سیروس مهر

# فصل ( ۴ )
# دما و گرما

تهیه و تنظیم :

سعید سیروس مهر

## تعریف دما :

دما کمیتی است که درجه گرمی و سردی جسم را تعیین میکند .
رایج ترین نوع دماسنج ها، دماسنج های جیوه ای و الکلی می باشند. کمیت دماسنجی دراین دماسنج ها ارتفاع مایع درون لولهٔ آن ها است .

## کمیت دما سنجی :

برای اندازه گیری دما از دماسنج استفاده میشود ساده ترین و رایج ترین دماسنج ها نوع الکلی و جیوه ای می باشد که بر اساس تغییر حجم و ارتفاع مایع در اثر تغییر دما کار می کنند . شکل مقابل یک دماسنج الکلی را نشان میدهد.

یک نمونه دماسنج الکلی

## دماسنج سلسیوس :

یکی از متداول ترین دماسنج ها ، دماسنج سلسیوس یا سانتی گراداست . این دما را با نماد $\theta$ نشان داده و یکای آن درجه سلسیوس است که با $^{\circ}C$ نشان میدهند .

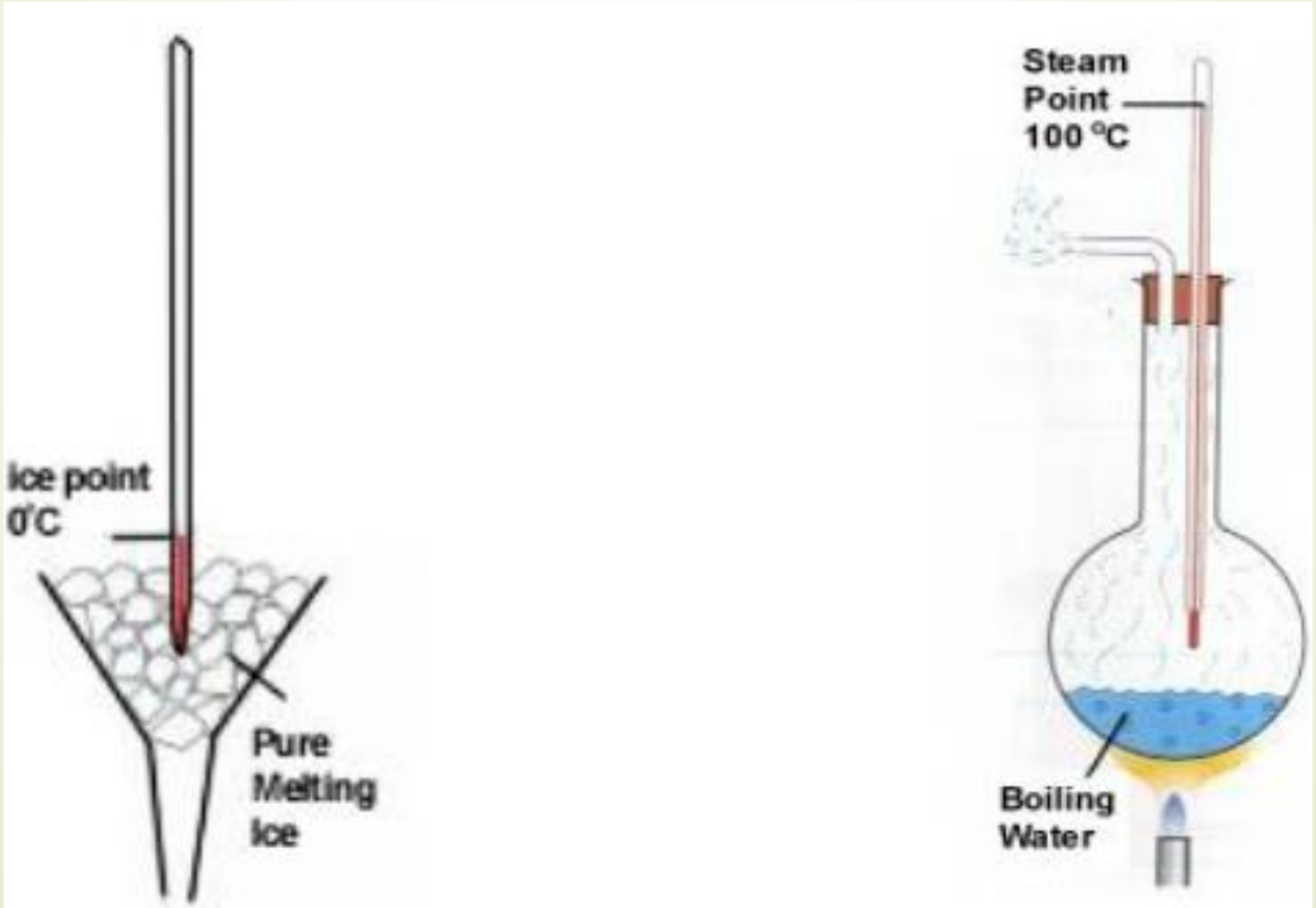
## نکته :

به دمای سلسیوس، سانتی گراد نیز گویند . سانتی یعنی یک صدم $(\frac{1}{100})$ و گراد به معنی درجه است بنابر این سانتی گراد به معنی یک صدم درجه می باشد.

سیروس مهر

## طرز درجه بندی دماسنج سلسیوس :

برای درجه بندی دماسنج سلسیوس نیاز به دو نقطه ثابت پایینی و بالایی است. نقطه ثابت پایینی دمای ذوب یخ خالص و نقطه ثابت بالایی دمای بخار آب جوش درفشار یک اتمسفر است که آنها را بترتیب با اعداد ۰ و ۱۰۰ نشان داده و بین دو عدد را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم می کنند که هر قسمت برابر یک درجه سلسیوس ا ست.



**دمای کلوین :**

**کمترین دمای ممکن $-۲۷۳/۱۵^{\circ}C$ – است که در این دما انرژی درونی مولکول های یک جسم به صفر می رسد که به آن دمای صفر مطلق یا دمای کلوین گویند و آنرا با نماد T نشان داده و یکای آن در SI کلوین است که با حرف K نشان میدهند. در محاسبات از ۲۷۳ – استفاده خواهیم کرد .**

**رابطه بین دمای سلسیوس و کلوین :**

**بین دمای سلسیوس و کلوین رابطه زیر برقرار است :**

$$T = \theta + 273$$

## تمرین ۴ـ۱

نشان دهید که تغییر دما در مقیاس‌های سلسیوس و کلوین با هم برابر است ($\Delta T = \Delta\theta$).

**پاسخ :**

$$\left.\begin{aligned} T_1 &= \theta_1 + ۲۷۳ \\ T_2 &= \theta_2 + ۲۷۳ \end{aligned}\right\} \Delta T = T_2 - T_1$$

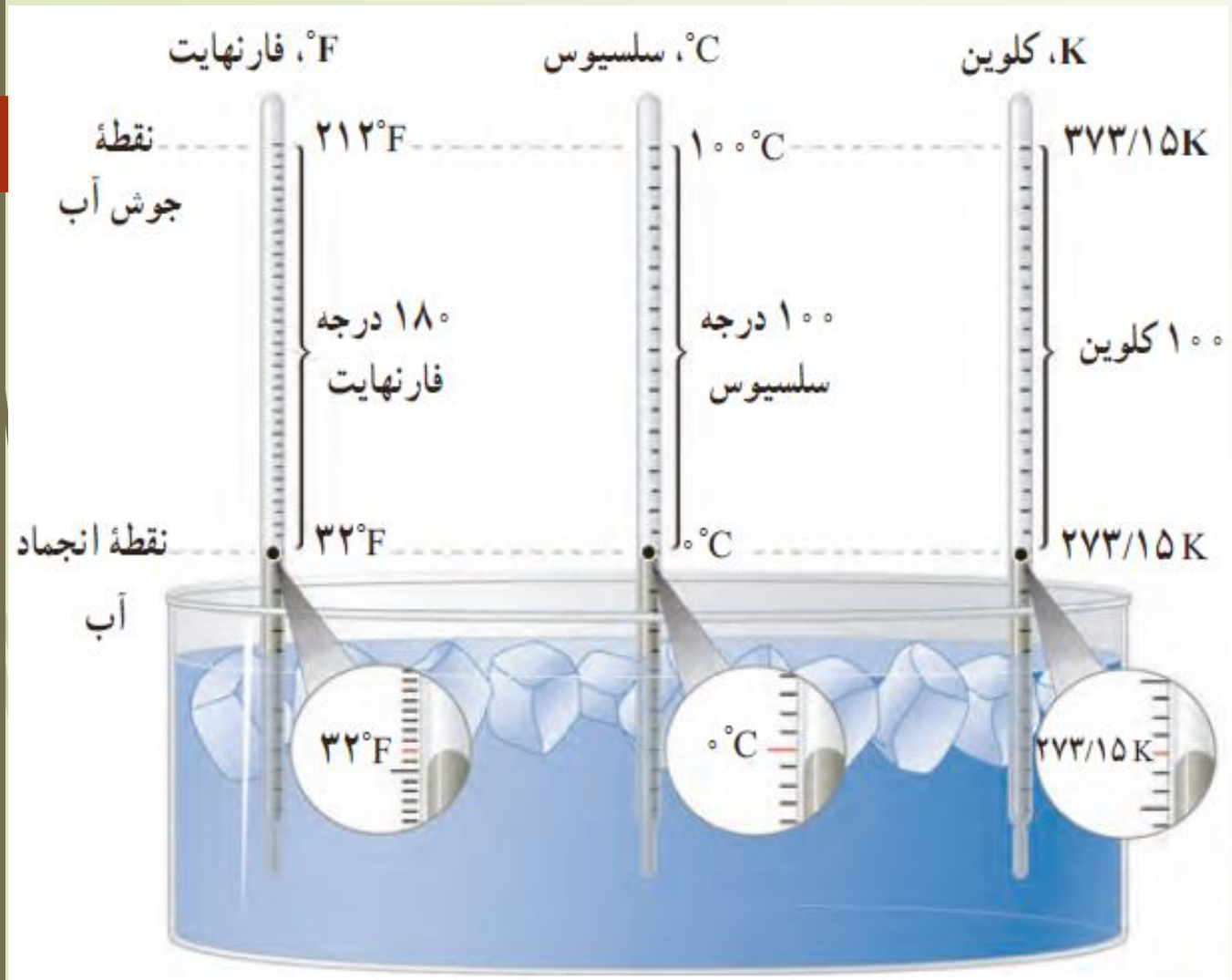
$$\Delta T = \theta_2 + ۲۷۳ - (\theta_1 + ۲۷۳)$$

$$\Delta T = \Delta\theta$$

سیروس مهر

## دماسنج فارنهایت :

یکی دیگر ازدماهای رایج که در هواشناسی و صنعت بکار می رود دمای فارنهایت است که آنرا با F نشان داده و یکای آن درجه فارنهایت است که با F ° نشان می دهند. شکل مقابل مقایسه سه دمای کلوین، سلسیوس و فارنهایت را نشان می دهد.




مقایسهٔ یکاهای فارنهایت، سلسیوس و کلوین

## رابطه بین دمای سلسیوس و فارنهایت :

$$F = 1.8\,\theta + 32 \quad \text{و یا} \quad F = \frac{9}{5}\theta + 32$$

## برخی از دماسنج هایی که مورد استفاده قرار می گیرند :

برخی از دماسنج‌ها که در اطراف خود مشاهده می‌کنید.

دماسنج تابشی که بر اساس آشکارسازی شدت تابش گرمایی کار می‌کند.

## تمرین ۴ــ ۲

الف) دمای بدن یک انسان سالم تقریباً $37^{\circ}C$ است. این دما را برحسب کلوین و فارنهایت بنویسید.

ب) گرم‌ترین نقطهٔ روی زمین، ناحیه‌ای در کویر لوت است که دمای آن تا حدود $70^{\circ}C$ و سردترین نقطه در قطب جنوب است که دمای آن تا $89^{\circ}C-$ گزارش شده است. این دماها را برحسب کلوین و فارنهایت به‌دست آورید.

**پاسخ :**

**الف )**

$$\theta = 37^{\circ}C \begin{cases} T_{(k)} = \theta_{(^{\circ}c)} + 273 \Rightarrow T = 37 + 273 \Rightarrow T = 310k \\ F_{(f)} = 1/8\theta_{(^{\circ}c)} + 32 \Rightarrow F = 1/8 \times 37 + 32 \Rightarrow F = 98/6^{\circ}F \end{cases}$$

**ب)**

$$\begin{cases} T_{(k)} = \theta_{(^{\circ}C)} + 273 \begin{cases} \theta_1 = 70^{\circ}C \Rightarrow T_1 = 70 + 273 \Rightarrow T_1 = 343k \\ \theta_2 = -89^{\circ}C \Rightarrow T_2 = -89 + 273 \Rightarrow T_2 = 184k \end{cases} \\ F_{(f)} = 1/8\theta_{(^{\circ}C)} + 32 \begin{cases} \theta_1 = 70^{\circ}C \Rightarrow F_1 = 1/8 \times (70) + 32 \Rightarrow F_1 = 158^{\circ}F \\ \theta_2 = -89^{\circ}C \Rightarrow F = 1/8 \times (-89) + 32 \Rightarrow F_2 = -128/2^{\circ}F \end{cases} \end{cases}$$

