

### سیستم واحدهای اندازه‌گیری

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود بتواند:

- ۱- سیستم‌های مختلف واحدهای اندازه‌گیری را بنویسد؛
- ۲- انواع واحدهای اندازه‌گیری را تعریف کند؛
- ۳- با استفاده از جداول، واحدهای مختلف را به هم تبدیل کند.

#### ۱-۱- مفهوم اندازه‌گیری و اهمیت آن

برای این که پدیده‌های اطراف خود را بهتر بشناسیم، باید اطلاع درستی از آنها داشته باشیم. بخشی از این اطلاع از راه اندازه‌گیری به دست می‌آید. اندازه‌گیری در فعالیت‌های روزانه ما سهم بزرگی دارد. به این مثال‌ها توجه کنید:

وقتی ظرفیت کامیون را برحسب تن می‌سنجیم و یا وزن برنج را بر حسب کیلوگرم بیان می‌کنیم، و یا طلا و الماس را بر حسب گرم بیان می‌کنیم با اندازه‌گیری جرم مواجه هستیم. هنگامی که قد خود را اندازه می‌گیریم، چند متر پارچه می‌خریم و یا مسافتی را که با اتومبیل طی کرده‌ایم معین می‌کنیم، در واقع طول را اندازه‌گیری می‌کنیم. موقعی که از سن خود صحبت می‌کنیم یا ساعات کارکردمان را مشخص می‌کنیم در واقع زمان را اندازه‌گیری می‌کنیم.

#### ۱-۲- روش اندازه‌گیری

ابتدا لازم است با مفهوم کمیّت آشنا شوید.

کمیّت: هر مشخصه قابل اندازه‌گیری، قابل مقایسه و قابل تغییر از یک ماده را کمیّت گویند. کمیّت‌ها دو نوع هستند:

۱- کمیّت‌های اصلی (مستقل): این کمیّت‌ها کاملاً مستقل هستند و با ابزارهای مخصوص

قابل اندازه‌گیری می‌باشند. مانند طول، جرم، زمان، دما، شدت جریان و ...

۲- کمیّت‌های فرعی (وابسته): کمیّت‌هایی هستند که با استفاده از روابط ریاضی از کمیّت‌های

اصلی به دست می‌آیند مانند سطح، حجم، جرم مخصوص و فشار و ... .  
 وقتی می‌خواهیم کمیتی را اندازه‌گیری کنیم باید دو عمل جداگانه انجام دهیم:

۱- انتخاب واحد اندازه‌گیری (یا استاندارد) مناسب

۲- مقایسه کمیت اندازه‌گرفتنی با واحد انتخاب شده. مثلاً وقتی می‌گوییم طول اتاق، ۱۰ متر است به این معنی است که آن را با واحدی به نام متر سنجیده‌ایم و مقیاس اندازه‌گیری طول برای ما متر بوده است.

### ۳-۱- واحدها

در همه‌ی محاسبات مهندسی باید مقدار و واحد کمیت‌های مورد اندازه‌گیری را ذکر کرد. واحدهای طول، جرم، زمان و دما که کمیت‌های اصلی می‌باشند را می‌توان به‌طور مستقیم انتخاب کرد. اما واحدهای سرعت، حجم و چگالی و... که کمیت‌های فرعی هستند با استفاده از کمیت‌های اصلی و روابط محاسبه می‌شوند، مانند:

$$\frac{\text{واحد جرم}}{(\text{واحد طول})^3} = \text{واحد چگالی}, \quad (\text{واحد طول})^3 = \text{واحد حجم}, \quad \frac{\text{واحد طول}}{\text{واحد زمان}} = \text{واحد سرعت}$$

اعمال ریاضی بر روی واحدها باید مانند اعمال روی مقادیر جبری آموزش داده شوند. مقادیر عددی دو کمیت فقط در صورتی قابل جمع و تفریق هستند که آن دو کمیت دارای واحدهای یکسان باشند.

