فصل اول

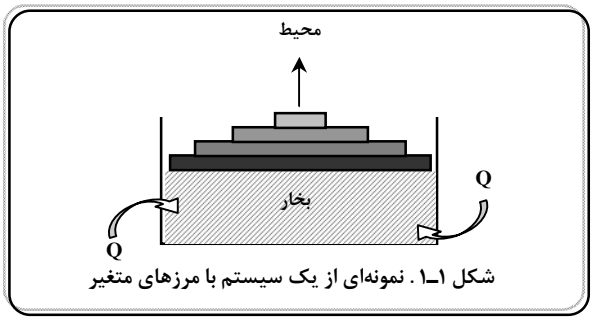
مفاهیم و تعاریف اولیه

۱ـ۱. ترمودینامیک و مفاهیم اولیه

علم ترمودینامیک رابطه‌ای میان کار و گرما و چگونگی تبدیل آنها به یکدیگر است. این شاخه مانند هر شاخه دیگر علمی مفاهیم و تعاریف ابتدایی را نیاز دارد که از جمله آنها می‌توان به مفاهیم فشار، چگالی و حجم مخصوص اشاره کرد. همانند تمام علوم، بنیان ترمودینامیک مشاهدات تجربی است که این یافته‌ها در غالب قوانین بنیادی به صورت رابطه درآمده‌اند که به قوانین اول، دوم و سوم ترمودینامیک معروفند. علاوه بر اینها قانون صفرم ترمودینامیک نیز وجود دارد که در تکامل منطقی ترمودینامیک قبل از قانون اول می‌آید.

۱ـ۱ـ۱. سیستم ترمودینامیکی

سیستم ترمودینامیکی محدوده‌ای است که محتوی مقداری از ماده و یا حتی تهی باشد که تحولات ترمودینامیکی درون آن بررسی و دنبال می‌شود. سیستم توسط یک مرز از محیط اطراف خود جدا می‌شود که البته حدود این مرز می‌تواند متغیر هم باشد.



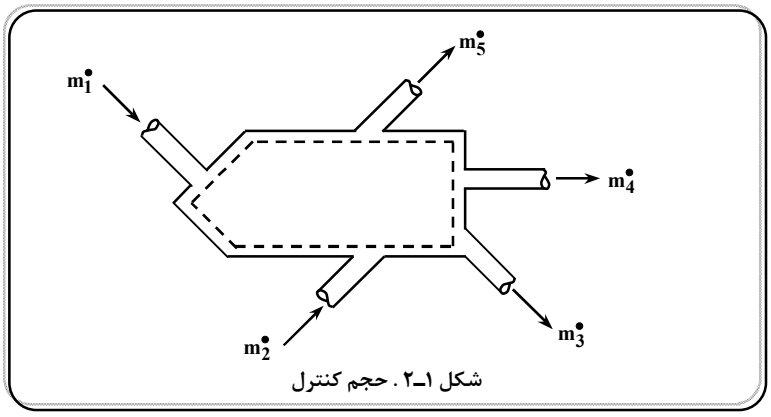
شکل ۱ـ۱ . نمونه‌ای از یک سیستم با مرزهای متغیر

در بررسی یک سیستم ترمودینامیکی مفاهیم زیر مطرح می‌شوند:

۱) مرز سیستم: مسیر جدایش سیستم با محیط اطرافش را مرز سیستم گویند، که این مرزها می‌توانند ثابت یا متحرک باشند.

۲) سیستم با مرزهای بسته (جرم کنترل): سیستمی که تبادل جرم با محیط اطراف ندارد، سیستم بسته یا جرم کنترل نام دارد.

۳) سیستم باز (حجم کنترل): اگر سیستمی با محیط اطراف تبادل جرم داشته باشد، سیستم باز یا حجم کنترل نام دارد، که در شکل (۱-۲) با خط‌چین نشان داده شده است.



شکل ۱ـ۲ . حجم کنترل

۴) سیستم ایزوله (عایق شده): سیستمی است که از مرزهایش جرم و انرژی (حرارت) عبور نمی‌کند.

۵) حالت ترمودینامیکی: هر ماده کاری درون یک سیستم دارای دما، فشار و حجم مشخصی است که بنابر اصطلاح ترمودینامیکی به آن حالت ترمودینامیکی می‌گویند.