سیروس مهر

**مثال :**

**$86^{\circ}F$ معادل چند کلوین است ؟**

**پاسخ :**

$$F = 86^{\circ}F \qquad F = 1/8\theta + 32 \Rightarrow 86 = 1/8\theta + 32$$

$$86 - 32 = 1/8\theta \Rightarrow \theta = \frac{54}{1/8} \Rightarrow \theta = 30^{\circ}C$$

$$T = \theta + 273 = 30 + 273 = 303\ K$$

**مثال :**

**درچه دمایی هر دو دماسنج سلسیوس و فارنهایت هر دو یک عدد را نشان می دهند؟**

**پاسخ :**

$F = \theta$ و $F = 1/8\theta + 32 \Rightarrow \theta = 1/8\theta + 32$

$$\theta - 1/8\theta = 32$$

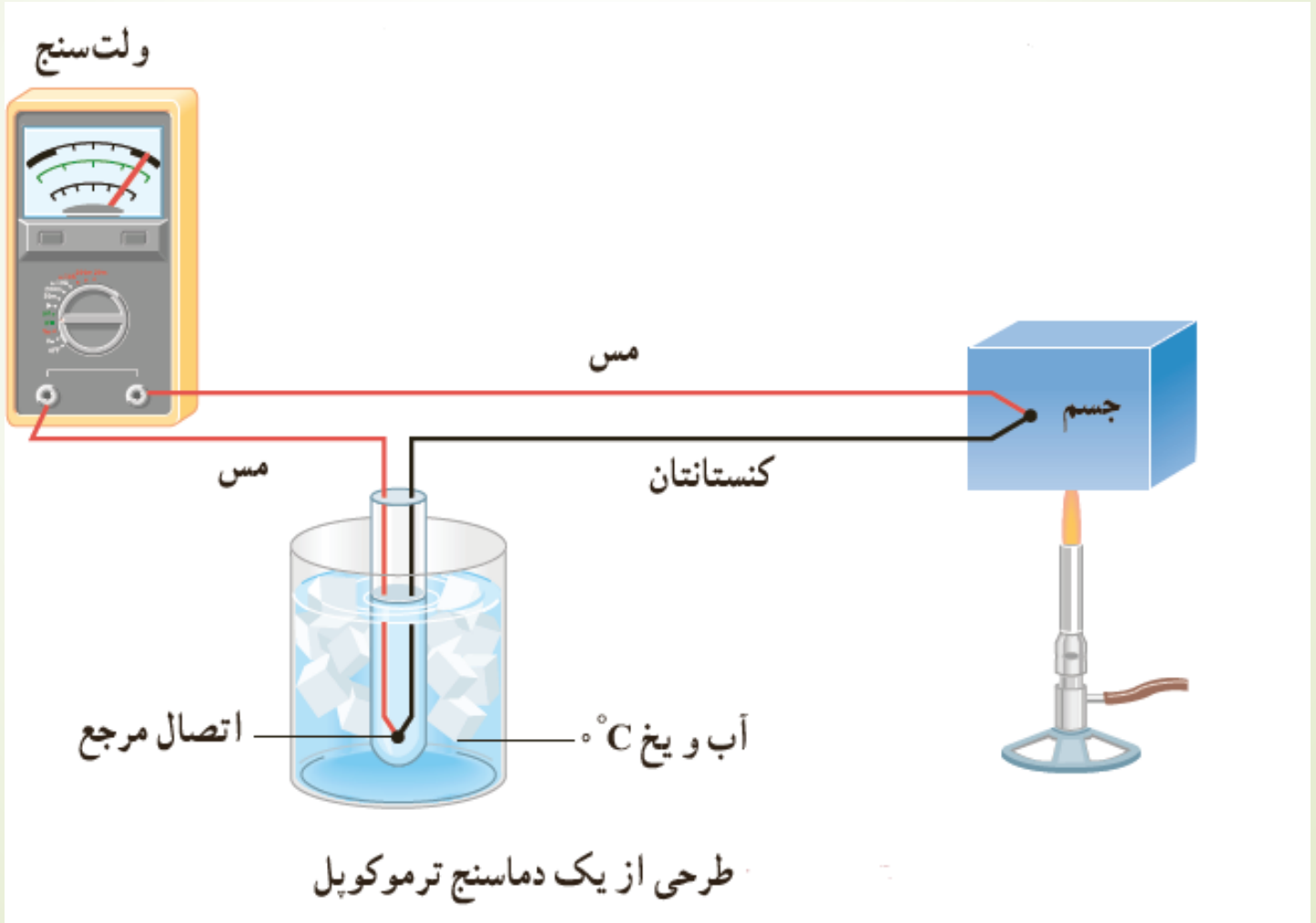
$$-0/8\theta = 32$$

$$\theta = \frac{32}{-0/8} \Rightarrow \theta = -40^{\circ}C$$

سیروس مهر

## دماسنج ترموکوپل :

هرگاه محل اتصال دو سیم غیرهم جنس را گرما دهیم در مدارجریان الکتریکی ایجاد میشود به این پدیده ترموکوپل گویند و دماسنجی که به این روش ساخته میشود، دماسنج ترموکوپل نامیده میشود.
گستره دماسنجی یک ترمو کوپل به جنس سیم های آن بستگی دارد بعنوان مثال در ترموکوپلی از جنس کروم-نیکل گستره دماسنجی از $-270\ ^\circ C$ الی $1372\ ^\circ C$ می باشد.



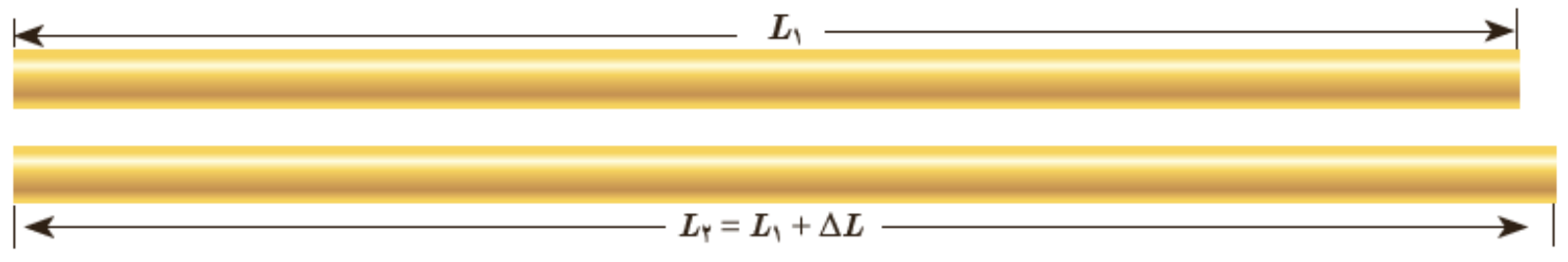

طرحی از یک دماسنج ترموکوپل

## اثر گرما بر جامدها :

انبساط در جامدها خصوصا فلزات به سه صورت طولی، سطحی و حجمی ایجاد میشود.

## انبساط طولی :

اگر جسم جامد به شکل میله نازک فلزی باشد در اثر گرما به طول آن افزوده میشود. اگر طول اولیه میله فلزی $L_1$ باشد و دمای آنرا به انداز $\Delta T = \Delta\theta$ افزایش دهیم دراینصورت طول آن به اندازه $\Delta L = L_2 - L_1$ افزایش می یابد.( مطابق شکل )




آزمایش نشان می دهد که مقدار افزایش طول میله به افزایش دما و جنس میله فلزی بستگی دارد و از رابطه زیر بدست می آید:

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$$

- $\Delta L$: تغییر طول — m
- $\alpha$: ضریب انبساط طولی — $\frac{1}{^\circ C}$ یا $\frac{1}{K}$
- $L_1$: طول اولیه — m
- $\Delta T$: تغییر دما — $^\circ C$ یا K

سیروس مهر

مثال :

انبساط تیرآهنی با طول اولیهٔ ۲۵ متر،دراثرافزایش دمای از$-۱۰^{\circ}C$ تا $۳۰^{\circ}C$ را حساب کنید. $\alpha_{\text{آهن}} = ۱۱\times ۱۰^{-۶}\ \frac{۱}{^{\circ}C}$

پاسخ :

$L_۱ = ۲۵m$

$\theta_۱ = -۱۰^{\circ}C$

$\theta_۲ = ۳۰^{\circ}c$

$\alpha = ۱۱\times ۱۰^{-۶}\ \frac{۱}{^{\circ}C}$

$\Delta L = ?$

$$\Delta L = \alpha L_۱ \Delta\theta$$

$$\Delta L = ۱۱\times ۱۰^{-۶}\times ۲۵\times (۳۰-(-۱۰))$$

$$\Delta L = ۱/۱\times ۱۰^{-۲} m = ۱/۱ cm$$

سیروس مهر

**نکته :**

**طول ثانویه میله از رابطه زیر بدست می آید:**

$$\Delta L = L_2 - L_1 \rightarrow L_2 = L_1 + \Delta L$$

**برای محاسبه طول ثانویه میتوان از رابطه زیر نیز استفاده کرد:**

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta\theta \rightarrow L_2 - L_1 = \alpha L_1 \Delta\theta \rightarrow L_2 = L_1 + \alpha L_1 \Delta\theta$$

$$\rightarrow L_2 = L_1(1 + \alpha\Delta\theta)$$

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta\theta$$

$$L_2 = L_1(1 + \alpha\Delta\theta)$$

**مثال :**

**اگردمای میله‌ای فلزی به طول ۱m را ۴۰۰ °C افزایش دهیم،طول میله چند سانتی‌مترمی‌شود (ضریب انبساط طولی میله $۱۲\times۱۰^{-۶}\ \frac{۱}{°C}$ است)**

**پاسخ :**

$$L_۱ = ۱m$$

$$\Delta\theta = ۴۰۰^{\circ}C$$

$$L_۲ = ?$$

$$\alpha = ۱۲\times۱۰^{-۶}\ \frac{۱}{°C}$$

$$L_۲ = L_۱(۱+\alpha\Delta\theta)$$

$$L_۲ = ۱\times(۱+۱۲\times۱۰^{-۶}\times۴۰۰)$$

$$L_۲ = (۱+./۰۰۴۸)$$

$$L_۲ = ۱/۰۰۴۸m$$

$$L_۲ = ۱/۰۰۴۸\times۱۰۰ = ۱۰۰/۴۸cm$$

**مثال ۴ــ۱**

طول یک پل معلق[1] (شکل الف)، در پایین ترین دمای منطقه ۱۱۵۸ m است. این پل از نوعی فولاد با $\alpha = ۱۳ \times ۱۰^{-۶}\,۱/^{\circ}C$ ساخته شده است. فرض کنید کمترین دمای ممکن $-۵۰^{\circ}C$ و بیشترین دمای ممکن $+۵۰^{\circ}C$ باشد. بیشترین تغییر طول ممکن پل چقدر است؟

پاسخ : با استفاده از رابطهٔ **۴ــ۲** داریم :

$$\Delta L = \alpha L_{۱} \Delta T = (۱۳ \times ۱۰^{-۶}\,۱/^{\circ}C)(۱۱۵۸m)(۱۰۰^{\circ}C) = ۱/۵m$$

تغییر طول ۱/۵ m مقدار نسبتاً زیادی است. بدیهی است که در عمل نمی‌توان فضایی خالی به طول ۱/۵ m را برای این تغییر طول روی پل در نظر گرفت. برای رفع این مشکل از تعدادی *بست انبساطی/انگشتی*[2] که از جنس فلز هستند استفاده می‌کنند. شکل (ب)، نوعی از این بست‌ها و شکل (پ)، نمونه‌ای دیگر از این بست‌ها را نشان می‌دهد.

(الف) تصویری از یک پل معلق

(ب) نمونه‌ای از بست‌های انبساطی

(پ) نمونه‌ای دیگر از بست‌های انبساطی

سیروس مهر

**مثال:** ارتفاع برج ایفل در یک روز برابر ۳۰۰ متر است اگر در آن روز دمای آن ۲۲ درجه سلسیوس افزایش دما داشته باشد، تغییر طول آن حداکثر چند سانتیمتر خواهد بود؟ $\alpha = ۱۰/۵ \times ۱۰^{-۶} \frac{۱}{^\circ C}$

**پاسخ:**

$L_۱ = ۳۰۰ m$

$\Delta\theta = ۲۲^\circ C$

$\alpha = ۱۰/۵ \times ۱۰^{-۶} \frac{۱}{^\circ C}$

$\Delta L = ?$

$$\Delta L = \alpha L_۱ \Delta\theta$$

$$\Delta L = ۱۰/۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۳۰۰ \times ۲۲$$

$$\Delta L \approx ۰/۰۷ m = ۷ cm$$

**مثال:**

دمای یک میله فلزی را چند درجه‌ی سلسیوس بالابریم تا افزایش طول آن $\frac{۱}{۴۰۰}$، طول اولیه اش باشد؟ $\alpha_{\text{فلز}} = ۲ \times ۱۰^{-۵} \frac{۱}{^\circ C}$

**پاسخ:**

$$\Delta L = \alpha L_۱ \Delta\theta$$

$\Delta\theta = ?$

$$\Delta L = \frac{۱}{۴۰۰} L_۱$$

$\alpha = ۲ \times ۱۰^{-۵} \frac{۱}{^\circ C}$

$$\frac{۱}{۴۰۰} L_۱ = ۲ \times ۱۰^{-۵} L_۱ \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = \frac{\frac{۱}{۴۰۰}}{۲ \times ۱۰^{-۵}} = \frac{۱۰^{+۵}}{۸۰۰}$$

$$\Delta\theta = ۱۲۵^\circ C$$

## مثال۱:

چه مقدار افزایش دما باعث می شود تا ۰٫۵ متر میله‌ی فلزی، ۱٫۱ میلیمتر افزایش یابد؟($\alpha = ۲ \times ۱۰^{-۴}\ \frac{۱}{k}$)

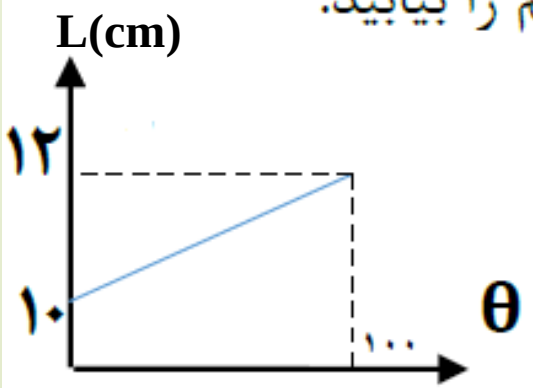
## مثال۲:

با افزایش ۱۰ درجه ای دما برای یک میله فلزی با ضریب انبساط طولی $۱۰^{-۴}\ \frac{۱}{k}$ ،طول میله چند درصد افزایش می‌یابد؟