$$3 \text{ cm} - 2 \text{ cm} = 1 \text{ cm} \quad \text{به‌عنوان مثال:}$$

معادله فوق به راحتی قابل حل می‌باشد چون واحدهای یکسانی دارد، ولی امکان حل معادله زیر وجود ندارد:

$$3 \text{ m} - 2 \text{ kg} = ??$$

در رابطه فوق واحدهای یکسانی وجود ندارند لذا این عبارت قابل حل نخواهد بود. مقادیر عددی و واحدهای کمیت‌های مورد اندازه‌گیری را همیشه می‌توان درهم ضرب و یا برهم تقسیم کرد، مانند:

$$3 \text{ N} \times 4 \text{ m} = 12 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\frac{5 \text{ km}}{2 \text{ hr}} = 2.5 \text{ km/h}$$

$$v \frac{\text{km}}{\text{h}} \times 4 \text{ h} = 28 \text{ km}$$

$$6 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 18 \text{ m}^2$$

$$\frac{6 \text{ gf}}{2 \text{ gf}} = 3$$

(عدد سه بدون واحد می‌باشد)

## ۱-۴- دستگاه واحدها

دستگاه واحدها شامل اجزای زیر است:

الف- واحدهای اصلی (پایه): واحدهای مربوط به کمیت‌های جرم، طول، زمان، دما، شدت جریان الکتریکی و شدت نور.

ب- واحدهای مضرب: که به صورت مضرب‌ها یا کسرهایی از واحدهای پایه تعریف می‌شوند مانند: دقیقه، ساعت، میلی‌ثانیه که همگی برحسب واحد پایه ثانیه تعریف شده‌اند. واحدهای مضرب، اغلب به دلیل راحتی تعریف شده‌اند: (مثلاً ۲ تن معادل ۲۰۰۰ کیلوگرم و ۲۰۰۰۰۰۰ گرم می‌باشد).

پ- واحدهای مشتق شده: با یکی از دو روش زیر به دست می‌آیند:

۱- ضرب و تقسیم کردن واحدهای پایه یا مضرب ( $\text{cm}^2$ ,  $\text{ft}/\text{min}$  و  $\text{kg m}/\text{s}^2$  و ...)

این نوع واحدهای مشتق شده به عنوان واحدهای مرکب شناخته می‌شوند.

۲- به صورت هم‌ارزهایی از واحدهای مرکب تعریف می‌شوند مثل:

$$1 \text{ lb}_m (32/174 \text{ ft}/\text{s}^2) = 1 \text{ lb}_f \text{ (یک پوند جرم) (یک پوند نیرو)}$$

$$1 \text{ erg} = 1 \text{ dyne} \cdot (1 \text{ cm}) = (1 \text{ g}) \left( \frac{1 \text{ cm}}{\text{s}^2} \right) (1 \text{ cm}) =$$

$$1 \text{ g} \cdot \text{cm}^2/\text{s}^2 \frac{\text{گرم} \cdot (\text{سانتی متر})^2}{(\text{ثانیه})^2}$$

در سال ۱۹۶۰ میلادی یک کنفرانس بین‌المللی، دستگاهی از واحدهای متریک را فرمول‌بندی کرد که به سرعت مورد قبول جامعه علوم و مهندسی قرار گرفت. این سیستم به دستگاه بین‌المللی واحدها مشهور است که به اختصار دستگاه SI<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. علاوه بر این، سیستم دستگاه CGS<sup>۲</sup> و سیستم انگلیسی (آمریکایی) FPS<sup>۳</sup> نیز وجود دارد.

$$\left. \begin{array}{l} \text{SI سیستم (۱)} \\ \text{CGS سیستم (۲)} \\ \text{انگلیسی (آمریکایی): سیستم FPS (۲)} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{(۱) متریک} \\ \text{سیستم واحدهای اندازه‌گیری} \end{array}$$

پیشوند واحدها، توان‌هایی از ده را نمایش می‌دهد. معمول‌ترین این پیشوندها در جدول ۱-۲

آمده است.