۶) تعادل ترمودینامیکی: اگر حالت ترمودینامیکی تثبیت شود، تعادل ترمودینامیکی داریم.

۷) فرآیند (تحول) ترمودینامیکی: اگر حالت ترمودینامیکی یک سیستم تغییر کند، تحولی ترمودینامیکی صورت گرفته است. تحول ترمودینامیکی می‌تواند با حفظ تعادل انجام شود که در این حالت مسیر تحول مسیری مشخص است و اتفاقی نیست.

۸) سیکل (چرخه): وقتی که یک سیستم از حالت اولیه چندین فرایند متفاوت را طی کند و در نهایت به حالت اولیه خود بازگردد، سیستم یک سیکل را طی کرده است.

مثال ۱: کدام گزینه صحیح می‌باشد؟

۱) سیستم بسته، سیستمی است که از مرزهای آن جرم و انرژی عبور نمی‌کند.

۲) سیستم بسته سیستمی است که از مرزهای آن جرم عبور نمی‌کند ولی انرژی ممکن است عبور کند.

۳) سیستم بسته، سیستمی است که از مرزهای آن انرژی عبور نمی‌کند اما جرم می‌توان عبور می‌کند.

۴) سیستم بسته، هم می‌تواند عبور انرژی داشته باشد و هم عبور جرم.

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» مطابق تعریف آورده شده در متن درس، از مرز سیستم بسته، فقط جرم خارج و یا داخل نمی‌شود ولی ممکن است انرژی داخل یا خارج شود.

مثال ۲ : کدام گزینه صحیح است؟

۱) سیستم ایزوله باید لزوماً بسته باشد.

۲) سیستم ایزوله می‌تواند باز هم باشد.

۳) سیستم بسته باید لزوماً ایزوله باشد.

۴) سیستم باز فقط می‌تواند عبور جرم از مرزها داشته باشد اما عبور انرژی ندارد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» سیستم ایزوله هیچگونه تبادل انرژی و جرم ندارد لذا بسته است. ولی سیستم بسته فقط تبادل جرم ندارد و می‌تواند از آن انرژی داخل یا خارج شود بنابراین ایزوله نیست و گزینه ۳ غلط می‌باشد. (نتیجه: سیستم ایزوله حتماً باید بسته باشد ولی سیستم بسته الزامی برای ایزوله بودن ندارد.)

مثال ۳: یک سیستم ترمودینامیکی را ایزوله گویند اگر ..... در آن وجود نداشته باشد.

۱) تغییر دما و فشار ۲) تغییر انرژی و آنتروپی ۳) مبادله جرم و انرژی ۴) تغییر جرم

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» سیستم ایزوله هیچگونه تبادل انرژی و جرم ندارد.

۱ـ ۱ـ ۲. دما و معیارهای دمایی

دما شاخصی از انرژی ملکولهای یک ماده است. هر چه دمای جسمی بالاتر باشد، ذرات جسم، انرژی، ارتعاش و جنبش بیشتری دارند و اگر دمای جسم، طی فرآیندی تغییر نکند، این بدین معنی است که خالص انرژیهای دریافتی توسط جسم صفر است. البته این موضوع بعداً در کنار قانون اول ترمودینامیک بیشتر مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ترمودینامیک معیارهای دمایی مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که کاربردی‌ترین آنها عبارتند از:

۱) معیار سلسیوس (C)

در این معیار دمایی نقطه‌ی ذوب یخ در فشار اتمسفر صفر، و نقطه جوش آن در این فشار، ۱۰۰ درجه نظر گرفته شده است و طبعاً میان این دو دما به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم شده است.

۲) معیار کلوین (K)

در معیار کلوین، نقطه صفر، نقطه‌ای است که ماده انرژی درونی صفر دارد و ذرات هیچ انرژی و هیچ جنبشی ندارند. از این‌رو، با توجه به نگرشی که برای دما در ابتدا بیان کردیم، صفر کلوین پایین‌ترین دمای ممکن می‌باشد و دمای کمتر از صفر کلوین بی‌معناست. به همین دلیل است که در این معیار دمایی، به صفر کلوین، صفر مطلق نیز گفته می‌شود. نقطه‌ی ذوب یخ در فشار اتمسفر در این معیار دمایی، $۲۷۳/۱۵^{\circ}k$ و نقطه‌جوش آب در این فشار $۳۷۳/۱۵^{\circ}k$ می‌باشد. که میان این دو نقطه، مانند معیار سلسیوس به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم شده است.

