (۴) خودآزمایی فصل دوم

الف) فاصله دمایی از  $100^{\circ}\text{C}$  تا  $170^{\circ}\text{C}$  را به  $F$  و  $K$  و  $R$  تبدیل کنید.

$$T_1 = 100^{\circ}\text{C} \text{ و } T_2 = 170^{\circ}\text{C} \Rightarrow \Delta T_C = 170 - 100 = 70^{\circ}\text{C}$$

$$T_K = T_C + 273 \Rightarrow T_{K_1} = 100 + 273 = 373\text{K} \text{ و } T_{K_2} = 170 + 273 = 443\text{K}$$

$$\Delta T_K = T_{K_2} - T_{K_1} = 443 - 373 = 70\text{K}$$

به طریق مشابه، فاصله دمایی بین دو دمای مذکور در مقیاس‌های فارنهایت و رنکین به دست می‌آید :

$$\Delta T_F = 126^{\circ}\text{F} \text{ و } \Delta T_R = 126^{\circ}\text{R}$$

۱- شکل (۳-۲) از سایت [www.mail.Colonial.net](http://www.mail.Colonial.net)

۲- شکل (۴-۲) از سایت [www.mail.Colonial.net](http://www.mail.Colonial.net)

۳- شکل (۵-۲) از سایت [www.visual.merrian.webster.Com](http://www.visual.merrian.webster.Com)

## راه امتحان صحت مسئله

هم‌چنان که مشاهده می‌شود؛  $\Delta T_F = \Delta T_R = 126^\circ$  و  $\Delta T_C = \Delta T_K = 7^\circ$

(ب) فاصله دمایی از  $60^\circ R$  تا  $70^\circ R$  را به  $K$  و  $C$  و  $F$  تبدیل کنید.

بعد از حل مسئله به طریق مشابه، نتیجه به صورت زیر اعلام می‌گردد :

$$\Delta T_R = 100^\circ R \text{ و } \Delta T_F = 100^\circ F \text{ و } \Delta T_C = 55/5^\circ C \text{ و } \Delta T_K = 55/5K$$

## فعالیت

یک مسئله پیشنهادی از نوع فرادانشی :

دمای مشترک دو مقیاس سلسیوس و فارنهایت را به دست آورید.

برای حل این مسئله، امتیازی به هنرجویان تعلق می‌گیرد.

## برگزاری آزمون فصل دوم

از هنرجویان خواسته شود که خود را در هفته بعدی برای برگزاری یک آزمون از فصل دوم آماده کنند.

## دانستنی (۲)

مسائل فاصله دمایی را می‌توان از یک راه بسیار کوتاه‌تر نیز حل کرد. به این صورت که کافی است مقدار آن ( $\Delta T$ ) در یک مقیاس مشخص باشد تا براساس نسبت‌های موجود بین فواصل دمایی در مقیاس‌های مختلف، مقدار آن را در هر مقیاس تعیین کرد.

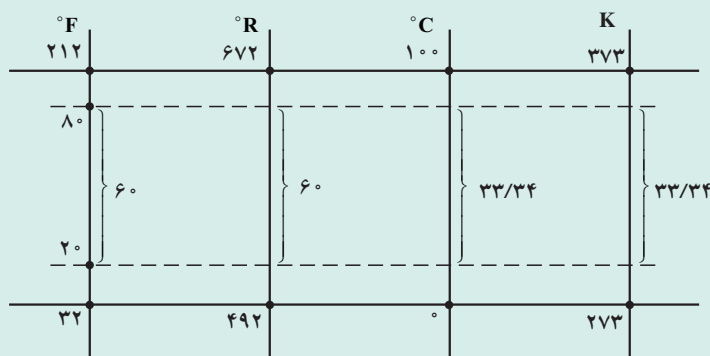
مثال (۲-۳) کتاب با این روش این‌گونه حل می‌شود :

$$\Delta T_F = 80 - 20 = 60^\circ F \leftarrow$$

$$\Delta T_F - \Delta T_R \Rightarrow \Delta T_R = 60^\circ R \leftarrow$$

$$\frac{\Delta T_F}{\Delta T_C} = 1/8 \Rightarrow \Delta T_C = \frac{\Delta T_F}{1/8} = \frac{60}{1/8} = 33/34^\circ C$$

$$\Delta T_C = \Delta T_K \Rightarrow \Delta T_K = 33/34K$$



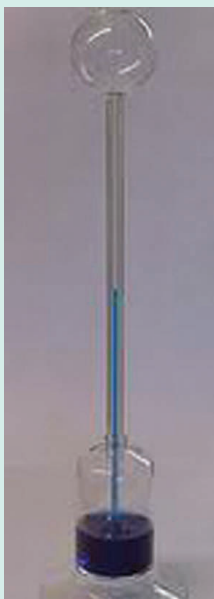
شکل ۲-۶ - نمایش یک فاصله دمایی در چهار مقیاس دما

برای درک عمیق‌تر هنرجویان، نتایج روی نمودار شکل ۲-۶ نشان داده می‌شود :  
در صورت مطرح شدن این راه‌حل در کلاس درس، به هنرجویان یادآوری کنید از این راه فقط می‌توانند در کنکور استفاده کنند و به کارگیری آن در امتحانات دیگر (از جمله نهایی) توصیه نمی‌شود.