۱- SI (MKS) = meter-kilogram-second

۲- CGS = Centimeter- Gram - Second

۳- FPS = Foot-Pound-Second

جدول ۱-۱- واحدهای SI، CGS و FPS

SI		CGS		FPS		کمیت
واحد	نماد	واحد	نماد	واحد	نماد	
متر	m	سانتی متر	cm	فوت	ft	طول
کیلوگرم	kg	گرم	gr	پوند جرم	lbm	جرم
ثانیه	S	ثانیه	S	ثانیه	S	زمان
سلیسیوس و کلونین	C و K	سلیسیوس و کلونین	C و K	فارنهایت و رانکین	F و R	دما
مول یا کیلوگرم مول	mole یا kgmole	مول یا گرم مول	mole و grmole	مول یا پوند مول	mole و lbmole	مقدار ماده
مترمربع	m <sup>2</sup>	سانتی مترمربع	cm <sup>2</sup>	فوت مربع	ft <sup>2</sup>	سطح
مترمکعب	m <sup>3</sup>	سانتی مترمکعب	cm <sup>3</sup>	فوت مکعب	ft <sup>3</sup>	حجم
کیلوگرم بر مترمکعب	kg/m <sup>3</sup>	گرم بر سانتی متر مکعب	gr/cm <sup>3</sup>	پوند جرم بر فوت مکعب	lbm/ft <sup>3</sup>	چگالی
نیوتن یا کیلوگرم متر بر مجذور ثانیه	kg.m/s <sup>2</sup> یا N	دین یا گرم سانتی متر بر مجذور ثانیه	dyne یا gcm/s <sup>2</sup>	پوند نیرو	lb <sub>f</sub>	نیرو
پاسکال یا نیوتن بر متر مربع	N/m <sup>2</sup> یا pa	دین بر سانتی متر مربع	dyne/cm <sup>2</sup>	پوند نیرو بر اینچ مربع	lb <sub>f</sub> /in <sup>2</sup> = Psi	فشار
ژول یا نیوتن در متر	J یا N.m	ارگ یا دین در سانتی متر	erg یا dyne.cm	پوند نیرو در فوت	lb <sub>f</sub> .ft	انرژی مکانیکی
کالری	Cal	کالری	cal	بی تی یو	Btu	انرژی حرارتی
وات	Watt	ارگ بر ثانیه	erg/s	بی تی یو بر ثانیه	Btu/s	توان
پاسکال - ثانیه یا کیلوگرم بر متر ثانیه	Pa.s یا kg/m.s	گرم بر سانتی متر. ثانیه یا پویز	g/cm.s یا poise	پوند بر فوت - ثانیه	lb/ft - s	گرانروی

## ۱-۵- تبدیل واحدها

یک کمیّت اندازه‌گیری شده را می‌توان برحسب هر واحد مناسبی تعریف کرد. ساده‌ترین راه برای انجام تبدیل واحد استفاده از روش نردبانی می‌باشد. به این صورت که بایستی واحد قدیم و واحد جدید مورد نظر را به صورت یک کسر بیان کنیم. برای تبدیل کمیّت بیان شده برحسب یک واحد به هم‌ارز آن برحسب واحد دیگر، کمیّت داده شده را در ضریب تبدیل ضرب می‌کنیم. (واحد قدیم / واحد جدید) برای مثال، برای تبدیل ۳۶ میلی‌گرم به هم‌ارز آن به گرم خواهیم داشت:

$$36 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 0.036 \text{ g}$$

به جای گذاشتن علامت ضربدر می‌توان از جدول نردبانی به شکل زیر استفاده کرد. توجه کنید که چگونه واحد قدیم حذف می‌شود و واحد دلخواه باقی می‌ماند.

$$\frac{36 \text{ mg}}{1000 \text{ mg}} \left| \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \right. = 0.036 \text{ g}$$

## جدول ۱-۲- پیشوندهای واحدهای مضرب

مضرب	نماد
$10^6$	مگا (M)
$10^3$	کیلو (k)
$10^{-2}$	سانتی (c)
$10^{-3}$	میلی (m)
$10^{-6}$	میکرو (.)
$10^{-9}$	نانو (n)

به وضوح مشخص است که چون جواب باید برحسب g باشد لذا میلی‌گرم بایستی حذف شود که به شکل محاسبه صفحه قبل عمل می‌کنیم. در روش نردبانی واحدهای ضرایب را طوری می‌نویسیم که واحدهای قدیمی حذف و واحدهای مورد نظر جایگزین آن‌ها شوند. سپس مقادیر ضرایب تبدیل را در جای خود می‌نویسیم و برای یافتن مقدار مورد نظر عملیات حسابی را انجام می‌دهیم.