۱) ۰٫۱ ۲) ۰٫۰۱ ۳) ۱ ۴) ۱۰

## مثال۳:

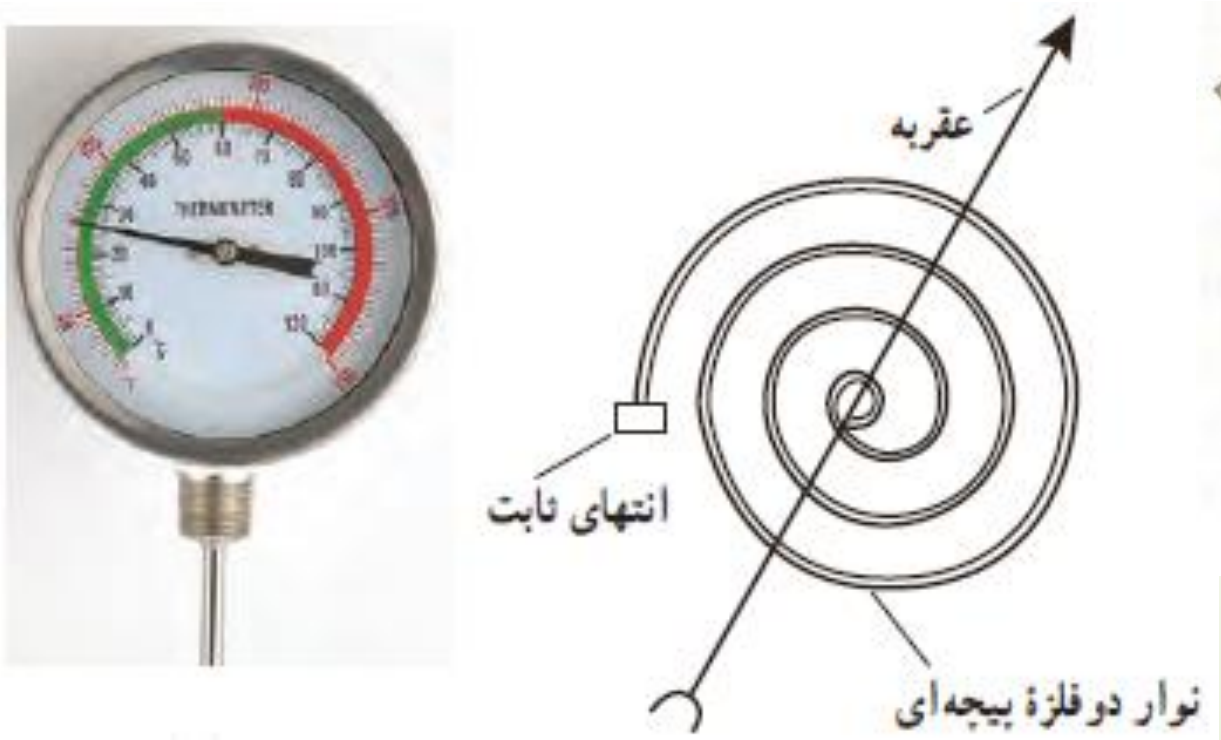
نمودار طول یک جسم نسبت به دما مطابق روبروست، ضریب انبساط طولی جسم را بیابید.

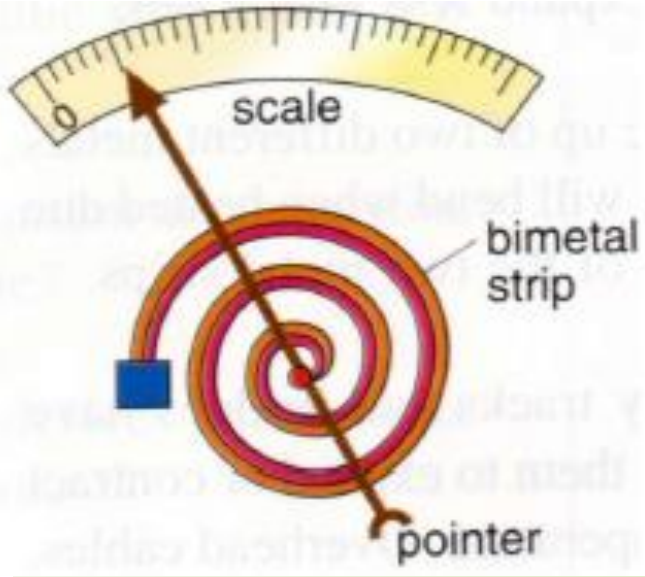


## دماسنج نوری دو فلزه:

این نوع دماسنج مثل ترموستات ازدو تیغه ی فلزی با ضریب انبساط متفاوت که سرتاسر به هم جوش داده شده اند، می سازند.

دردماسنج بی متال تیغه های فلزی به شکل یک نوارحلزونی است.دراین جاهم تیغه ی فلزی که ضریب انبساط بیشتری داره کمان خارجی راتشکیل می دهدبه همین دلیل با افزایش دما،نوارِبی متال حلزونی، خمیده شده وعقربه به سمت راست می چرخد.

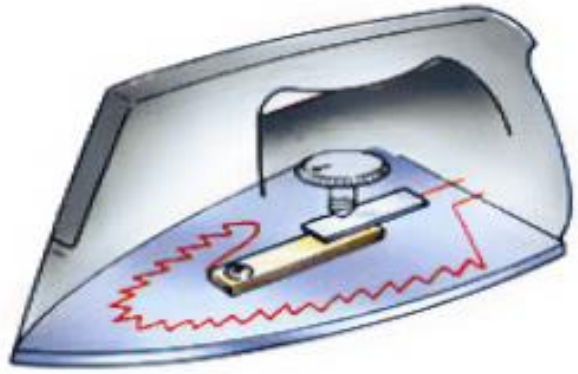


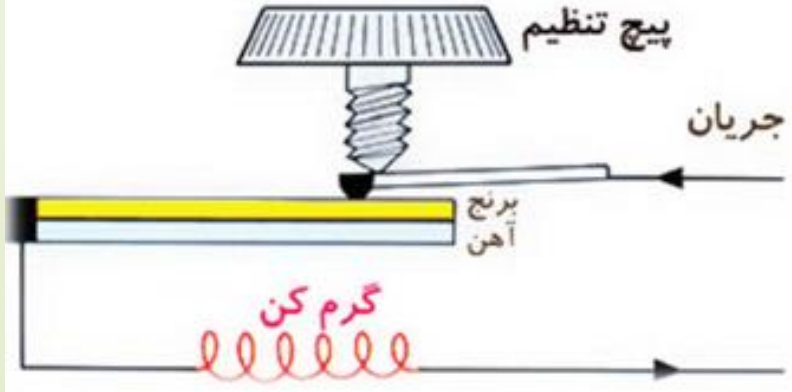



## دماپا یا ترموستات:

وسیله ای برای **تنظیم دماست** که ازدو فلزغیرهم جنس بامیزان انبساط متفاوت که به یک دیگر پرچ یا لحیم شده اند، ساخته شده است .

در اتوی برقی

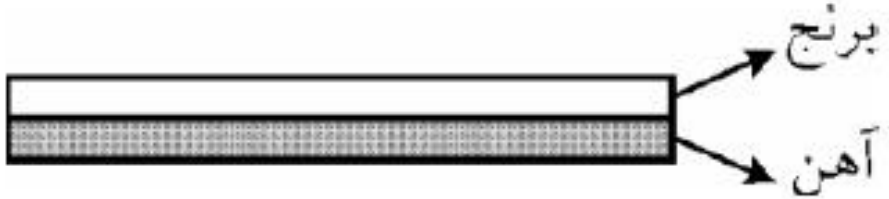




سیروس مهر

**توجه:**

**اگر دماپا (نواردوفلز)دریک مدارالکتریکی قراردهیم بابرقراری جریان نوار دو فلزگرم می شود ونوار خم شده واتصال قطع می شود واگردماپا سرد شود دوباره طول دو فلز یک اندازه می‌شود و نقاط اتصال وصل می‌شوند و دستگاه روشن می‌شود.**

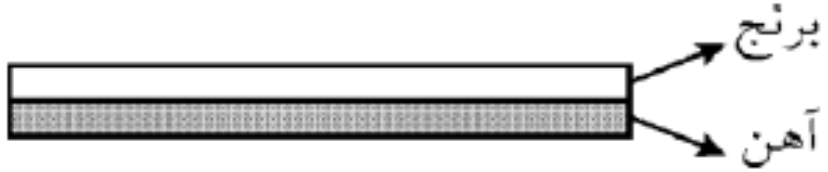


سیروس مهر

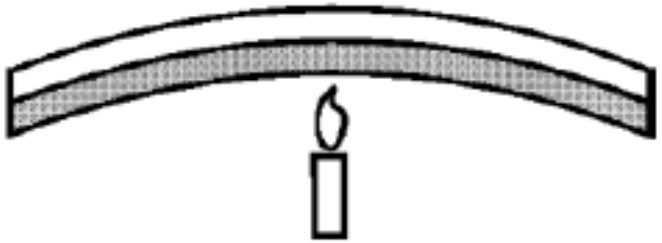
## پرسش:

دو نوار فلزی متفاوت(آهن و برنج) را به هم می چسبانیم.اگر روی میله (دماپا) یک بار یخ قرار داده و بار دیگر زیر آن را شمع روشن کنیم به چه شکلی تبدیل می شود؟

پاسخ:



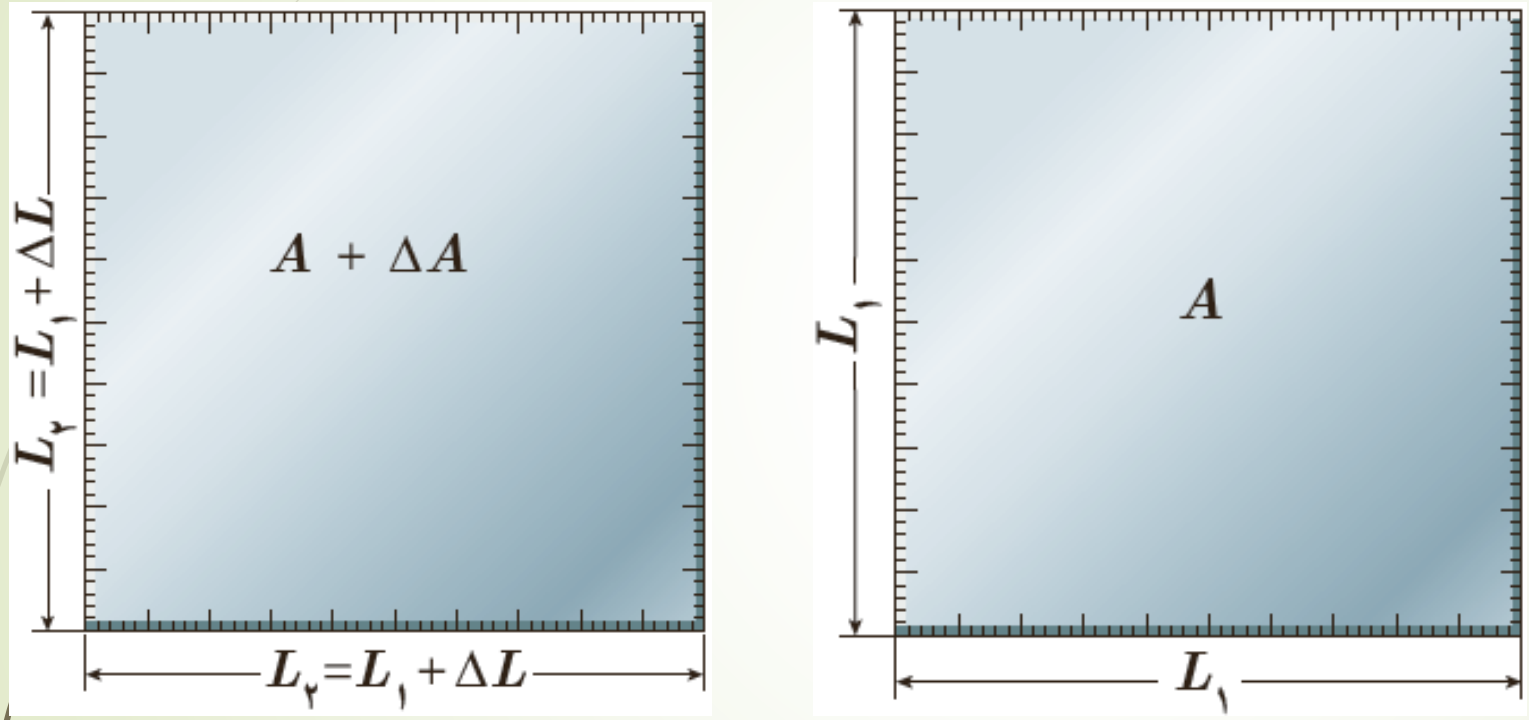

هرچه آلفا بزرگتر باشد افزایش طول میله به علت افزایش دما بیشتر است.هرچه آلفا بزرگتر باشد کاهش طول میله به علت کاهش دما بیشتر است.چون آلفای برنج بیشتر از آهن است پس بیشتر منبسط و بیشتر منقبض می شود.



**دلیل میکروسکوپی انبساط گرمایی:** از نظر میکروسکوپی با گرم شدن جسم، ارتعاش بین اتم‌ها و مولکولها زیاد شده و از هم فاصله می‌گیرند که باعث انبساط ماده می شود.

## انبساط سطحی:

اگر جسم نازک و دوبعدی باشد مانند ورقه نازک فلزی، در اثر گرما مساحت آن افزایش می یابد که میگوییم انبساط سطحی رخ داده است.