۳) معیار فارنهایت (F)

نقطه انجماد آب (ذوب یخ) در این معیار دمایی، نقطه ۳۲° و جوش آب (در فشار اتمسفر) ۲۱۲° می‌باشد، فاصله بین این دو نقطه به ۱۸۰ قسمت مساوی تقسیم شده است.

تبدیل واحدهای دمایی به یکدیگر:

برای تبدیل واحدهای دمایی به یکدیگر، رابطه عمومی به شکل زیر قابل ارائه می‌باشد :

$$\frac{X-X_{\circ}}{\Delta X}=\frac{Y-Y_{\circ}}{\Delta Y} \qquad (۱-۱)$$

$Y_{\circ}$: همان نقطه مشخص در معیار Y — **X : دما در معیار X**

ΔX : اختلاف میان دو نقطه مشخص در معیار X — **Y : دما در معیار Y**

ΔY : اختلاف میان همان دو نقطه مشخص در معیار Y — **$X_{\circ}$: نقطه‌ای مشخص در معیار X**

به عنوان مثال ΔX و ΔY می‌توانند اختلاف میان نقاط جوش و انجماد باشند و $X_\circ, Y_\circ$ نیز می‌توانند یکی از نقاط‌جوش یا انجماد و یا هر نقطه خاص دیگر باشند. با استفاده از همین رابطه عمومی می‌توان ارتباط میان درجه کلوین، سلسیوس و فارنهایت را با یکدیگر و یا با دیگر معیارهای دمایی استخراج کرد.

مثلاً برای کلوین و سلسیوس داریم:

اگر معیار X را سلسیوس و معیار Y را کلوین در نظر بگیریم در نتیجه: $Y = K$ درجه کلوین $X = C$ درجه سلسیوس

نقطه انجماد آب در معیار سلسیوس صفر درجه و نقطه جوش آب در این معیار ۱۰۰ درجه می‌باشد بنابراین Δx در این رابطه برابر است با:

$$\Delta x = ۱۰۰ - ۰ = ۱۰۰$$

حال باید اختلاف بین نقطه جوش و انجماد آب را در معیار کلوین نیز بدست آوریم:

نقطه جوش آب در معیار کلوین $= ۳۷۳ / ۱۵$ نقطه انجماد آب در معیار کلوین $= ۲۷۳ / ۱۵$

$$\Rightarrow \Delta Y = ۳۷۳ / ۱۵ - ۲۷۳ / ۱۵ = ۱۰۰$$

$X_\circ$ = نقطه‌ای مشخص در معیار سلسیوس: برای مثال نقطه انجماد آب $= ۰$

$Y_\circ$ = نقطه انجماد آب در معیار کلوین $= ۲۷۳ / ۱۵$

$$\Rightarrow \frac{X - X_\circ}{\Delta x} = \frac{Y - Y_\circ}{\Delta y} \Rightarrow \frac{C - ۰}{۱۰۰} = \frac{k - ۲۷۳/۱۵}{۱۰۰} \Rightarrow \mathbf{K = ۲۷۳/۱۵ + C} \qquad (۲ - ۱)$$

و نیز برای تبدیل سلسیوس به فارنهایت :

$$\frac{C - ۰}{۱۰۰ - ۰} = \frac{F - ۳۲}{۲۱۲ - ۳۲} \Rightarrow \frac{C}{۱۰۰} = \frac{F - ۳۲}{۱۸۰} \Rightarrow \mathbf{F = ۳۲ + ۱/۸C} \qquad (۳ - ۱)$$

برای کلوین و فارنهایت :

$$\frac{K - ۲۷۳/۱۵}{۳۷۳/۱۵ - ۲۷۳/۱۵} = \frac{F - ۳۲}{۲۱۲ - ۳۲} \Rightarrow \frac{K - ۲۷۳/۱۵}{۱۰۰} = \frac{F - ۳۲}{۱۸۰} \Rightarrow \mathbf{F = ۱/۸k - ۴۵۹/۷} \qquad (۴ - ۱)$$