جدول ۱-۳ و ۱-۴ و ۱-۵ برای تبدیل واحدهای سیستم‌های مختلف به یکدیگر هستند. نیازی به حفظ کردن این جداول نیست چرا که در موقع محاسبه همیشه آن‌ها را در اختیار می‌گذارند.

جدول ۱-۳- تبدیل واحدهای طول

مایل mile	فوت ft	اینچ inch	متر m
$6/214 \times 10^{-4}$	$3/2808$	$39/37$	۱
$1/58 \times 10^{-5}$	$8/333 \times 10^{-2}$	۱	$2/54 \times 10^{-2}$
$1/8939 \times 10^{-4}$	۱	۱۲	$0/3048$
۱	۵۲۸۰	$6/336 \times 10^4$	$1/61 \times 10^3$

جدول ۱-۴- تبدیل واحد برای جرم

پوند جرم lbm	گرم g	کیلوگرم kg
$2/2$	۱۰۰۰	۱
$2/2 \times 10^{-3}$	۱	$1 \times 10^{-3}$
۱	$453/6$	$0/4536$

جدول ۱-۵- تبدیل واحدها برای حجم

متر مکعب m <sup>۳</sup>	لیتر Liter	گالن US.gal.	فوت مکعب ft <sup>۳</sup>	اینچ مکعب in <sup>۳</sup>
$1/639 \times 10^{-5}$	$1/639 \times 10^{-2}$	$4/329 \times 10^{-3}$	$5/787 \times 10^{-4}$	۱
$2/832 \times 10^{-2}$	$28/32$	$7/481$	۱	$1/728 \times 10^3$
$3/785 \times 10^{-3}$	$3/785$	۱	$0/1337$	$2/31 \times 10^2$
$1 \times 10^{-3}$	۱	$0/2642$	$3/53 \times 10^{-2}$	$61/03$
۱	۱۰۰۰	$264/2$	$35/31$	$6/10^3 \times 10^4$

مثال (۱) ۳۷۰ متر چند سانتی متر و چند کیلومتر است؟

$$\frac{370 \text{ m}}{1 \text{ m}} \left| \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right. = 37000 \text{ cm} \quad \text{حل:}$$

$$\frac{370 \text{ m}}{1000 \text{ m}} \left| \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \right. = 0.37 \text{ km}$$

مثال (۲) ۱۴۶۸۸۰۰۰ ثانیه، چند روز و چند سال است؟

حل:

$$\frac{146880000 \text{ s}}{3600 \text{ s}} \left| \frac{1 \text{ hr}}{24 \text{ hr}} \right| \left| \frac{1 \text{ day}}{24 \text{ hr}} \right. = 170 \text{ days}$$

$$\frac{170 \text{ days}}{365 \text{ days}} \left| \frac{1 \text{ year}}{365 \text{ days}} \right. = 0.466 \text{ year}$$

مثال (۳) شتاب ۱ cm/s<sup>۲</sup> را بر حسب (year)<sup>۲</sup> km تبدیل کنید.

$$\frac{1 \text{ cm}}{\text{s}^2} \left| \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right| \left| \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \right| \left| \frac{(3600 \text{ s})^2}{(1 \text{ hr})^2} \right| \left| \frac{(24 \text{ hr})^2}{(1 \text{ day})^2} \right| \left| \frac{(365 \text{ day})^2}{(1 \text{ year})^2} \right. \quad \text{حل:}$$

$$= \frac{(3600 \times 24 \times 365)^2}{100 \times 1000} \cdot \frac{\text{km}}{(\text{year})^2} = 9.95 \times 10^9 \text{ km}/(\text{year})^2$$

برای از بین بردن هر واحد قدیمی باید از نسبت هم‌ارزی متناسب با آن (به طوری که واحد قدیمی در مخرج آن نسبت باشد) استفاده کرد. توجه داشته باشید وقتی یک کمیّت به توان می‌رسد واحدهای آن کمیّت نیز به همان توان می‌رسند. این موضوع در مثال ۳ به‌وضوح نشان داده شده است.

مثال (۴) شتاب جاذبه زمین در سیستم CGS برابر ۹۸۰ cm/s<sup>۲</sup> است. این شتاب در

سیستم FPS چه قدر است؟

حل:

$$\frac{980 \text{ cm}}{\text{s}^2} \left| \frac{1 \text{ in}}{2.54 \text{ cm}} \right| \left| \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \right. = 32.152 \text{ ft}/\text{s}^2$$

مثال (۵) ۲۳ lbm ft/min<sup>۲</sup> را به معادل آن بر حسب kg.m/s<sup>۲</sup> تبدیل کنید.