تغییر مساحت یک ورقه نازک فلزی از رابطه زیر بدست می آید:

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta\theta$$

$$\Delta A = A_2 - A_1 \longrightarrow A_2 = A_1(1 + 2\alpha\Delta\theta)$$

**توجه:**

**ضریب انبساط سطحی یک جسم تقریبا دو برابر ضریب انبساط طولی آن جسم است.**

**مثال ۴ــ۲**

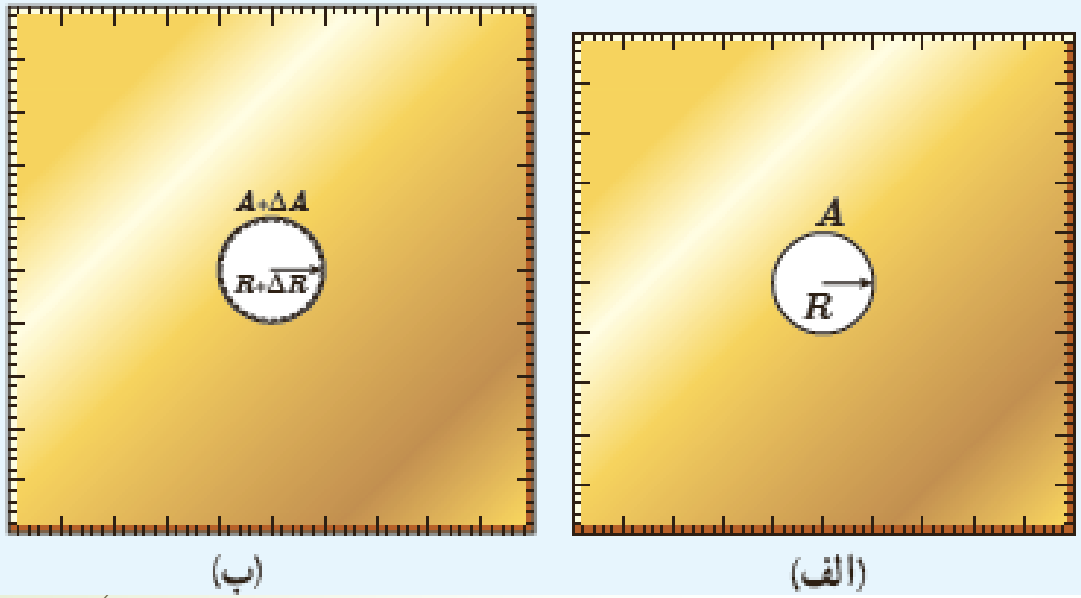
مساحت یک ورقهٔ مسی $۲۵۰۰\ cm^۲$ است. اگر دمای این ورقه را $۵۰^\circ C$ افزایش دهیم، مساحت آن چقدر افزایش خواهد یافت؟

**پاسخ :** از رابطهٔ ۴ــ۳ استفاده می‌کنیم. ضریب انبساط طولی مس با استفاده از جدول ۴ــ۱ برابر $۱۷ \times ۱۰^{-۶}/^\circ C$ است؛ بنابراین داریم :

$$\Delta A = ۲\alpha A_۰ \Delta T = ۲(۱۷ \times ۱۰^{-۶}/^\circ C)(۲۵۰۰\ cm^۲)(۵۰^\circ C) = ۴/۳\ cm^۲$$

**مثال:** دمای یک قرص فلزی $۴۰۰^\circ C$ افزایش می‌یابد، به طوریکه سطح آن به اندازه ۰،۰۲ مساحت اولیه افزایش می یابد. ضریب انبساط طولی این قرص فلزی چقدر است؟

شکل‌های (الف) و (ب) نشان می‌دهند که وقتی روی یک ورقهٔ فلزی حفره‌ای دایره‌ای داشته باشیم و ورقه را گرم کنیم، قطر (یا مساحت) حفره بزرگ می‌شود. فرض کنید جنس ورقه، برنجی است و حفره‌ای به قطر یک اینچ (۲/۵۴cm) درون آن ایجاد شده است. وقتی دمای ورقه، ۲۰۰°C افزایش یابد، افزایش مساحت حفره چقدرخواهد شد؟




**پاسخ:**

**شعاع حفره**

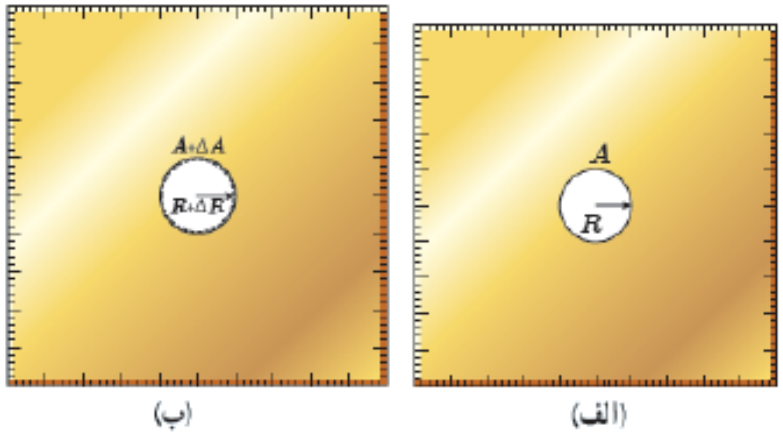
$$r = \frac{۲/۵۴}{۲}\text{cm} = ۱/۲۷\text{cm} \Rightarrow A_۱ = \pi r^۲ \Rightarrow A_۱ = ۳/۱۴ \times ۱/۲۷^۲ \approx ۵\text{cm}^۲$$

$$\Delta\theta = ۲۰۰^\circ\text{C} \qquad \Delta A = ۲\alpha A_۱ \Delta T$$

$$\Delta A = ? \qquad \Delta A = ۲ \times ۱۹ \times ۱۰^{-۶} \times ۵ \times ۲۰۰$$

$$\Delta A = ۳/۸ \times ۱۰^{-۲}\text{cm}^۲$$

$$\alpha_{\text{فلز}} = ۱۹ \times ۱۰^{-۶}\ \frac{۱}{^\circ\text{C}}$$



## انبساط حجمی:

**هرگاه جسم جامد سه بعدی باشد ( مانند کره و مکعب )، در اثر گرما به حجم آن افزوده میشود که به آن انبساط سطحی گویند. افزایش حجم از رابطه زیر بدست می آید:**

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T$$

در این رابطه، $\beta$ ضریب انبساط حجمی جامد یا مایع است. یکای $\Delta V$ و $V_1$ مترمکعب ($m^3$)، یکای $\Delta T$ ، کلوین (K) یا درجهٔ سلسیوس ($^\circ C$) و از آنجا یکای $\beta$، بر کلوین ($1/K$) یا بر درجهٔ سلسیوس ($1/^\circ C$) است.

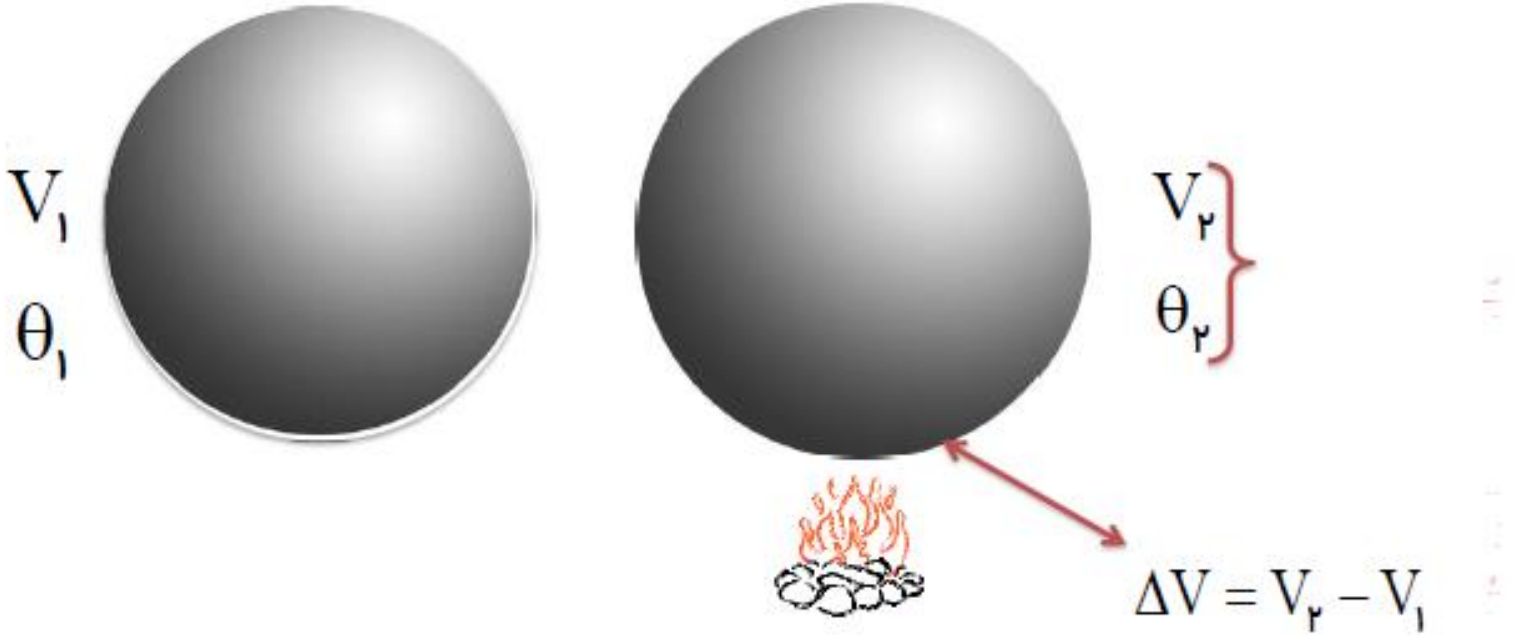
انبساط طولی بیشترجامدها در راستاهای مختلف، با ضریب انبساط طولی یکسان صورت می‌گیرد. می‌توان نشان داد که ضریب انبساط حجمی این جامدها با تقریب مناسبی سه برابر ضریب انبساط طولی آنهاست.

$$\beta_{\text{جامد}} = ۳\alpha$$

افزایش دما باعث افزایش حجم جامدها نیز می شود.

$$\Delta V = ۳\alpha V_۱ \Delta\theta$$

$$V_۲ = V_۱(۱ + ۳\alpha\Delta\theta)$$




**مثال:**

دمای مکعب مستطیلی فلزی به ابعاد ۱۰cm، ۶cm و ۵cm را به اندازه‌ی ۲۰۰°C افزایش می‌دهیم، حجم جدید چقدر می‌شود؟ $\alpha_{\text{فلز}} = ۳ \times ۱۰^{-۵} \frac{۱}{°C}$

## مثال ۴ـ۳

در یک روز داغ تابستان که دمای هوا $40^\circ C$ است، شخصی باکِ (مخزن) ۵۵ لیتری اتومبیل خود را از بنزین کاملاً پر می‌کند. فرض کنید بنزین از منبعی در زیرزمین با دمای $12^\circ C$ بالا آمده باشد. شخص اتومبیل را پارک می‌کند و ساعتی بعد بازمی‌گردد. مشاهده می‌کند بنزین قابل توجهی از باک سرریز شده است. چقدر بنزین از باک بیرون ریخته است؟ (از افزایش حجم باک که بسیار ناچیز است صرف‌نظر می‌شود.)

**پاسخ :** با توجه به اینکه بنزین، زمان کافی برای هم‌دما شدن با محیط داشته است، دمای نهایی آن را $40^\circ C$ در نظر می‌گیریم. اکنون با استفاده از رابطهٔ ۴ـ۴ و جدول ۴ـ۲ برای ضریب انبساط حجمی بنزین خواهیم داشت :

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T = (0.00095/^\circ C)(55L)(40^\circ C - 12^\circ C) = 1.5L$$

بنابراین، در کمال تعجب درمی‌یابیم که ۱/۵ لیتر بنزین روی زمین ریخته است.

**مثال:**

**دردمای $20^\circ C$،حجم یک ظرف مسی برابریک لیتراست.حجم این ظرف در دمای $100^\circ C$ چقدراست؟**

$\alpha_{مس} = 17 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ C}$

# محاسبه ی درصدتغییرات طول،سطح وحجم

درصدتغییرهرکمیت از رابطه ی $\frac{\Delta \text{کمیت}}{\text{کمیت اولیه}} \times ۱۰۰\,\%$ به دست می آید.

$$\Delta L = \alpha L_۱ \Delta\theta \Rightarrow \text{درصدتغییرات طول} = \frac{\Delta L}{L_۱} \times ۱۰۰\% = (\alpha \times \Delta\theta) \times ۱۰۰\%$$

$$\Delta A = ۲\alpha A_۱ \Delta\theta \Rightarrow \text{درصدتغییرات سطح} = \frac{\Delta A}{A_۱} \times ۱۰۰\% = (۲\alpha \times \Delta\theta) \times ۱۰۰\%$$

$$\Delta V = ۳\alpha V_۱ \Delta\theta \Rightarrow \text{درصدتغییرات حجم} = \frac{\Delta V}{V_۱} \times ۱۰۰\% = (۳\alpha \times \Delta\theta) \times ۱۰۰\%$$

درصدتغییرات سطح دوبرابردرصد تغییرات طولش ودرصدتغییرات حجم سه برابر درصدتغییرات طولش است.

تمرین :

## دمای صفحه‌ای از آلومینیوم به اندازه‌ی $200^\circ C$ کاهش می‌یابد، مساحت صفحه چنددرصد کاهش می‌یابد؟ ( $\alpha_{AL} = 25 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ C}$ )

پاسخ:

درصد مساحت کاهش یافته $= 1\%$

$$\left.\begin{array}{l} \Delta\theta = -200^\circ C \\ \text{درصد تغییرات مساحت} = ? \end{array}\right\} \left.\begin{array}{l} \text{درصد تغییرات مساحت} = \frac{\Delta A}{A_1} \times 100\% \\ \Delta A = 2\alpha A_1 \Delta\theta \end{array}\right\} = \frac{2\alpha A_1 \Delta\theta}{A_1} \times 100\%$$

$$\text{درصد تغییرات مساحت} = 2 \times 25 \times 10^{-6} \times (-200) \times 100\%$$

$$\alpha = 25 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ C} \qquad \text{درصد تغییرات مساحت} = -1\%$$

## انبساط حجمی مایعات:

با افزایش دمای مایع،حرکت کاتوره ای اتم ها ومولکولها افزایش می یابد.در نتیجه اتمها و مولکول ها ازهم دور شده وحجم مایع بیشترمی شود.

انبساط و انقباض مایعات تنها از نوع انبساط و انقباض حجمی است.