مثال۴: ۲۸/۴ درجه فارنهایت چند درجه سانتیگراد است؟

۱) ۲ ۲) ـ۲ ۳) ۱/۸ ۴) ـ۱/۸

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» البته چون دما بر حسب فارنهایت کمتر از ۳۲° است، بدیهی است که بر حسب سلسیوس باید کمتر از صفر باشد یعنی فقط گزینه‌های (۲) و (۴) می‌توانند جواب باشند که با محاسبه گزینه (۲) جواب صحیح شد.

$$F = ۳۲ + ۱/۸C$$

$$۲۸/۴ = ۳۲ + ۱/۸C \quad , \quad C = \frac{-۳/۶}{۱/۸} = -۲$$

مثال۵: در چه دمایی دماسنج فارنهایت و سلسیوس یک دما را نشان می‌دهد؟

۱) $۴۰^\circ c$ ۲) $-۴۰^\circ c$ ۳) $۱۱/۴^\circ f$ ۴) $-۱۱/۴^\circ c$

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» همان طور که می‌دانیم رابطه تبدیل سلسیوس به فارنهایت برابر است با $F = ۳۲ + ۱/۸C$ و زمانی که درجه سلسیوس و فارنهایت برابر باشد بدین معناست که $C = F$.

$$\left.\begin{matrix} F = ۳۲ + ۱/۸C \\ F = C \end{matrix}\right\} \Rightarrow C = \frac{-۳۲}{۰/۸} = -۴۰^\circ F = -۴۰^\circ c$$

مثال۶: در چه دمایی دماسنج فارنهایت و کلوین یک عدد را نشان می‌دهد؟

۱) $۵۷۴/۶^\circ f$ ۲) $-۵۷۴/۶^\circ f$ ۳) $۱۶۳^\circ f$ ۴) $-۱۶۳^\circ f$

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» رابطه تبدیل کلوین به فارنهایت برابر است با: $F = ۱/۸k - ۴۵۹/۷$

و زمانی که درجه کلوین و فارنهایت برابر باشد بدین معناست که $F = K$.

$$\Rightarrow k = ۱/۸k - ۴۵۹/۷ \Rightarrow ۴۵۹/۷ = (۱/۸ - ۱)k \Rightarrow K = \frac{۴۵۹/۷}{۰/۸} = ۵۷۴/۶^\circ k = ۵۷۴/۶^\circ F$$

مثال۷: افزایش یک درجه فارنهایت معادل چند درجه سلسیوس است؟

۱) ۱/۸ ۲) $\frac{۱}{۱/۸}$ ۳) $\frac{۲۷۳}{۱/۸}$ ۴) $\frac{۱/۸}{۳۲}$

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» چون هر ۱۸۰ درجه فارنهایت ۱۰۰ درجه سلسیوس است، یک درجه سلسیوس ۱/۸ برابر درجه فارنهایت و یا یک درجه فارنهایت ($\frac{۱}{۱/۸}$) برابر درجه سلسیوس است.

مثال۸: در یک معیار دمایی، محدوده میان جوش و انجماد آب به ۲۰۰ درجه مساوی تقسیم شده است. اگر نقطه ذوب یخ در این معیار دمایی (+۱۰) درجه باشد، ۱۵ درجه سانتیگراد در این معیار دمایی چند درجه است؟

۱) ۲۵- ۲) ۴۰- ۳) ۴۰ ۴) ۲۵

پاسخ: گزینه «۳»

$\Delta x = 100$ اختلاف نقطه جوش و انجماد آب در معیار سلسیوس

$\Delta y = 200$ اختلاف نقطه جوش و انجماد آب در معیار مجهول

$X_\circ = 0$ نقطه انجماد آب در معیار سلسیوس

$Y_\circ = 10$ نقطه انجماد آب در معیار مجهول

$X = 15$ دما در معیار سلسیوس

$$\frac{X - X_\circ}{\Delta X} = \frac{Y - Y_\circ}{\Delta Y}$$

$$\frac{15-0}{100} = \frac{Y-10}{200} \Rightarrow \frac{15}{100} = \frac{Y-10}{200} \Rightarrow Y - 10 = 30 \Rightarrow Y = 40^\circ$$