حل:

$$\frac{23 \text{ lbm} \cdot \text{ft}}{\text{min}^2} \left| \frac{0.4536 \text{ kg}}{1 \text{ lbm}} \right| \left| \frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ ft}} \right| \left| \frac{(1 \text{ min})^2}{(60 \text{ s})^2} \right.$$

$$= \frac{23 \times 0.4536 \times 0.3048}{3600} = 8.83 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$$

مثال ۶) فاصله ماه تا زمین ۲۴۰۰۰۰۰ مایل است. این فاصله را به واحدهای الف (کیلومتر، ب) سال نوری تبدیل کنید.

حل:

الف — با استفاده از جدول ۳-۱ خواهیم داشت.

$$\frac{2400000 \text{ mile}}{1 \text{ mile}} \left| \frac{1.61 \text{ km}}{1 \text{ mile}} \right. = 386400 \text{ km}$$

ب — می دانیم سرعت نور عبارت است از  $3 \times 10^8 \text{ km/s}$  و هر سال نوری فاصله‌ای است که نور در یک سال می پیماید، پس:

زمان  $\times$  سرعت = فاصله پیموده شده

$$3 \times 10^8 \frac{\text{km}}{\text{s}} \times 1 \text{ yr} = 3 \times 10^8 \frac{\text{km} \cdot \text{yr}}{\text{s}} =$$

$$3 \times 10^8 \frac{\text{km} \cdot \text{yr}}{\cancel{\text{s}}} \left| \frac{365 \text{ day}}{1 \text{ yr}} \right| \left| \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ day}} \right| \left| \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \right| \left| \frac{60 \cancel{\text{s}}}{1 \text{ min}} \right.$$

$$= 9.4608 \times 10^{12} \text{ km}$$

پس هر سال نوری معادل  $9.4608 \times 10^{12} \text{ km}$  می باشد. حال به راحتی تبدیل را انجام می دهیم.

$$\frac{386400 \text{ km}}{9.4608 \times 10^{12} \text{ km}} \left| \frac{1 \text{ سال نوری}}{9.4608 \times 10^{12} \text{ km}} \right. = 4.084 \times 10^{-8} \text{ سال نوری}$$

مثال ۷) یکی از خصوصیات فیزیکی مواد گرانروی (ویسکوزیته) می باشد. در دمای  $600^\circ \text{C}$  گرانروی ماده‌ای  $1/575 \text{ cp}$  گزارش شده است. این مقدار را به واحدهای زیر تبدیل کنید.

$$\frac{\text{lb}_m}{\text{ft} \cdot \text{s}} \quad (\text{ج}) \quad \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \quad (\text{ب}) \quad \text{g} / \text{cm} \cdot \text{s} \quad (\text{الف})$$

حل:

هر poise معادل  $10^2 \text{ cp}$  و معادل  $\text{g} / \text{cm} \cdot \text{s}$  می باشد.

$$\text{الف)} \quad \frac{1/575 \text{ cp}}{1 \text{ cp}} \left| \frac{1 \text{ poise}}{10^2 \text{ cp}} \right| \left| \frac{\text{g} / \text{cm} \cdot \text{s}}{1 \text{ poise}} \right. = 1/575 \times 10^{-2} \frac{\text{g}}{\text{cm} \cdot \text{s}}$$

$$\text{ب)} \quad \frac{1/575 \times 10^{-2} \text{ g}}{\text{cm} \cdot \text{s}} \left| \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right| \left| \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right. = 1/575 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{(\text{m} \cdot \text{s})}$$



$$\text{ج) } \frac{1/575 \times 10^{-3} \text{ kg}}{\text{cm} \cdot \text{s}} \quad \left| \quad \frac{1 \text{ lbm}}{0/454 \text{ kg}} \quad \right| \quad \frac{0/3048 \text{ m}}{1 \text{ ft}} = 1/057 \times 10^{-3} \frac{1 \text{ lb}_m}{(\text{ft} \cdot \text{sec})}$$