## انبساط ظاهری مایع:

هرگاه ظرفی را پراز مایعی کرده و به ظرف حرارت دهیم، مایع منبسط شده و مقداری ازمایع به بیرون ظرف می ریزد، به حجم مایع بیرون ریخته شده، انبساط ظاهری مایع گوییم. بنابراین میتوان نوشت:

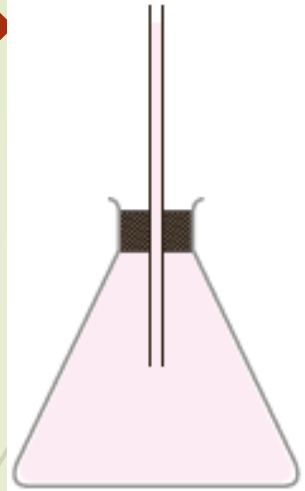
انبساط حجمی ظرف - انبساط واقعی مایع = انبساط ظاهری مایع

$\Delta V' - \Delta V$ = انبساط ظاهری مایع

$V_1 \beta \Delta\theta - V_1 3\alpha \Delta\theta$ = انبساط ظاهری مایع

سیروس مهر

## مثال ۴ـ۴



ارلنی شیشه‌ای با ضریب انبساط طولی $۹/۰ \times ۱۰^{-۶}/^{\circ}C$ را که در دمای $۲۰/۰^{\circ}C$ گنجایشی برابر با $۲۰۰cm^{۳}$ دارد، مطابق شکل با گلیسیرین در همان دما پر کرده‌ایم. اگر دمای ظرف و گلیسیرین را به $۶۰^{\circ}C$ برسانیم

الف) آیا گلیسیرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟

ب) اگر پاسخ قسمت (الف) مثبت است، حجم گلیسیرین سرریز شده چقدر است؟

پاسخ :

الف) افزایش حجم گلیسیرین و افزایش گنجایش ظرف را با استفاده از رابطه‌های ۴ـ۴ و ۴ـ۵ محاسبه می‌کنیم.

$$\Delta V_{\text{گلیسیرین}} = \beta_{\text{گلیسیرین}} V_{۱} \Delta T = (۴۹ \times ۱۰^{-۵}/^{\circ}C)(۲۰۰cm^{۳})(۶۰^{\circ}C - ۲۰^{\circ}C) = ۳/۹cm^{۳}$$

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = \beta_{\text{شیشه}} V_{۱} \Delta T = (۳\alpha_{\text{شیشه}}) V_{۱} \Delta T = (۳ \times ۹/۰ \times ۱۰^{-۶}/^{\circ}C)(۲۰۰cm^{۳})(۶۰^{\circ}C - ۲۰^{\circ}C) = ۰/۲۰cm^{۳}$$

در این محاسبه از جدول ۴ـ۲ برای ضریب انبساط حجمی گلیسیرین استفاده کرده‌ایم؛ چون افزایش حجم گلیسیرین بیش از افزایش گنجایش ظرف است، پس گلیسیرین از ظرف سرریز می‌شود.

ب) حجم گلیسیرین سرریز شده برابر است با

$$\Delta V_{\text{گلیسیرین}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = (۳/۹cm^{۳} - ۰/۲۰cm^{۳}) = ۳/۷cm^{۳}$$

سیروس مهر

## مثال های زیر را حل کنید:

۱- دمای یک میله فلزی بطول ۱۰ Cm را از ۲۷° C به ۱۲۷° C می رسانیم طول آن چقدر افزایش می یابد ؟ ضریب انبساط طولی میله $2 \times 10^{-6} / \circ C$ است .

۲- دمای صفحه نازک فلزی را که به شکل مربع و به ضلع ۵۰ Cm است را به مقدار ۱۰۰° C افزایش می دهیم اگر ضریب انبساط خطی آن $2 \times 10^{-5} / ^\circ C$ باشد افزایش سطح آن چقدر است .

۳- دمای یک فلز مکعبی شکل به ضلع ۱۰ Cm را از ۲۰° C به ۲۲۰° C می رسانیم اگر ضرب انبساط طولی آن $1/5 \times 10^{-5} / ^\circ C$ باشد حجم آن چقدر می شود ؟

۴- یک ظرف آلومینیومی با حجم $400\ cm^3$ در دمای $20\ ^\circ C$ به طور کامل از گلیسیرین پر شده است. اگر دمای ظرف و گلیسیرین به $30\ ^\circ C$ برسد، چقدر گلیسیرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟

$(\beta_{\text{گلیسیرین}} = 0/5 \times 10^{-3}\frac{1}{k} \qquad \alpha_{\text{آلومینیوم}} = 23 \times 10^{-6}\frac{1}{k})$

**نکته:**

همیشه انبساط واقعی مایع از انبساط ظاهری مایع بیشتر است.

ضریب انبساط حجمی مایعات بسیار بزرگ‌تر از ضریب انبساط حجمی جامدات است بنابراین انبساط مایع بیشتر از انبساط ظرف است.

**مثال:**

ظرفی به حجم $500\ cm^3$ را از مایعی پرمی کنیم ودمای آن را $400\ ^\circ C$ افزایش می دهیم. چند سانتی مترمکعب مایع ازظرف سرریز می شود؟

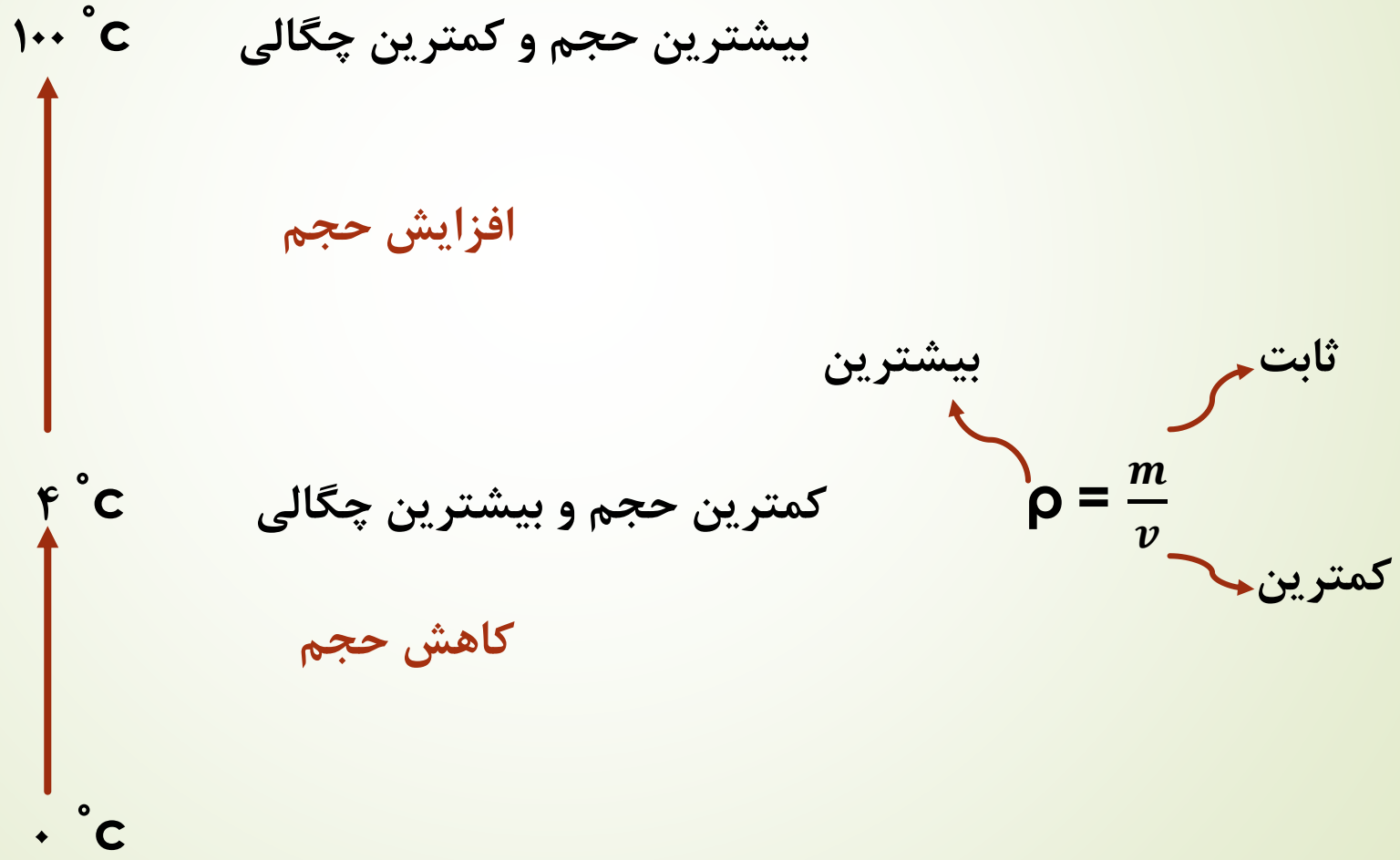
(ضریب انبساط طولی ظرف $10^{-5}\ \frac{1}{^\circ C}$ و ضریب انبساط حجمی مایع $1/8\times10^{-4}\ \frac{1}{^\circ C}$ )

**مثال:**

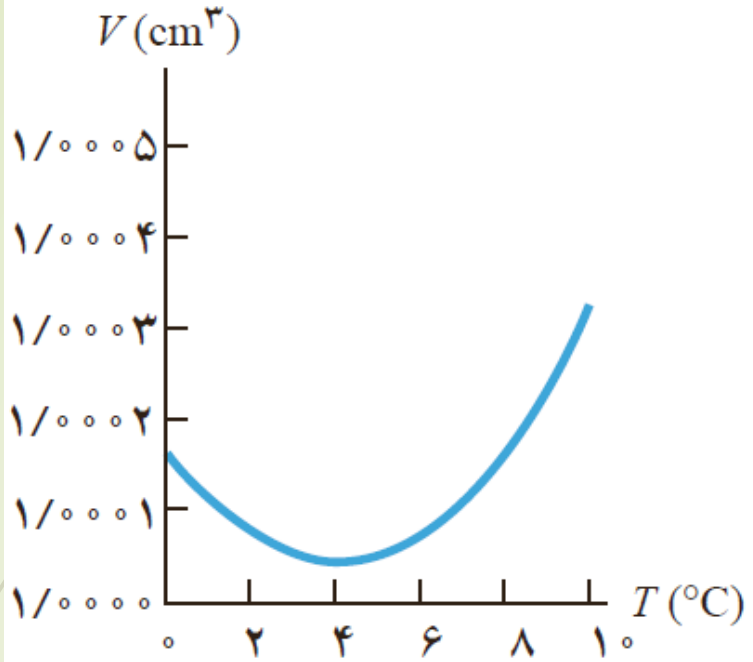
ظرفی به حجم ۲لیترلبریزازگلیسیرین است.اگردمای مجموعه $50\ ^\circ C$ افزایش دهیم چه حجمی ازگلیسیرین از ظرف بیرون می ریزد؟(ضریب انبساط طولی ظرف $2\times10^{-5}\ \frac{1}{^\circ C}$ وضریب انبساط حجمی گلیسیرین $15\times10^{-5}\ \frac{1}{^\circ C}$ است)

## انبساط غیر عادی آب:

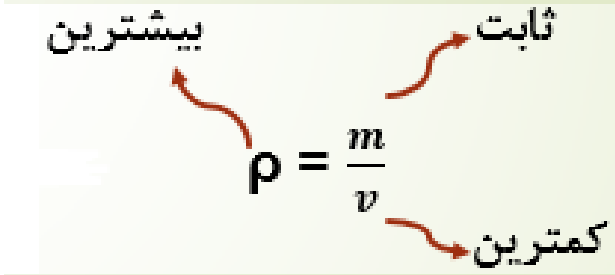
وقتی دمای اغلب مایعات را از صفردرجه سلسیوس افزایش دهیم حجم آنها افزایش می یابد ولی در مورد آب موضوع کمی متفاوت است طوری که حجم آب از $0^{\circ}C$ تا $4^{\circ}C$ بجای افزایش کاهش می یابد و از $4^{\circ}C$ تا $100^{\circ}C$ حجم آن افزایش می یابد. بنابراین آب در $4^{\circ}C$ کمترین حجم و بیشترین چگالی را دارد و در $100^{\circ}C$ بیشترین حجم و کمترین چگالی را دارد.

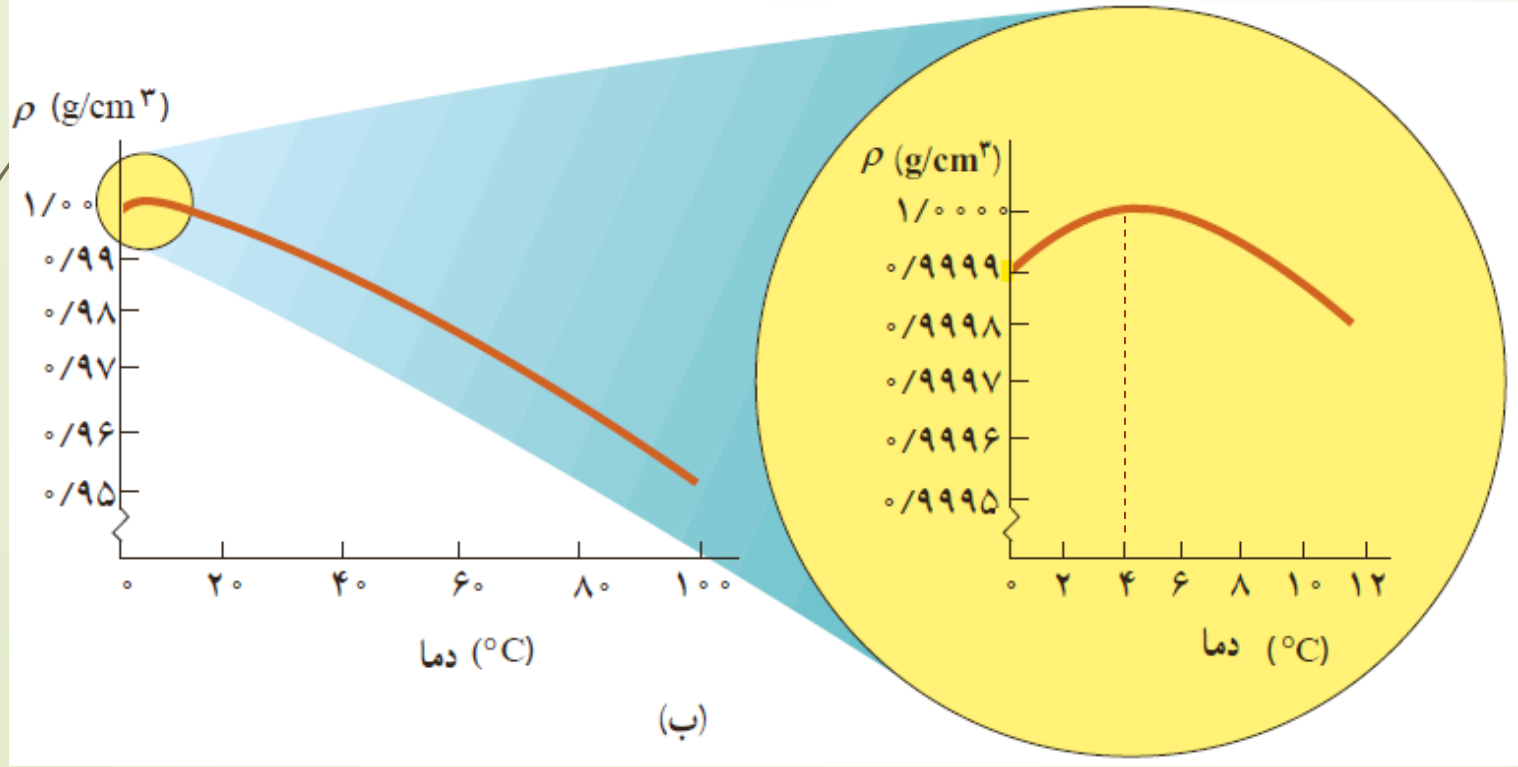


## رسم نمودار تغییر حجم آب با دما:




## رسم نمودار تغییر چگالی آب با دما:



## گرما:

گرما مقدار انرژی است که بدلیل اختلاف دما بین دو جسم انتقال می یابد. گرما را با نماد Q نشان داده و یکای آن در SI ژول( j ) است و از رابطه زیر بدست می آید:

$$Q = m\,c\,\Delta\theta$$

در این رابطه m جرم جسم بر حسب kg ، c گرمای ویژه جسم بر حسب $\frac{j}{kg^{\circ}c}$ و $\Delta\theta$ تغییر دما بر حسب $^{\circ}c$ یا کلوین k است.