۱ـ۲. تغییرات ابعادی با تغییر دما

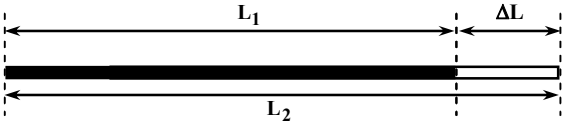
۱ـ۲ـ۱. انبساط طولی

اجسام جامد بر اثر تغییر دما در هر راستا تغییر طول می‌دهند که مقدار این تغییر طول به جنس جسم بستگی دارد. بر این اساس ضریبی به نام ضریب انبساط طولی به شکل زیر تعریف می‌شود. ضریب انبساط طولی (λ)، مقدار تغییر طول جسم جامدی به طول واحد، بر اثر یک واحد تغییر دما می‌باشد. بنابراین تعریف داریم:

L_1 = طول اولیه جسم L_2 = طول نهایی جسم پس از تغییر دما ΔT = تغییر دما

$$\lambda = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \qquad (۵-۱)$$

$$L_2 = L_1(1 + \lambda \Delta T) \qquad (۶-۱)$$



شکل ۱ـ۳ . تغییر طول جسم جامد بر اثر تغییر دما

توجه : واحد λ در SI، $\frac{1}{^\circ c}$ یا $\frac{1}{^\circ k}$ می‌باشد.

مثال۹: یک خط‌کش فلزی در $20^\circ c$ مطابق با استاندارد مدرج شده است. اگر این خط‌کش در دمای $30^\circ c$ استفاده شود، خطای نسبی اندازه‌گیری چند درصد است ؟ $(\lambda = 2\times10^{-6}\ \frac{1}{^\circ c})$

۱) $10^{-3}\ \%$ ۲) $2\times10^{-3}\ \%$ ۳) $4\times10^{-3}\ \%$ ۴) $2\times10^{-5}\ \%$

پاسخ: گزینه «۲»

$$\text{درصد خطای نسبی} = \frac{\text{تغییر طول}}{\text{طول اولیه}} \times 100 = \frac{\Delta L}{L_1} \times 100$$

$$\lambda = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \Rightarrow \Delta L = \lambda L_1 \Delta T \Rightarrow \frac{\Delta L}{L_1} \times 100 = \frac{\lambda L_1 \Delta T}{L_1} \times 100 = \lambda \Delta T \times 100 = 2\times10^{-6} \times 10 \times 100 = 2\times10^{-3}$$

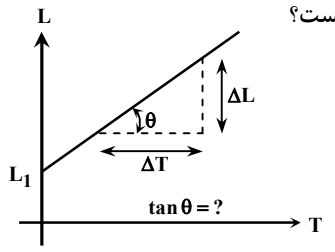
مثال۱۰: دمای دو میله به طولهای L_1 و $L_2 = 2L_1$ و ضرایب انبساط طولی λ_1 و $\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{2}$ از صفر به $100^\circ c$ می‌رسد در این حالت .....

۱) ازدیاد طول دو میله برابرند.
۲) ازدیاد طول میله اول چهار برابر ازدیاد طول میله دوم است.
۳) ازدیاد طول میله دوم دو برابر ازدیاد طول میله اول است.
۴) ازدیاد طول میله اول دو برابر ازدیاد طول میله دوم است.

پاسخ: گزینه «۱»

$$\lambda = \frac{\Delta T}{L_1 \Delta T} \Rightarrow \Delta L_1 = \lambda_1 L_1 \Delta T \quad , \quad \Delta L_2 = \lambda_2 L_2 \Delta T \left.\begin{array}{l} \Delta L_1 = L_1 \lambda_1 \Delta T \\ \Delta L_2 = 2L_1 \frac{\lambda_1}{2} \Delta T \end{array}\right\} \Rightarrow \Delta L_1 = \Delta L_2$$

مثال۱۱: تغییرات طولی یک میله فلزی با دما به شکل زیر است. شیب خط در این نمودار، معرف چیست؟



۱) λ

۲) $\frac{L_1}{\lambda}$

۳) $\frac{1}{\lambda}$

۴) $L_1\lambda$

پاسخ: گزینه «۴»

$$\text{شیب خط} = \tan\theta = \frac{\Delta L}{\Delta T} = \frac{L_1\lambda\Delta T}{\Delta T} = \lambda L_1$$