## خودآزمایی

۱- ویسکوزیته آب در دمای اتاق تقریباً ۱ centi. poise می باشد. این ویسکوزیته را به واحدهای زیر تبدیل کنید :

$$\text{الف) } \frac{\text{g}}{\text{cm} \cdot \text{s}} \quad \text{ب) } \frac{\text{lb}_m}{\text{ft} \cdot \text{s}}$$

۲- تبدیلات زیر را به وسیله جدول انجام دهید.

$$\text{الف) } 235 \text{ g را به lbm}$$

$$\text{ب) } \frac{\text{lb}_m}{\text{ft}^3} \text{ به } 57/5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{ج) } \frac{\text{mile}}{\text{min}} \text{ به } 60 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$\text{د) } \frac{\text{gal}}{\text{hr}} \text{ به } 12500 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{ه) } 200 \text{ ft}^3 \text{ را به لیتر (liter)}$$

$$\text{و) } 1000000 \text{ نانوثانیه را به ساعت}$$

۳- مخزنی استوانه‌ای شکل به حجم 9000 gal دارای ارتفاع 14 متر است قطر مخزن را پیدا کنید.

۴- فاصله بین دو شهر A تا B 200 مایل است. فاصله بین دو شهر B تا C 200 کیلومتر می باشد. فاصله شهرهای A تا C چند کیلومتر می باشد؟

۵- سال نوری عبارت است از مسافتی که نور با سرعت  $3 \times 10^8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$  در یک سال می پیماید.

این سرعت را برحسب  $\frac{\text{mile}}{\text{hr}}$  و  $\frac{\text{ft}}{\text{min}}$  به دست آورید :

۶- مجموع چهارصد فوت و سیصد اینچ چند متر می شود؟

### اندازه‌گیری دما

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود بتواند:

- ۱- مفهوم دما و گرما را بیان کند.
- ۲- واحدهای مختلف دما و نحوه تبدیل آن‌ها را به هم توضیح دهد.

#### ۱-۲ دما

دما عبارت است از شدت انرژی حرارتی ناشی از حرکات اتفاقی مولکول‌های یک جسم که در حالت تعادل حرارتی می‌باشد. درک ما از دما ممکن است ناشی از احساس فیزیکی ما از گرما یا سرما باشد. مثلاً اگر شما دست راست خود را در آب گرم و دست چپ خود را در آب سرد قرار دهید و پس از گذشت چند لحظه هر دو دست خود را همزمان در آب ولرم فرو برید، با دست راست خود آب ولرم را سرد و با دست چپ خود آب ولرم را گرم احساس خواهید کرد. این آزمایش ساده نشان می‌دهد که احساس فیزیکی از حرارت، نسبی است زیرا در واقع دمای آب ولرم برای هر دو دست یکی است. جهت دقت بیشتر و کمیّت بخشیدن به حرارت و گرما مقیاس دما و دماسنجی ایجاد شده است.

#### ۲-۲ واحدهای اندازه‌گیری دما

اندازه‌گیری دما می‌تواند هم به صورت نسبی و هم به صورت مطلق انجام شود. اگر درجه حرارت نسبت به صفر مطلق سنجیده شود، دمای مطلق به دست می‌آید، مانند: کلوین و رنکین. ولی اگر مبنای اندازه‌گیری، درجه حرارتی غیر از صفر مطلق (دلخواه) در نظر گرفته شده باشد، دمای نسبی به دست می‌آید، مانند: سلسیوس و فارنهایت. لازم است بدانید صفر مطلق، پایین‌ترین دمای ممکن است و در این دما انرژی جنبشی مولکول‌ها به صفر می‌رسد. رسیدن به این دما امکان‌پذیر نیست.

۱-۲-۲ درجه سلسیوس<sup>۱</sup> (سانتی‌گراد): مقیاس علمی متداول سلسیوس است که در آن

صفر درجه، نقطه انجماد آب و صد درجه، نقطه جوش آب در فشار یک اتمسفر است.