## دانستنی (۵)

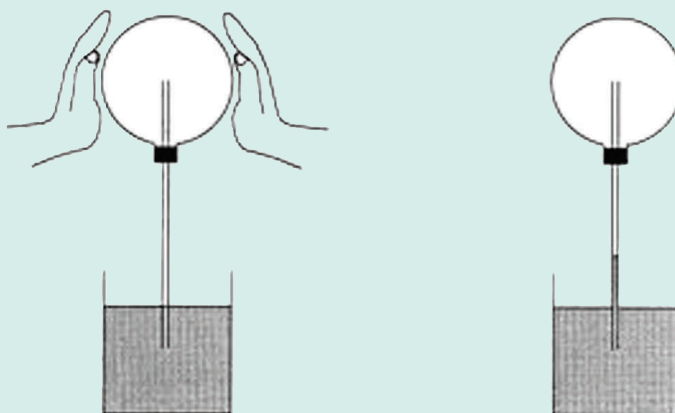
### برخی انواع دماسنج‌ها

۱- ترموسکوپ<sup>۱</sup>: طراحی و ساخت ترموسکوپ را به گاليله نسبت داده‌اند. ترموسکوپ، یک حباب شیشه‌ای بود که به لوله‌ای بلند و باریک متصل می‌شد. این حباب به‌طور واژگون درون ظرفی حاوی آب رنگین، قرار داشت. شکل ۲-۷ نمایی از ترموسکوپ گاليله را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۷

این وسیله فقط برای مقایسه گرما مناسب بود، به طوری که وقتی شخصی با کف دست خود حباب را لمس می‌کرد، گرمای دست او موجب انبساط هوای حباب و پایین رفتن سطح آب در لوله متصل به آن می‌شد. در صورتی که شخص تب داشت، سطح آب در لوله پایین‌تر می‌رفت و به این ترتیب، گرمای بدن بیمار با فرد سالم مقایسه می‌شد. شکل ۲-۸ عملکرد ترموسکوپ را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۸

۲- دماسنج بی‌متال<sup>۲</sup> (دوفلزی): این دماسنج براساس اثر گرما بر طول فلزات ساخته شده است.

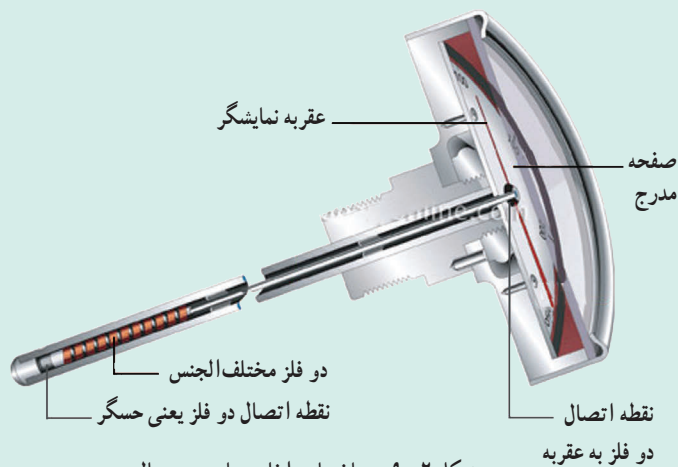
<sup>۱</sup> Thermoscope

<sup>۲</sup> شکل (۲-۷) از سایت [www.webapps.isa.umich.edu](http://www.webapps.isa.umich.edu)

<sup>۳</sup> شکل (۲-۸) از سایت [www.buybarometers.co.uk](http://www.buybarometers.co.uk)

<sup>۴</sup> Bimetal Thermometer





شکل ۹-۲- ساختمان داخلی دماسنج بی‌متال

در ساختمان این دماسنج، از دو فلز مختلف الجنس استفاده شده است، به طوری که از یک طرف به هم متصل شده و حسگر دماسنج را تشکیل داده‌اند و از طرف دیگر به عقره متصل‌اند. دو فلز به صورت حلقه‌هایی درآمده‌اند (شکل ۹-۲).

به علت تفاوت ضریب انبساط حرارتی دو فلز با افزایش دما، طول یکی بیشتر و در نتیجه پیچش آنها از هم باز می‌شود و عقره متناسب با آن، حرکت می‌کند.

در شکل‌های ۱۰-۲ و ۱۱-۲ دماسنج بی‌متال، که به ترتیب عقره‌ای و دیجیتالی هستند، مشاهده می‌شود.

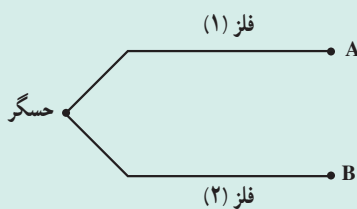


شکل ۱۱-۲- دماسنج بی‌متال دیجیتالی



شکل ۱۰-۲- دماسنج بی‌متال

۳- ترموکوپل: هرگاه مداری از دو سیم فلزی مختلف الجنس تشکیل شود، مانند شکل ۱۲-۲ و محل اتصال دو فلز (حسگر ترموکوپل) گرم شود جریان الکتریکی در مدار برقرار می‌گردد و اختلاف پتانسیلی در دو سر آزاد فلزات به وجود می‌آید که قابل اندازه‌گیری است، این اساس کار یک ترموکوپل است. در حقیقت ترموکوپل یک مولد برق<sup>۱</sup> است.



شکل ۱۲-۲

۱- البته برق تولیدی یک ترموکوپل بسیار ضعیف و در حد میلی ولت است.

ترموکوپل رایج‌ترین دماسنج مورد استفاده در صنعت است، زیرا با تغییر جنس فلزات می‌توان گستره‌های دمایی مختلفی را ایجاد کرد. در شکل‌های ۱۳-۲ و ۱۴-۲ دو نوع ترموکوپل دیجیتالی مشاهده می‌شود.



شکل ۱۴-۲



شکل ۱۳-۲