۱ـ۲ـ۲. انبساط سطحی

سطح حاصل‌ضرب دو بعد طولی است و از قسمت قبل داریم که تغییر دما در هر یک از ابعاد طولی مذکور، تغییراتی ایجاد می‌کند. با اعمال این تغییرات و محاسبه ابعاد جدید، می‌توان نشان داد :

$$\Delta A = A_1\beta\Delta T \qquad (۷-۱)$$

$$A_2 = A_1(1+\beta\Delta T) \qquad (۸-۱)$$

$$\beta \simeq 2\lambda \qquad (۹-۱)$$

ضریب انبساط سطحی : β

L_1 و L_2 دو بعد طولی سطح هستند. $A_1 = L_1L_2$

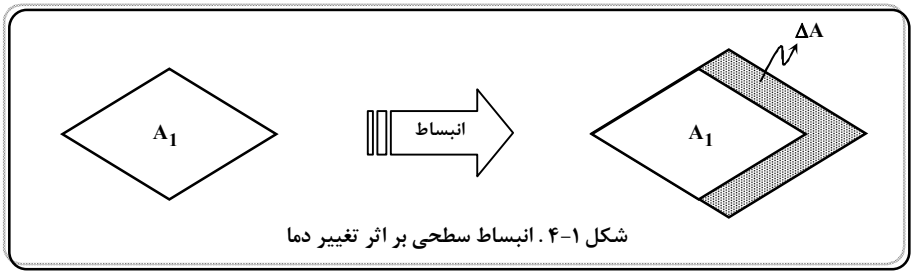
$$A_2 = (L_1+\Delta L_1)\times(L_2+\Delta L_2) = L_1L_2 + L_1\Delta L_2 + L_2\Delta L_1 + \Delta L_1\Delta L_2$$

ΔL_1 و ΔL_2 مقادیر کمی باشند بنابراین حاصلضرب آنها مقدار کمی می‌باشد و قابل صرفنظر کردن است.

$$\Rightarrow A_2 = L_1L_2 + L_1\Delta L_2 + L_2\Delta L_1 = L_1L_2 + L_1\lambda L_2\Delta T + L_2\lambda L_1\Delta T$$

$$\Delta L_1 = \lambda L_1\Delta T \ , \ \Delta L_2 = \lambda L_2\Delta T$$

$$\Rightarrow A_2 = L_1L_2(1+\lambda\Delta T+\lambda\Delta T) = A_1(1+2\lambda\Delta T) \quad \Rightarrow \beta = 2\lambda$$



شکل ۱-۴ . انبساط سطحی بر اثر تغییر دما

مثال۱۲: دمای صفحه نازک فلزی مربع شکل به ضلع ۵۰cm را ۱۰۰°c افزایش می‌دهیم. اگر ضریب انبساط طولی آن $۲\times۱۰^{-۵}\frac{۱}{°c}$ باشد، افـزایش نسبی سطح آن $(\frac{\Delta A}{A})$ کدام است ؟

۱) ۱۰ ۲) $۱۰^{-۵}$ ۳) ۴×۱۰^{-۵} ۴) ۴×۱۰^{-۳}

پاسخ: گزینه «۴» بر طبق رابطه (۱ـ۷) داریم: $\Delta A = A_1\beta\Delta T$

بنابراین:

$$\left.\begin{aligned}\frac{\Delta A}{A_1} = \frac{A_1\beta\Delta T}{A_1} = \beta\Delta T\\ \beta = 2\lambda\end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{\Delta A}{A_1} = 2\lambda\Delta T = ۲\times۲\times۱۰^{-۵}\times۱۰۰ = ۴\times۱۰^{-۳}$$

مثال۱۳: رابطه ضریب انبساط سطحی (β) و ضریب انبساط طولی (λ) کدام است ؟

۱) $\beta = \lambda$ ۲) $\beta = \frac{\lambda}{2}$ ۳) $\beta = 2\lambda$ ۴) $\beta = \frac{1}{\lambda}$

پاسخ: گزینه «۳» بر طبق رابطه (۱-۹) داریم: $\beta = 2\lambda$

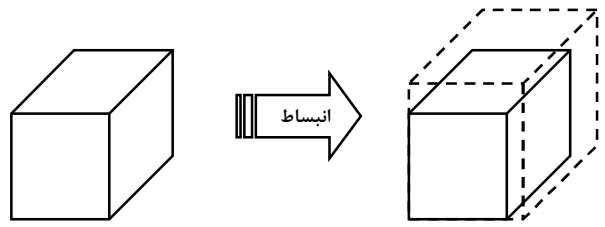
۱ـ۲ـ۳. انبساط حجمی

حجم، حاصل‌ضرب سه بعد طولی می‌باشد. بنابراین می‌توان با تعریف ضریب انبساط حجمی (K) به روابط زیر به سادگی دست یافت .