۲-۲-۲ درجه فارنهایت<sup>۲</sup>: نقاط منشأ این مقیاس دقیقاً روشن نیست ولی گزارش شده است

۱- Celsius (Centi grade)

۲- Fahrenheit

که نقطه‌ی شروع و یا صفر درجه‌ی فارنهایت از قراردادن حباب دماسنج در مخلوطی از برف یا یخ و آمونیم کلرید حاصل شده است و بالاترین نقطه‌ی این مقیاس، دمای شروع جوشش جیوه است. اختلاف بین این دو دما به  $600$  قسمت یا درجه تقسیم شده است. نقطه‌ی انجماد آب  $32$  درجه‌ی فارنهایت و نقطه‌ی جوش آب  $212$  درجه‌ی فارنهایت می‌باشد. درجه‌ی فارنهایت دمای نسبی سیستم انگلیسی یا آمریکایی است.

**۲-۲-۳- درجه کلونین<sup>۱</sup>:** در سیستم SI دمای مطلق را برحسب درجه کلونین اندازه‌گیری می‌کنند. در حقیقت صفر مطلق در مقیاس کلونین صفر و در مقیاس سلسیوس،  $C\ 273/15-$  توسط لردکلونین دانشمند انگلیسی در نظر گرفته شده است. صفر مطلق در محاسبات جهت سادگی  $C\ 273-$  فرض می‌شود. فاصله درجات کلونین با فاصله درجات سلسیوس مساوی است.

**۲-۲-۴- درجه رنکین<sup>۲</sup>:** در سیستم FPS مقیاس مطلق دما رنکین نامیده می‌شود که برحسب درجه فارنهایت است. صفر مطلق در مقیاس رنکین صفر و در مقیاس فارنهایت،  $F\ 459/58-$  درجه فارنهایت می‌باشد که در محاسبات  $F\ 460-$  فرض می‌شود. فاصله درجات رنکین با فاصله درجات فارنهایت مساوی است.

## ۲-۳- تبدیل واحدهای دما به یکدیگر

با استفاده از روابط زیر می‌توان دماهای مختلف را به هم تبدیل کرد. در این روابط از نماد C به جای سلسیوس، K به جای کلونین، F به جای فارنهایت و R به جای رنکین استفاده شده است.

$$T_K = T_C + 273 \quad (1-2)$$

$$T_R = T_F + 460 \quad (2-2)$$

فاصله‌ی بین نقطه انجماد آب و نقطه‌ی جوش آب در مقیاس سلسیوس به  $100$  قسمت و در مقیاس فارنهایت به  $180$  قسمت تقسیم شده است. یعنی هر واحد از مقیاس سلسیوس  $1/8$  برابر یک واحد از مقیاس فارنهایت است.

با استفاده از معادله (۲-۳) می‌توان دو دمای فارنهایت و سلسیوس را به هم تبدیل کرد.

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

**مثال ۲-۱- تبدیل دما:** نقطه انجماد آب صفر درجه سلسیوس و نقطه جوش آب  $100$  درجه سلسیوس می‌باشد. نقطه انجماد و جوش آب را در واحدهای کلونین، فارنهایت و رنکین به دست آورید.

۱- Kelvin

۲- Rankine

حل:

$$\text{الف : درجه کلونین K : } T_K = T_C + 273$$

$$\text{نقطه انجماد آب : } T_K = 0 + 273 = 273 K$$

$$\text{نقطه جوش آب : } T_K = 100 + 273 = 373 K$$

$$\text{ب : درجه فارنهایت F : } T_F = 1/8 T_C + 32$$

$$\text{نقطه انجماد آب : } T_F = (0 \times 1/8) + 32 = 32 F$$

$$\text{نقطه جوش آب : } T_F = (100 \times 1/8) + 32 = 212 F$$

$$\text{ج : درجه رنکین R : } T_R = T_F + 460$$

$$\text{نقطه انجماد آب : } T_R = 32 + 460 = 492 R$$

$$\text{نقطه جوش آب : } T_R = 212 + 460 = 672 R$$

مثال ۲-۲-۴۰۰ درجه کلونین را به درجه رنکین تبدیل کنید.

حل:

$$\text{رنکین} = 1/8 \times \text{کلونین}$$

$$T_R = 400 \times 1/8 = 50 R$$

مثال ۲-۳-۲۰ فاصله بین دماهای ۲۰ F تا ۸۰ F را برحسب درجه C به دست آورید.