## گرمای ویژه یک جسم:

مقدار گرمایی که لازم است تا به یک کیلوگرم از یک جسم داده شود تا دمای آن یک درجه سلسیوس افزایش یابد.

## ظرفیت گرمایی جسم:

به حاصل ضرب جرم جسم در گرمای ویژه جسم، ظرفیت گرمایی جسم گویند و آنرا با نماد $c'$ نشان میدهند.

$$c' = mc \longrightarrow Q = c'\Delta\theta$$

سوال: گرمای ویژه آب $\frac{j}{kg^{\circ}c}$ ۴۲۰۰ است، مفهوم آن چیست؟

جواب: یعنی برای اینکه دمای یک کیلوگرم اب $1^{\circ}c$ افزایش یابد باید به آن ۴۲۰۰ j گرما بدهیم.

## مثال ۴ـ۶

مقدار ۲/۰ L آب با دمای ۲۰ °C در اختیار داریم. چقدر گرما لازم است تا دمای این آب را به نقطهٔ جوش آن (در دمای ۱۰۰ °C) برسانیم؟

**پاسخ :** براساس چگالی آب، جرم ۱/۰ L آب برابر ۱/۰ kg است و از جدول ۴ـ۳ گرمای ویژهٔ آب ۴۱۸۷ J/kg.°C است. بنابراین، گرمای لازم برای گرم کردن ۲/۰ kg آب، از ۲۰ °C تا نقطهٔ جوش آب، برابر است با

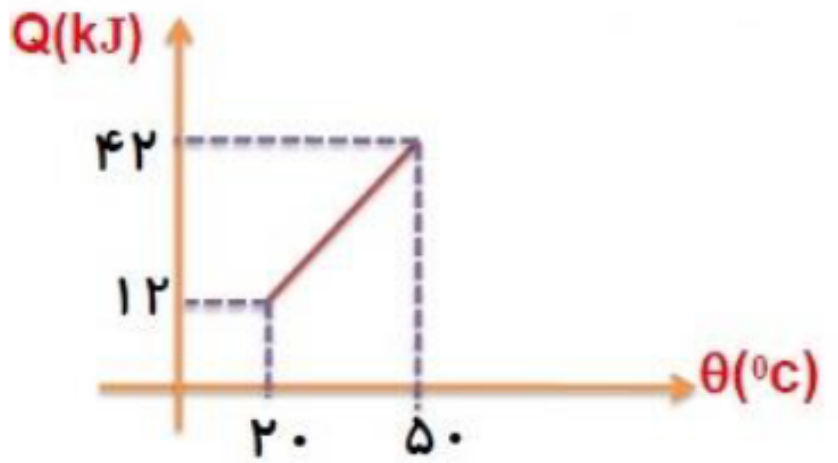
$$Q = m_{\text{آب}}\, c_{\text{آب}}\, \Delta T = (۲/۰\,\text{kg})(۴۱۸۷\,\text{J/kg.}^{\circ}\text{C})(۱۰۰^{\circ}\text{C} - ۲۰^{\circ}\text{C}) = ۶/۷ \times ۱۰^{۵}\,\text{J}$$

سیروس مهر

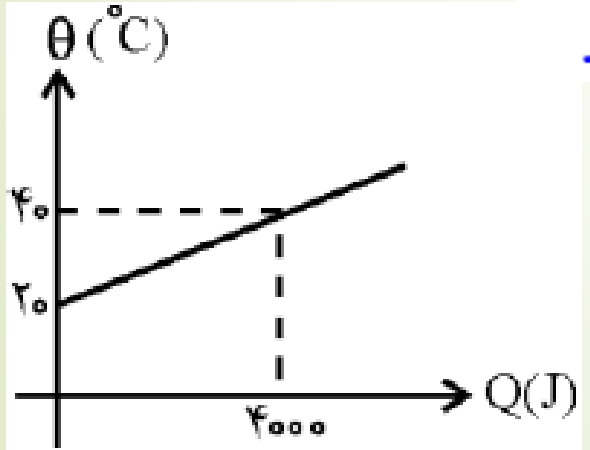
## گرمای ویژه مولی:

مقدار گرمایی است که باید به یک مول از آن ماده بدهیم تا در شرایط فیزیکی تعیین شده، دمای آن ۱K افزایش یابد.

**مثال:** نمودار گرمای داده شده به جسم بر حسب دما مطابق شکل زیر است. اگر گرمای ویژه جسم $400\frac{J}{kg^{\circ}C}$ باشد ، جرم جسم چند کیلوگرم است؟




شکل زیر،تغییرات دمای جسمی به جرم۵kg/. را برحسب گرمای داده شده به آن نشان می‌دهدگرمای ویژه‌ی جسم برحسب$J/kg^{\circ}c$ رابدست آورید




سیروس مهر

**مثال:**

دمای یک لیتر آب جوش $100^{\circ}C$ بعدازمدتی سردشدن به $15^{\circ}C$ کاهش یافته است.اگر گرمای ویژه آب $4200\ \frac{J}{Kg\cdot C}$ باشد، آب چند ژول گرما از دست داده است؟

**مثال:**

می خواهیم دمای آب یک سماور را که $5kg$ جرم دارد، $70^{\circ}C$ افزایش دهیم.چه مقدار انرژی گرمایی باید به آب سماور داده شود؟( گرمای ویژه آب $4200\ \frac{J}{kg\cdot c}$ است.)

**پاسخ:**

$m = 5kg$

$\Delta\theta = 70^{\circ}C$

$Q = ?$

$C = 4200\ \frac{J}{kg^{\circ}C}$

$$Q = mc\Delta\theta$$

$$Q = 5 \times 4200 \times 70$$

$$Q = 1,470,000J$$

سیروس مهر

## دمای تعادل $\theta_e$ :

هرگاه دو جسم با دماهای مختلف را به هم تماس دهیم گرما از جسم با دمای بیشتر به جسم با دمای کمتر منتقل میشود تا زمانیکه هر دو جسم همدما شوند به این دما، دمای تعادل گویند و با نماد $\theta_e$ نشان میدهند.

- جسمی که گرما میگیرد دارای انرژی گرمایی مثبت و جسمی که گرما از دست میدهد دارای انرژی گرمایی منفی است.
- مقدار گرمایی که یک جسم میگیرد برابر مقدار گرمایی است که جسم دیگر از دست میدهد. یعنی جمع Q ها برابر صفر است. در نتیجه خواهیم داشت.

$$Q_1 + Q_2 + \ldots + Q_n = 0$$

$$m_1c_1(\theta_e - \theta_1) + m_2c_2(\theta_e - \theta_2) + m_3c_3(\theta_e - \theta_3) + \cdots = 0$$

دمای اولیه جسم اول

دمای تعادل( نهایی)

دمای اولیهٔ جسم دوم

دمای اولیهٔ جسم سوم

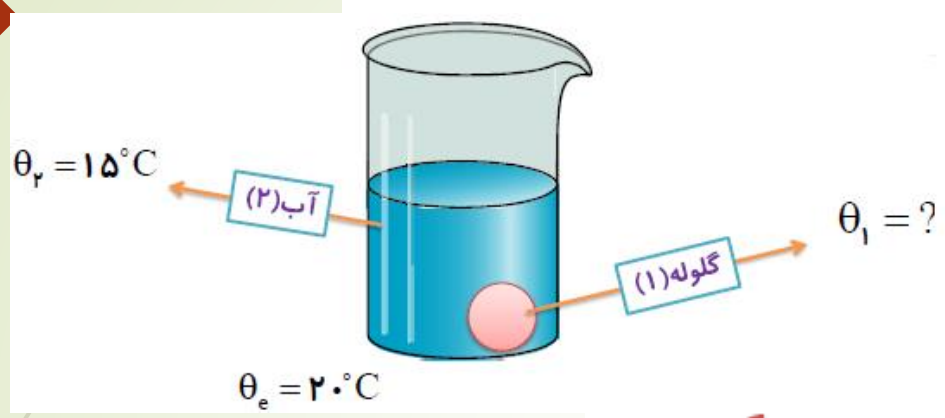
## نکته :

دمای تعادل را از رابطه زیر نیز میتوان بدست آورد:

$$\theta_e = \frac{m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2 + m_3 c_3 \theta_3}{m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3}$$

سیروس مهر

**مثال:** گلوله‌ای به جرم ۱۰۰g را داخل ۸۰۰g آب $15^{0}C$ می‌اندازیم؛ دمای تعادل $20^{0}C$ می‌شود. دمای اولیه‌ی گلوله چند درجه‌ی سلسیوس بوده است؟ گرمای ویژه‌ی گلوله $840\frac{J}{kg.K}$ و گرمای ویژه‌ی آب $4200\frac{J}{kg.K}$ است




گرمایی که آب می گیرد تابه دمای تعادل برسد + گرمایی که گلوله‌ازدست می دهد تابه دمای تعادل برسد = ۰

گلوله(۱):
$m_1 = 100g = /1Kg$
$\theta_1 = ?$
$c_1 = 840\frac{J}{Kg^{\circ}C}$

آب(۲):
$m_2 = 800g = /8Kg$
$\theta_2 = 15^{\circ}C$
$c_2 = 4200\frac{J}{Kg^{\circ}C}$

$\theta_e = 20^{\circ}C$

$Q_1 + Q_2 = 0$

$m_1c_1(\theta_e - \theta_1) + m_2c_2(\theta_e - \theta_2) = 0$

$/1 \times 840(20 - \theta_1) + /8 \times 4200(20 - 15) = 0$

$84(20 - \theta_1) + 16800 = 0$

$(20 - \theta_1) = \frac{-16800}{84} = -200$

$\theta_1 = 200 + 20 = 220^{\circ}C$

سیروس مهر

## مثال های زیر را حل کنید:

۱- شخصی ۳کیلوگرم آب ۷۰ درجه سلسیوس را درون یک ظرف آلومینیومی به جرم ۱ کیلوگرم و دمای ۲۰ درجه سلسیوس می‌ریزیم . دمای نهایی بعد از اینکه آب و لیوان به تعادل برسند چقدر است ؟

$c_{\text{آب}} = 4200 \frac{j}{kg℃}$ و $c_{\text{آلومینیوم}} = 900 \frac{j}{kg℃}$

۲- یک گلوله‌ی سربی به جرم ۲۰گرم با سرعت ۴۰۰متر بر ثانیه به یک قطعه چوب برخورد می‌کند و درون آن متوقف می‌شود. اگر ۵۰ درصد انرژی جنبشی گلوله صرف گرم کردن خودش شود و گرمای ویژه‌ی سرب $\frac{j}{kgk}$ ۱۲۵ باشد، گلوله چند کلوین افزایش می‌یابد؟ ۱) ۳۲۰ ۲) ۹۱۳ ۳) ۶۴۰ ۴) ۵۹۳

۳- یک قطعه آلومینیوم به جرم ۳۰۰ gr ودمای ۱۰۰°C را در یک ظرف مسی بجرم ۲۵ gr که محتوی ۲۵۰ gr آب خالص به دمای ۱۰°C است وارد می کنیم و خوب هم می زنیم دمای نهایی متعادل چقدر می شود ؟ اتلاف انرژی ناچیز است .