$$\Delta V = V_1 K \Delta T \quad (۱۰-۱)$$

$$V_2 = V_1(1 + K\Delta T) \quad (۱۱-۱)$$

$$K \simeq 3\lambda \quad (۱۲-۱)$$



شکل ۱-۵ . انبساط حجمی بر اثر تغییر دما

مثال۱۴: رابطه ضریب انبساط حجمی (K) با ضریب انبساط طولی (λ) در اجسام جامد کدام است ؟

۱) $K = \lambda$ ۲) $K = 2\lambda$ ۳) $K = 3\lambda$ ۴) $K = 4\lambda$

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» بر طبق رابطه (۱-۱۲) داریم: $K = 3\lambda$.

مثال۱۵: رابطه ضریب انبساط حجمی (K) و ضریب انبساط سطحی (β) کدام است ؟

۱) $K = \frac{3}{2}\beta$ ۲) $K = \frac{2}{3}\beta$ ۳) $K = \frac{1}{2}\beta$ ۴) $K = 2\beta$

☑ **پاسخ :** گزینه «۱»

$$\left.\begin{matrix} K = 3\lambda \\ \beta = 2\lambda \end{matrix}\right\} \Rightarrow \frac{K}{\beta} = \frac{3}{2} \Rightarrow K = \frac{3}{2}\beta$$

توجه: با استفاده از روابط فوق می‌توان نشان داد که چگالی جسم بر اثر تغییر دما به شکل زیر تغییر می‌کند :

$$\left.\begin{matrix} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{\frac{m_2}{V_2}}{\frac{m_1}{V_1}} \\ m_1 = m_2 \end{matrix}\right\} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1}{V_1(1+k\Delta T)} \Rightarrow \rho_2 = \frac{\rho_1}{1+k\Delta T} \quad (۱۳-۱)$$

مثال۱۶: دو کره از یک جنس، یکی توپر و دیگری تو خالی در اختیار داریم. اگر حجم دو کره در ابتدا برابر باشند، بر اثر تغییر دمای یکسان، حجم ثانویه آنها در مقایسه با یکدیگر چگونه است ؟

۱) حجم کره توپر بیش از تو خالی است.
۲) حجم کره توپر کمتر از تو خالی است.
۳) حجم هر دو کره برابرند.
۴) بدون داشتن جرم نمی‌توان اظهارنظر کرد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» اگر به رابطه (۱-۱۱) مراجعه کنید، هیچ اثری از جرم در رابطه وجود ندارد .

مثال۱۷: دو جسم به حجمهای V_1 و $3V_1$ را به یک اندازه گرم می‌کنیم. اگر افزایش حجم اولی ۴ برابر افزایش حجم دومی باشد، چه رابطه‌ای بین ضرایب انبساط دو جسم برقرار است ؟

۱) $\lambda_1 = \frac{1}{4}\lambda_2$ ۲) $\lambda_1 = 4\lambda_2$ ۳) $\lambda_1 = \frac{1}{12}\lambda_2$ ۴) $\lambda_1 = 12\lambda_2$

☑ **پاسخ:** گزینه «۴»

$$\left.\begin{matrix} \Delta V_1 = V_1 k_1 \Delta T \\ k_1 = 3\lambda_1 \end{matrix}\right\} \Rightarrow \Delta V_1 = V_1 \times 3\lambda_1 \times \Delta T = 3V_1\lambda_1\Delta T$$

$$\left.\begin{matrix} 4\Delta V_2 = \Delta V_1 \Rightarrow \Delta V_2 = \frac{1}{4}\Delta V_1 = V_2 3\lambda_2 \Delta T \\ V_2 = 3V_1 \end{matrix}\right\} \Rightarrow \frac{1}{4}\Delta V_1 = 3V_1 3\lambda_2 \Delta T$$

$$\Rightarrow \Delta V_1 = 36V_1\lambda_2\Delta T = 3V_1\lambda_1\Delta T \Rightarrow 12\lambda_2 = \lambda_1$$

۱ـ۲ـ۴. انبساط مایعات

برای مایعات نیز ضریب انبساط حجمی مانند جامدات تعریف می‌شود که در اینجا آن را با (a) نشان داده‌ایم و مشابه روابطی که در جامدات بـه معرفـی آن پرداختیم داریم :