حل:

$$\text{دمای } 20 F . T_{C_1} = \frac{T_{(F)} - 32}{1/8} = \frac{20 - 32}{1/8} = -6/67 C$$

$$\text{دمای } 80 F . T_{C_2} = \frac{80 - 32}{1/8} = 26/67 C$$

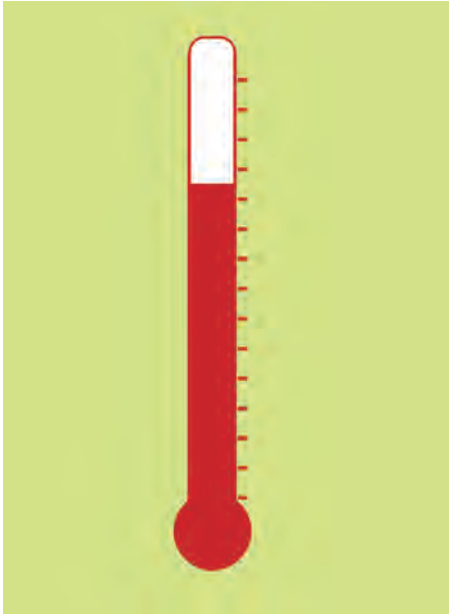
$$\text{در مقیاس سلسیوس : } T_{C_2} - T_{C_1} = 26/67 - (-6/67) = 33/67 C$$

$$\text{در مقیاس فارنهایت : } T_{F_2} - T_{F_1} = 80 - 20 = 60 F$$

چون فاصله درجات در مقیاس سلسیوس بیشتر از فاصله درجات در مقیاس فارنهایت می باشد پس در یک فاصله مشخص تعداد درجات کمتری نسبت به مقیاس فارنهایت در آن می گنجد.

## ۲-۴-۲ دماسنج (ترمومتر)

ترمومتر از کلمات ترمو به معنی حرارت و متر به معنای سنجش و اندازه گیری تشکیل شده و به معنای دماسنج است. دماسنج وسیله ای است که برای اندازه گیری میزان گرمی یا سردی هر جسم



شکل ۲-۱- دماسنج مایعی

به کار می‌رود. روش‌های اندازه‌گیری دما به تفصیل در کتاب کارگاه عملیات دستگاهی صنایع شیمیایی مقطع هنرستان آمده است. در این جا به دماسنج مایعی اشاره می‌کنیم.

**دماسنج مایعی:** در لوله موئین با گرم شدن مایع (اساس ترمومترهای جیوه‌ای و الکلی) انبساط حاصل می‌شود. ترمومترهای متداولی که شما احتمالاً در آزمایشگاه یا منزل، دمای هوا و یا چیزهای دیگر را با آن اندازه می‌گیرید بر این اساس ساخته شده‌اند. مقداری جیوه یا الکل در حباب شیشه‌ای ریخته می‌شود و این حباب به یک لوله موئین متصل است. با افزایش دما مایع منبسط می‌شود و در لوله شروع به بالا رفتن می‌کند. از آنجایی که ترمومترهای مایع را

نمی‌توان بالاتر از نقطه جوش مایع در آن به کار برد لذا ترمومترهای الکلی برای محدوده دماهای پایین به کار می‌رود در حالی که ترمومترهای جیوه‌ای برای محدوده‌های بالاتر دما به راحتی کاربرد دارد.

## خودآزمایی

- ۱- نقاط مرجع در مقیاس‌های سلسیوس و فارنهایت چیست؟
- ۲-  $300^\circ$  درجه فارنهایت چند درجه سلسیوس، کلونین و رنکین می‌باشد؟
- ۳- دماهای زیر را به هم تبدیل کنید.
  - الف)  $T = 40^\circ K$  را به  $F$  و  $R$  و  $C$
  - ب)  $T = -150^\circ C$  را به  $F$  و  $R$  و  $K$
  - ج)  $T = 600^\circ R$  را به  $F$  و  $C$  و  $K$
  - د)  $T = 122^\circ F$  را به  $R$  و  $C$  و  $K$
- ۴- فاصله‌های دمایی زیر را به واحدهای زیر تبدیل کنید.
  - الف) از  $100^\circ C$  تا  $170^\circ C$  را به  $F$  و  $K$  و  $R$
  - ب) از  $600^\circ R$  تا  $700^\circ R$  را به  $K$  و  $C$  و  $F$