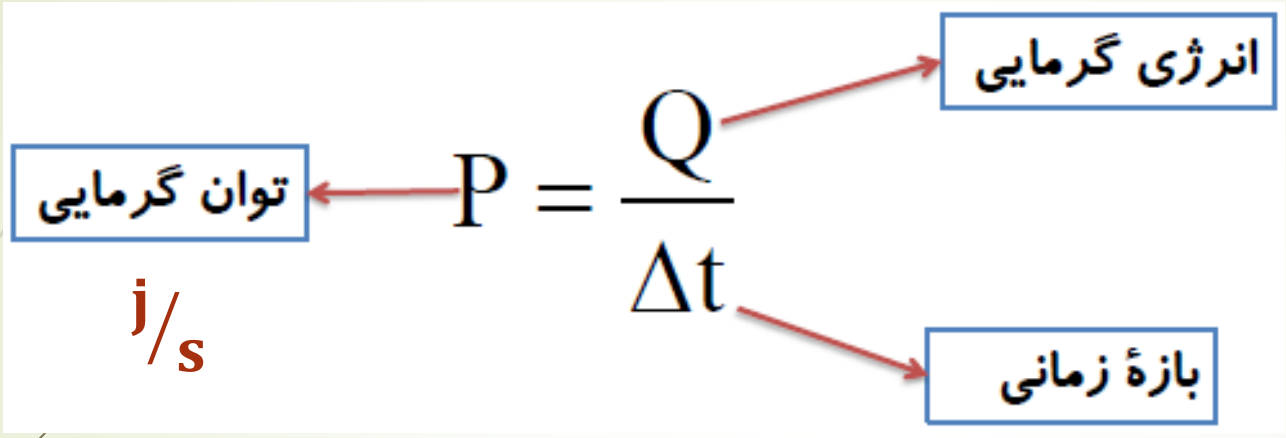
$C_{AL} = 900 \ {}^{j}/_{kg^0C}, C_{Cu} = 400 \ {}^{j}/_{kg^0C}, C_{H_2O} = 4200 \ {}^{j}/_{kg^0C}$

۴- یک قطعه فولاد بجرم ۷۵۰ g ودمای ۱۵۰°C راوارد چند کیلوگرم آب ۲۰°C کنیم تا دمای تعادل ۵۰°C شود از اتلاف انرژی گرمایی صرفنظر می شود . ظرفیت گرمایی فولاد و آب بترتیب برابر است با : ۴۲۰ $j/kg^0c$ و ۴۲۰۰ $j/kg^0c$

۵- چند کیلوگرم آب ۸۰°C رابا چند کیلوگرم آب ۱۰°C بایدمخلوط کنیم تا ۵ kg آب ۳۸°C حاصل شود ، اتلاف انرژی ناچیز است . $C=4200 \ j/kg^0c$

**توان گرمایی:** (توان کتری برقی یا گرمکن الکتریکی)

مقدار گرمایی که یک گرمکن الکتریکی در مدت یک ثانیه تولید می کند را توان گرمایی گویند.




**مثال:**

یک کتری برقی در مدت ۵ دقیقه دمای ۲ kg آب را از ۱۰ $^{\circ}c$ به ۶۰ $^{\circ}c$ می رساند. توان این کتری را بدست آورید. $C= 4200\ ^{j}/_{kg^{\circ}c}$

**پاسخ:**

$$p = \frac{Q}{t} = \frac{mc\Delta\theta}{t} = \frac{2 \times 4200 \times 50}{300} = 1400\ w$$

سیروس مهر

## تغییر حالت ماده:

ذوب :تبدیل جامد به مایع
تبخیر: تبدیل مایع به بخار
میعان : تبدیل گاز به مایع
انجماد : تبدیل مایع به جامد
تصعید : تبدیل جامد به بخار
چگالش : تبدیل بخار به جامد

### نقطه ذوب :

هرگاه به جسمی گرما دهیم دمای آن افزایش می یابد و وقتی به مقدار معینی رسید دما ی آن ثابت مانده و جسم شروع به ذوب شدن می کند به این دما نقطه ذوب گویند.

توجه: نقطه ذوب به جنس جسم و فشار وارد بر آن بستگی دارد. هر قدر فشار وارد بر جسم افزایش یابد نقطه ذوب نیزافزایش می یابد. در برخی مواد، افزایش فشار باعث کاهش نقطه ذوب می شود. (مانند یخ)

نکته: عمل ذوب فرایند گرماگیر است.

### گرمای نهان ویژه ذوب:

مقدار گرمایی که لازم است تا به یک کیلوگرم جسم جامد بدهیم تا در نقطه ذوبش از جامد به مایع تبدیل شود. گرمای نهان ویژه ذوب را با نماد $L_f$ نشان می دهند. و یکای آن $^{j}/_{kg}$ است.

## فرمول گرمای نهان ویژه ذوب:

مقدار گرمای لازم برای تبدیل یک جسم در دمای ذوب از جامد به مایع و یا مایع به جامد، از رابطه زیر بدست می آید.

$$L_F = \frac{Q}{m} \longrightarrow Q = mL_F$$

j  kg  $^{j}/_{kg}$

سوال: گرمای نهان ویژه یخ $^{j}/_{kg}$ ۳۳۴۰۰۰ است، مفهوم آن چیست؟

جواب: یعنی برای اینکه یک کیلوگرم یخ خالص صفر درجه سلسیوس را به یک کیلوگرم آب صفر درجه تبدیل کنیم باید به آن j ۳۳۴۰۰۰ گرما بدهیم.

مثال: گرمای ذوب ۳ کیلوگرم یخ صفر درجه‌ی سلسیوس چند ژول است؟ $L_F = ۳۳۴\frac{KJ}{Kg}$

پاسخ:

$L_F = ۳۳۴۰۰۰\frac{J}{kg}$ $\quad Q_F = mL_F$

$m = ۳Kg$ $\quad Q_F = ۳ \times ۳۳۴۰۰۰$

$Q_F = ?$ $\quad Q_F = ۱۰۰۲۰۰J = ۱۰۰۲KJ$

نکته:

برای محاسبه مقدار گرمای لازم برای تبدیل یخ $\theta^\circ c$ به آب $\theta'^\circ c$ بصورت زیر عمل میکنیم.

یخ $\theta^\circ c$ $\xrightarrow[Q_1]{\text{تغییر دما}}$ یخ $0^\circ c$ $\xrightarrow[Q_f]{\text{تغییر حالت}}$ آب $0^\circ c$ $\xrightarrow[Q_2]{\text{تغییر دما}}$ آب $\theta'^\circ c$

در نتیجه کل گرمای لازم برای این تغییر حالت، از رابطه زیر بدست می آید.

$$Q = Q_1 + Q_f + Q_2$$

$$Q = mc'(0 - \theta) + mL_f + mc(\theta' - 0)$$

مثال:

چند ژول گرما لازم است تا ۵۰۰ g گرم یخ $-2^\circ c$ را به آب $20^\circ c$ تبدیل کند؟

$L_f = 340\ {}^{kj}/_{kg}$ $C_{H_2O} = 4200\ {}^{j}/_{kg^0C}$ $C'_{ICe} = 2\ {}^{kj}/_{kg^0c}$

پاسخ:

یخ $-2^\circ c$ $\xrightarrow{Q_1}$ یخ $0^\circ c$ $\xrightarrow{Q_f}$ آب $0^\circ c$ $\xrightarrow{Q_2}$ آب $20^\circ c$

$$Q = mc'[0 - (-2)] + mL_f + mc(\theta' - 0)$$

$$Q = 0.5 \times 2000 \times 2 + 0.5 \times 340000 + 0.5 \times 4200 \times 20 = 214000j$$

سیروس مهر

**مثال:** ۵۰۰g آب ۴°C چند کیلوژول گرما مبادله کند تا به یخ ۲- °C تبدیل شود؟

(آب $C = ۴۲۰۰ \frac{J}{Kg^{\circ}C}$ ، یخ $C = ۲۱۰۰ \frac{J}{Kg^{\circ}C}$ ، $L_F = ۳۳۴ \frac{KJ}{Kg}$ )

**پاسخ:** برای حل این مسئله بصورت زیر عمل میکنیم.

آب ۴°C $\xrightarrow{Q_1}$ آب ۰°C $\xrightarrow{Q_F}$ یخ ۰°C $\xrightarrow{Q_2}$ یخ ۲-°C

گرما برای تغییر دما — گرما برای تغییر حالت — گرما برای تغییر دما

$$Q_1 = mc_{آب}\Delta\theta \longrightarrow Q_1 = ./۵ \times ۴۲۰۰ \times (۰ - ۴) = -۸۴۰۰J$$

$$Q_F = -mL_F \longrightarrow Q_F = -./۵ \times ۳۳۴۰۰۰ = -۱۶۷۰۰۰J$$

$$Q_۲ = mc_{یخ}\Delta\theta' \longrightarrow Q_۲ = ./۵ \times ۲۱۰۰ \times (-۲ - ۰) = -۲۱۰۰J$$

$$Q_{کل} = Q_1 + Q_F + Q_۲ \longrightarrow$$

$$Q_{کل} = -۸۴۰۰ - ۱۶۷۰۰۰ - ۲۱۰۰ = -۱۷۷۵۰۰J = -۱۷۷/۵kJ$$

**تبخیر سطحی:**

به خارج شدن مولکول های مایع ازسطح آن تبخیرسطحی گویند.تبخیرسطحی درهردمایی صورت می گیرد.

**سوال:**

چرا وقتی بنزین و یا الکل روی دست میریزد احساس خنکی می کنیم؟

**جواب:**

زیرا در اثر تبخیر بنزین و الکل، از دست ما گرما می گیرند و ما احساس خنکی می کنیم.

**سوال:**

چگونه عرق کردن به خنک نگهداشتن بدن کمک می کند؟

**جواب:**

عرق کردن یک فرآیند گرما گیر است و این باعث میشود در اثر تبخیر آب سطح پوست، احساس خنکی کنیم.

**نقطه جوش:**

هرگاه به مایعی گرما بدهیم دمای آن افزایش می یابد و وقتی به دمای معینی برسد دما ثابت مانده و مایع شروع به جوشیدن می کند که به این دما، نقطه جوش گویند.

نقطه جوش به جنس مایع و فشاروارد بر آن بستگی دارد.

افزایش فشار باعث بالا رفتن نقطه جوش مایع می شود و کاهش فشار باعث پایین آمدن نقطه جوش می شود.

سیروس مهر

## گرمای نهان ویژه تبخیر:

مقدار گرمایی که لازم است تا به یک کیلوگرم از یک مایع بدهیم تا در دمای جوش خود بدون تغییر دما بخار شود. گرمای نهان ویژه تبخیر را با نماد $L_V$ نشان میدهند. مقدار گرمای لازم برای این تغییر حالت از رابطه زیر بدست می آید.

$$Q_V = mL_V$$

**توجه:** برای محاسبه ی کل گرمای لازم برای تبدیل یخ $\theta^\circ c$ به بخار آب $100^\circ c$ بصورت زیر عمل می کنیم.

یخ $\theta^\circ c$ $\xrightarrow[Q_1]{\text{تغییر دما}}$ یخ $0^\circ c$ $\xrightarrow[Q_f]{\text{تغییر حالت}}$ آب $0^\circ c$ $\xrightarrow[Q_2]{\text{تغییر دما}}$ آب $100^\circ c$ $\xrightarrow[Q_V]{\text{تغییر حالت}}$ بخار آب $100^\circ c$

در نتیجه کل گرمای لازم برای این تبدیل از رابطه زیر بدست می آید:

$$Q = Q_1 + Q_f + Q_2 + Q_V$$

$$Q = mc'(0 - \theta) + mL_f + mc(100 - 0) + mL_V$$

تمرین :

# چند کیلوژول گرما لازم است تا ۲۰۰g آب ۲۰°C به بخار آب ۱۰۰°C تبدیل شود؟

(آب $C = ۴۲۰۰ \frac{J}{Kg^{\circ}C}$ ، بخار $L_V = ۲۲۵۶ \frac{KJ}{Kg}$ )

پاسخ:

این پرسش با مراحل زیر حل می‌شود:

بخار آب ۱۰۰°C $\xrightarrow{Q_V}$ آب ۱۰۰°C $\xrightarrow{Q_1}$ آب ۲۰°C

گرمای لازم برای تغییر حالت — گرمای لازم برای تغییر دما

$Q_1 = mc\Delta\theta \rightarrow Q_1 = ./۲ \times ۴۲۰۰ \times (۱۰۰ - ۲۰) = ۶۷۲۰۰J$

+

$Q_V = mL_V \rightarrow Q_v = ./۲ \times ۲۲۵۶۰۰۰ = ۴۵۱۲۰۰J$

$Q_{کل} = Q_1 + Q_v \rightarrow Q_{کل} = ۶۷۲۰۰ + ۴۵۱۲۰۰ = ۵۱۸۴۰۰\ J = ۵۱۸/۴kJ$

**مثال:**

گرمکنی درهر ثانیه ۲۰۰ J انرژی فراهم می کند.چه مدت زمان طول می کشد تا این گرمکن ۰/۱kg آب ۰°C را به بخار آب ۱۰۰°C تبدیل کند؟ $L_v = ۲۲۵۶ \frac{KJ}{Kg}$

**پاسخ:**

$p = ۲۰۰ w$

$t = ?$

$m = ۰/۱ kg$

$$\left.\begin{matrix} Q = pt \\ Q_V = mL_V \end{matrix}\right\} pt = mL_v \rightarrow t = \frac{mL_v}{p} = \frac{۰/۱ \times ۲۲۵۶ \times ۱۰^۳}{۲۰۰}$$

$t = ۱۱۲۸ s$

بخار آب ۱۰۰ °C ⟸ آب ۱۰۰ °C

$L_F = ?$

سیروس مهر

**مثال۱:** توان الکتریکی یک سماور برقی ۱۰۰۰ وات است. درون این سماور ۲ کیلوگرم آب $20\ ^\circ C$ می‌ریزیم. اگر بازده گرمایی این سماور ۸۰درصد باشد. در چند ثانیه می‌تواند آب را کاملا به جوش آورد؟

$$C_{\text{آب}} = 4200 \frac{j}{kg^\circ C}$$

**مثال۲:** ۲۰۰ گرم آب $40\ ^\circ C$ ، چند کیلوگرم یخ صفر درجه را به طور کامل ذوب میکند؟

$$L_F = 334000 \frac{j}{kg} \quad . \quad C_{\text{آب}} = 4200 \frac{j}{kg^\circ C}$$

**مثال۳:** چند ژول گرما باید به ۲ کیلوگرم یخ $-20\ ^\circ C$ بدهیم تا کاملا بخار شود؟

$$L_F = 334000 \frac{j}{kg} \quad . \quad C_{\text{آب}} = 4200 \frac{j}{kg^\circ C} \quad . \quad L_v = 2256000 \frac{j}{kg} \quad . \quad C_{\text{یخ}} = 2100 \frac{j}{kg^\circ C}$$

**مثال۴:** یک کتری برقی محتوی $2/5\ kg$ آب $20^\circ C$ است . اگر توان این کتری برقی $2/5\ kw$ باشد ، پس از چه مدت همه آب به بخار تبدیل می شود ؟

$$L_V = 2300 {}^{kj}/_{kg}$$

$$C_{H_2O} = 4200 j / kg^\circ C$$

سیروس مهر

## پرسش ۴ــ۵

الف) چرا غذا در دیگ زودپز، زودتر پخته می‌شود؟

ب) دلیل دیرتر پخته شدن تخم‌مرغ در ارتفاعات چیست؟ کوهنوردان برای رفع این مشکل چه کاری انجام می‌دهند؟

**پاسخ:**

**الف)دردرون دیگ زودپز،باافزایش فشاربخارآب برروی سطح مایع درون دیگ،نقطهٔ جوش افزایش می یابد و در نتیجه مواد درون زودپز در دمای بالاتر و سریع ترپخته می شود.**

**ب)درارتفاعات،به دلیل کاهش فشارهوا نقطهٔجوش آب پایین می آید.درنتیجه تخم مرغ دردمای کمتری قرار گرفته و زمان پختن را طولانی می کند.**

**معمولاً کوهنوردان مقداری نمک داخل آب می ریزندیا ظروف دربسته برای آب پزکردن تخم مرغ استفاده می کنند.**

## روش های انتقال گرما:

**به سه روش صورت می گیرد، ۱- رسانش گرمایی ۲- همرفت ۳- تابش گرمایی .**

- اختلاف دما باعث شارش گرما از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای پایین‌تر می‌شود.