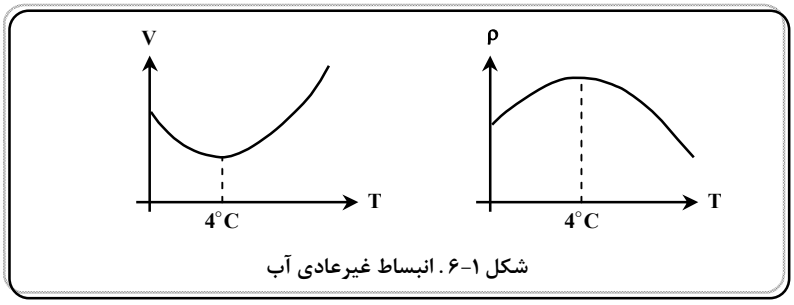
$$\Delta V = V_1 a \Delta T \qquad (۱۴-۱)$$

$$V_2 = V_1(1 + a\Delta T) \qquad (۱۵-۱)$$

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + a\Delta T} \qquad (۱۶-۱)$$

توجه : تغییرات حجمی سیال با تغییرات دما، مبنای کاری دماسنج‌هایی مثل دماسنج جیوه‌ای می‌باشد. با توجه به رابطه، تغییرات حجم به شکل مستقیم با تغییرات دما تناسب دارد.

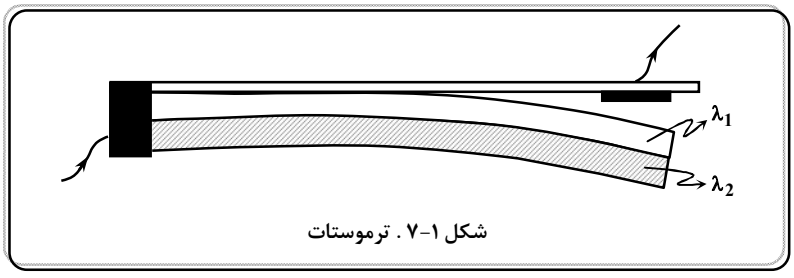
توجه : انبساط آب، انبساطی غیر عادی است، به طوریکه از صفر تا چهار درجه سانتیگراد، حجم آن به جای افزایش کاهش و مقدار چگالی آن افزایش می‌یابد و از چهار درجه سانتیگراد به بعد، رفتار آن مانند دیگر مایعات عادی می‌شود.



شکل ۱-۶ . انبساط غیرعادی آب

۱ـ۲ـ۵. ترموستات

اگر دو میله به ضرایب انبساط طولی λ_1 و λ_2 را در یک دمای مشخص و طول یکسان داشته باشیم که به صورت سرتاسری به هم چـسبیده باشـند، در اثـر تغییر دما، تغییر طولهای یکسان نمی‌دهند و به همین دلیل وضعیتی به شکل زیر می‌گیرند. میله‌ای که در قوس بیرونی قرار دارد، بر اثر افـزیش دمـا تغییـر طول بیشتر و میله‌ای که در قوس داخلی قرار می‌گیرد، تغییر طول کمتری می‌دهد. از این وسیله برای قطع و وصل کردن کلیدهای الکتریکـی کنتـرل دمـا استفاده می‌شود.



شکل ۱-۷ . ترموستات

مثال۱۸: دو تیغه نازک یکی با ضریب انبساط طولی λ_1 و دیگری با ضریب انبساط طـولی λ_2 را بـه صـورت سرتاسـری بـه هـم چـسبانده‌ایـم. اگر $\lambda_1 < \lambda_2$ باشد، بر اثر افزایش دما .....

۱) میله (۱) قوس بیرونی را تشکیل می‌دهد.
۲) میله (۲) قوس بیرونی را تشکیل می‌دهد.
۳) تیغه منقبض می‌شود اما خمیده نمی‌شود.
۴) تیغه منبسط می‌شود اما خمیده نمی‌شود.

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» چون ضریب انبساط طولی تیغه (۲) بیشتر از ضریب انبساط طولی تیغه (۱) است بنابراین بر اثر افزایش دما طول تیغه (۲) بیـشتر از تیغه (۱) شده و تیغه (۲) قوس بیرونی خم را تشکیل می‌دهد.