### ۱- رسانش گرمایی:

**به انتقال گرما بدون جابجایی مولکول های تشکیل دهنده جسم، روش رسانش گویند.**

### ۲- همرفت:

**به انتقال گرما بصورت جریانی از مولکول های مایعات و گازها را، همرفت گویند.**

### ۳- تابش گرمایی:

**به انتقال گرما بدون نیاز به محیط مادی( مولکولهای هوا)، تابش گرمایی گویند. مانند نورو گرمای خورشید که از خلاء گذشته و به سطح زمین می رسد.**

از تابش گرمایی می‌توان به عنوان مبنایی برای اندازه‌گیری دمای اجسام استفاده کرد. به روش‌های اندازه‌گیری دما مبتنی بر تابش گرمایی، تفسنجی[1] و به ابزارهای اندازه‌گیری دما به این روش، تفسنج[2] می‌گویند. تفسنج بر خلاف سایر دماسنج‌ها بدون تماس با جسمی که می‌خواهیم دمای آن را اندازه بگیریم، دمای جسم را اندازه می‌گیرد. تفسنجی، به‌خصوص در اندازه‌گیری دماهای بالای $1100^{\circ}C$ اهمیت ویژه‌ای دارد. تفسنجِ تابشی و تفسنجِ نوری، تفسنج‌هایی برای اندازه‌گیری این دماها هستند و تفسنجِ نوری به عنوان دماسنج معیار برای اندازه‌گیری این دماها انتخاب شده است.

تابش گرمایی در پدیده‌های زیستی نیز کاربردهای فراوانی دارد که در اینجا به دو نمونه از آنها اشاره می‌شود.

الف) شکارِ تابش فروسرخ : نوعی از مارهای زنگی اندام‌هایی حفره‌ای بر روی پوزهٔ خود دارند که نسبت به تابش فروسرخ حساس‌اند (شکل ۴ـ۳۵). این مارها اغلب در سیاهی شب شکار می‌کنند. در واقع اندام‌های حفره‌ای به آنها کمک می‌کند که طعمه‌های خونگرم خود را به واسطهٔ تابش فروسرخشان در تاریکی و سرمای شب مشاهده کنند.

**شکل ۴ـ۳۵** اینها اندام‌های حفره‌ای هستند که گرما را آشکار می‌کنند.

ب) کلم اسکانک[۳] : کلم اسکانک (شکل ۴ـ۳۶) یکی از چندین گیاهی است که می‌تواند دمایش را تا بیشتر از دمای محیط بالا ببرد. این نوع کلم به خاطر بالا رفتن دمایش، انرژی خود را از طریق تابش فروسرخ از دست می‌دهد و می‌تواند برف اطرافش را در زمستان آب کند.

**شکل ۴ـ۳۶** کلم اسکانک برف اطراف خود را آب کرده است.

سیروس مهر

## اثر گرما بر گازها:

برای بررسی اثر گرما بر روی گازها، گازی را درون ظرف استوانه ای قرار داده و دما، حجم و فشار آنرا در هرلحظه اندازه میگیریم و رابطه بین آنها را بدست می آوریم. اثر گرما بر روی گازها را با قوانین زیر بررسی می کنیم.

## قانون بویل – ماریوت: ( دمای ثابت )

طبق این قانون، حجم مقدار معینی از یک گاز در دمای ثابت با فشار گاز رابطه وارون دارد.

$$V \alpha \frac{1}{P} \longrightarrow P_1 . V_1 = P_2 . V_2$$

## قانون شارل: ( در فشارثابت)

طبق این قانون، حجم مقدار معینی از یک گاز در فشار ثابت با دمای مطلق گاز رابطه مستقیم دارد.

$$V \alpha T \longrightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \qquad T_1 = \theta_1 + 273 \qquad T_2 = \theta_2 + 273$$

## قانون حجم ثابت:

هرگاه حجم گازی ثابت بماند فشار گاز با دمای مطلق گاز متناسب خواهد بود.

$$P \alpha T \longrightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \qquad T_1 = \theta_1 + 273 \qquad T_2 = \theta_2 + 273$$

**مثال:** اگر در دمای ثابت فشار گازی را دو برابر کنیم حجم آن چه تغییری می کند ؟

**پاسخ:**

$$P_1 . V_1 = P_2 . V_2 \longrightarrow P_1 . V_1 = 2 P_1 V_2 \longrightarrow V_2 = \frac{V_1}{2}$$

**مثال:** گازی در ۲۷ $^{\circ}C$ حجمش برابر $0/3\ m^3$ است اگر فشار ثابت بماند و دما به ۱۲۷ $^{\circ}C$ برسد افزایش حجم چقدر می شود ؟

**پاسخ:**

$$T_1 = \theta_1 + 273 \longrightarrow T_1 = 27 + 273 = 300\ K$$
$$T_2 = \theta_2 + 273 \longrightarrow T_2 = 127 + 273 = 400\ K$$

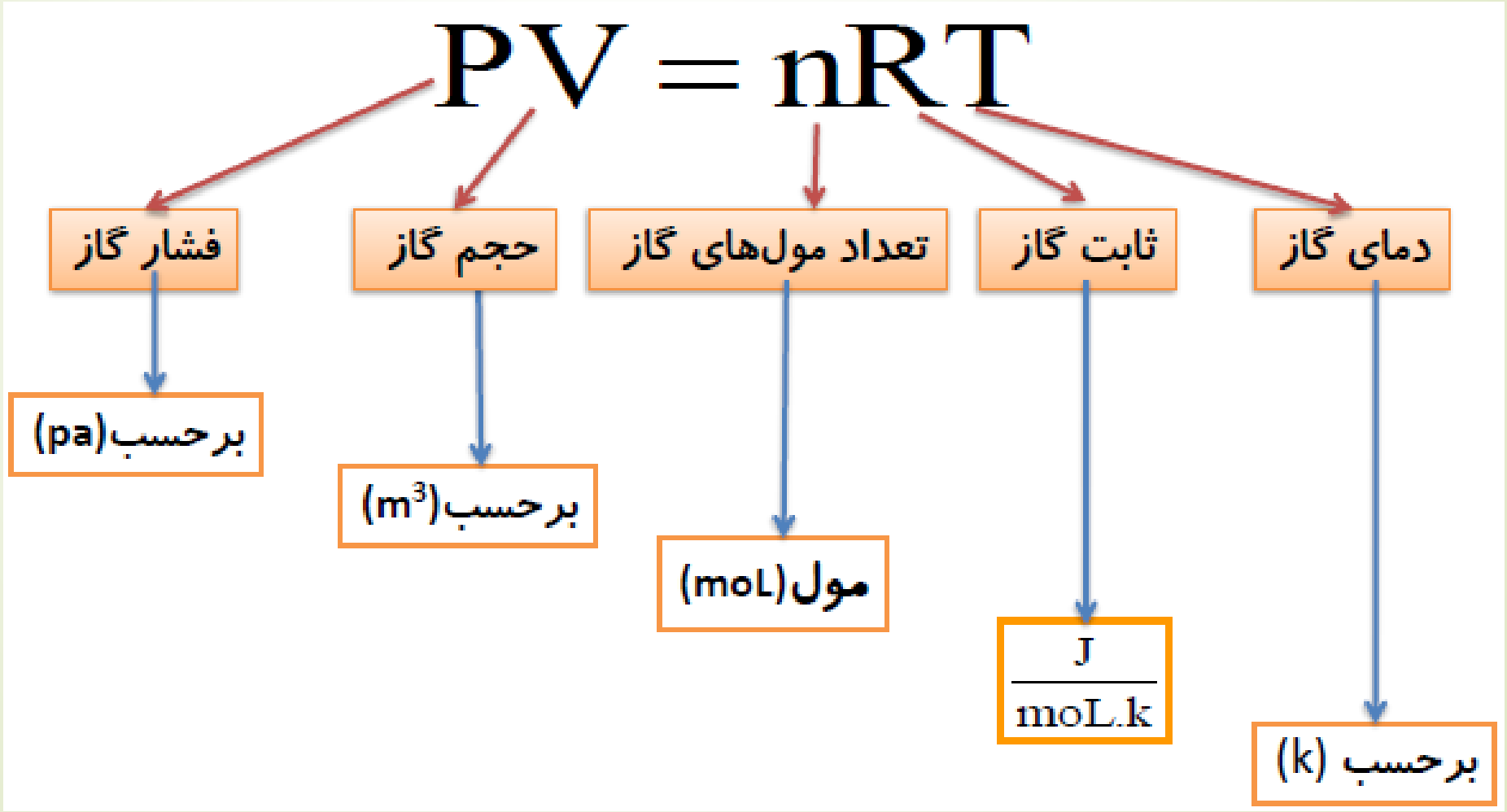
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \longrightarrow \frac{0.3}{300} = \frac{V_2}{400} \longrightarrow V_2 = 0.4\ m^3$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 0.4 - 0.3 \longrightarrow \Delta V = 0.1\ m^3$$

## قانون گازهای آرمانی: ( گاز کامل )

### گاز آرمانی( کامل ) :

به گازهایی که مولکول های آنها به حدی از هم دورند که برهم تاثیر چندانی نمی گذارند، گازآرمانی یا گاز کامل گویند. قانون گازهای کامل بصورت رابطه زیر بیان میشود:



**نکته:**

**اگر گاز کامل از یک حالت به حالت دیگری برود می توان نوشت:**

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

**مثال:** **حجم ۰/۰۸ مول گاز کامل هنگامی که فشارآن ۴۰۰۰Pa ودمای آن ۲۷ $^0C$ است، تعیین کنید** $(R = \frac{25}{3} \frac{J}{mol.k})$

**پاسخ:**

$n = 0/08 mol$

$P = 4000 pa$

$\theta = 27^\circ c \Rightarrow T = 273 + 27 = 300^\circ K$

$V = ?$

$R = \frac{25}{3} \frac{J}{mol.k}$

$PV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{P}$

$$V = \frac{0/08 \times \frac{25}{3} \times 300}{4000}$$

$V = 0/05\ m^3$

سیروس مهر

## مثال:

درون استوانه‌ای ۱۲L گاز اکسیژن با دمای $7^\circ C$ وجود دارد. فشار گاز درون استوانه را با فشارسنجی اندازه می‌گیریم. فشارسنج ۱۴atm را نشان می‌دهد. دمای گاز را به $77^\circ C$ و حجم آن را به ۲۵L می‌رسانیم. فشاری که فشارسنج در پایان نشان می‌دهد، چند اتمسفر است؟ فشار هوای بیرون استوانه ۱atm است. فرض کنید گاز درون استوانه، گاز آرمانی است.

**پاسخ :** می‌دانیم فشارسنج، فشار پیمانه‌ای را نشان می‌دهد و در قانون گازهای کامل باید از فشار مطلق استفاده کنیم.

بنابراین :

$$\begin{cases} P_1 = P_{g1} + P_0 = 14 + 1 = 15\,atm \\ V_1 = 12\,L \\ T_1 = \theta_1 + 273 = 7 + 273 = 280\,K \end{cases} \qquad \begin{cases} P_2 = ? \\ V_2 = 25\,L \\ T_2 = \theta_2 + 273 = 77 + 273 = 350\,K \end{cases}$$

با توجه به قانون گازهای کامل داریم :

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{15\times12}{280} = \frac{P_2\times25}{350} \Rightarrow P_2 = 9/0\,atm$$

بنابراین، فشاری که اکنون فشارسنج نشان می‌دهد برابر است با

$$P_{g2} = P_2 - P_0 = 9/0 - 1/0 = 8/0\,atm$$

## تمرین های زیر را حل کنید:

۱- یک حباب هوا وقتی که از ته یک دریاچه به سطح آب می رسد حجم آن ۱۰ برابر می شود اگر فشار هوا در سطح دریاچه $10^5$ پاسکال و چگالی آب $1000\ kg/m^3$ باشد عمق دریاچه چقدر است فرض کنید که دما ثابت باشد .

۲- در دمای صفر درجه سانتی گراد حجم مقدار معینی از یک گاز ۲ لیتر است . در فشار ثابت حجم آنرا ۴ لیتر افزایش می دهیم دمای گاز را در پایان آزمایش بدست آورید .

۳- $500\ Cm^3$ هوا در فشار $40\ mmHg$ در دمای $27^\circ C$ است اگر دمای آن به $127^\circ C$ وفشار آن به $450\ mmHg$ تغییر یابد حجم آن چقدر می شود ؟

۴- یک تلمبه دوچرخه وقتی که پیستون آن بالا آمده باشد حاوی $60\ Cm^3$ هوا است ، دمای هوا در این حالت $17^\circ C$ وفشار آن یک اتمسفر است اگر با پایین آوردن پیستون هوا را متراکم کنیم حجم آن به $15\ Cm^3$ ودمایش به $27^\circ C$ می رسد فشار آن را حساب کنید .

۵- بالنی به حجم ۰/۵۴ متر مکعب محتوی هیدروژن $-3^\circ C$ است و فشار آن $10^5\ Pa$ می باشد وقتی بالن را رها کنیم تا ارتفاع معینی بالا می رود در این ارتفاع فشار هوا $1/3\times10^4\ Pa$ وحجم بالن به ۳/۵ متر مکعب می رسد دمای هوا در این ارتفاع چند درجه سلسیوس است ؟

سیروس مهر