



دما: معیاری است که میزان گرمی و سردی اجسام را مشخص می‌کند. یکای دما درجه سلیوس است. کمیت دماسنجی: برای اندازه گیری دما لازم است مقیاس دمای داشته باشیم و برای این کار می‌توانیم از هر مشخصه قابل اندازه گیری بهره بگیریم که با گرمی و سردی جسم تغییر می‌کند. به این ویژگی اصطلاحاً کمیت دماسنجی می‌گویند.

❖ تذکر: اساس کار دما سنج‌های جیوه‌ای و الکلی بر انبساط مایعات است.

مقیاس‌های دما:

سانتی گراد (سلسیوس): یکی از مقیاس‌های متداول دما بر حسب درجه سلیوس است. به منظور درجه بندی این دما سنج ابتدا مخزن دما سنج را درون مخلوط آب و یخ خرد شده‌ای در حال ذوب (یا آب در حال انجماد) در فشار یک اتمفر قرار می‌دهیم و نقطه‌ای که جیوه در آن نقطه قرار می‌گیرد را علامت می‌زنیم و عدد صفر را کنار آن ثبت می‌کنیم. سپس دما سنج را در مجاورت بخار آب در حال جوش قرار می‌دهیم و محل توقف مایع در

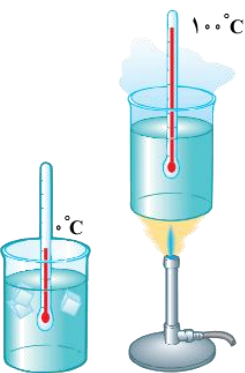
آن نقطه را علامت زده و کنار آن عدد ۱۰۰ را می‌نویسیم. پس این فاصله را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم کرده و هر قسمت را یک درجه سلیوس می‌نامیم. این درجه بندی را به زیر صفر (دماهای منفی) و بالای صفر نیز ادامه می‌دهیم.

👉 توجه: یکای درجه سلیوس را با نماد °C و دما بر حسب درجه سلیوس را معمولاً با نماد θ نمایش می‌دهند.

کلوین: صفر کلوین را برابر ۲۷۳/۱۵°C - است که این دما کمترین دمای ممکن نیز هست، اما برای دما حد بالایی وجود ندارد.

$$T = \theta + ۲۷۳$$

👉 توجه: یکای کلوین را با نماد K نمایش می‌دهند و دما بر حسب درجه کلوین را با T نشان می‌دهند.





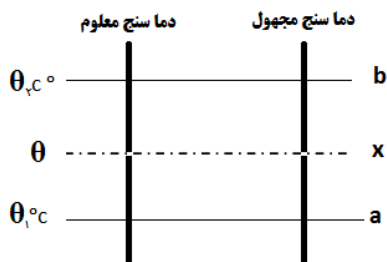
تذکر: تغییر دما در مقیاس کلوین با مقیاس سیوس برابر است.
فارنهایت: یکای رایج دیگر دما فارنهایت است و از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$F = \frac{9}{5}C + 32$$

توجه: تغییرات دما بر حسب سانی گراد و کلوین یکسان است ولی برای فارنهایت $\frac{9}{5}$ برابر می باشد.

اندازه گیری دما توسط دماسنج مجهول:

اگر یک دماسنج مجهول دمای $\theta_1^\circ\text{C}$ را a و دمای $\theta_2^\circ\text{C}$ را b نشان دهد. با استفاده از فرمول زیر می توانیم دمای دلخواه x در دماسنج مجهول را بر حسب سیوس بدست آوریم.



$$\frac{\theta - \theta_1}{\theta_2 - \theta_1} = \frac{x - a}{b - a}$$



✓ مثال ۱: یک دماسنج، نقطه‌ی ذوب یخ در فشار ۱ اتمفر را 20°C و نقطه جوش آب در فشار ۱ اتمفر را 100°C نشان می‌دهد. این دماسنج دمای جمعی را که 25°C است را چند درجه نشان خواهد داد؟

✓ مثال ۲: دماسنجی که طبقه‌ی مدرج کردن آن معلوم نیست دمای جوش آب را 50°C و دمای 20°C را 30°C نمایش می‌دهد. هرگاه این دماسنج دمای محیطی را 35°C نشان دهد، دمای محیط چند درجه‌ی سیوس است؟

دماسنج‌های معیار: دانشمندان برای کارهای علمی سه دماسنج را به عنوان دماسنج‌های معیار برای اندازه‌گیری گترده‌ی دماهای مختلف پذیرفته‌اند:

۱- دماسنج گازی: اساس کار دماسنج‌های گازی مبتنی بر قانون گازهای کامل است.

۲- دماسنج مقاومت پلازمینی

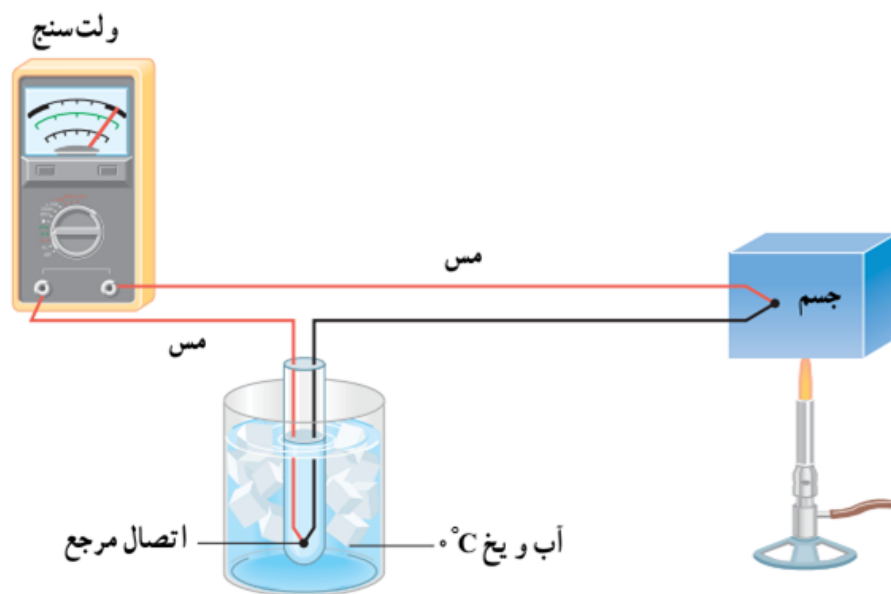
۳- ترمسنج (پیرومتر): اساس کار این دماسنج بر تابش گرمایی است.



ترموکوپل: یکی از دما سنج های مهم که جزو دما سنج های معیار شمرده می شود، اما به دلیل دقت کمتر آن نسبت به دما سنج های بیان شده از مجموعه ی دما سنج های معیار کنار گذاشته شد، ترموکوپل است. ترموکوپل همچنان کاربرد فراوانی در صنعت و آزمایشگاه دارد.

توجه: کمیت دما سنجی این دما سنج ولتاژ است.

اساس کار ترموکوپل: مطابق شکل دو سیم فلزی غیر هم جنس مانند مس و کنتانتان از طرفی در دمای زوب یخ نگه داشته شده و از طرف دیگر در مکانی متصل اند که می خواهیم دمای آن را بدست آوریم. این مجموعه با سیم های می رابط به یک ولت سنج بسته می شود. با تغییر دمای محل مورد اندازه گیری، عددی که ولت سنج نشان می دهد تغییر می کند.





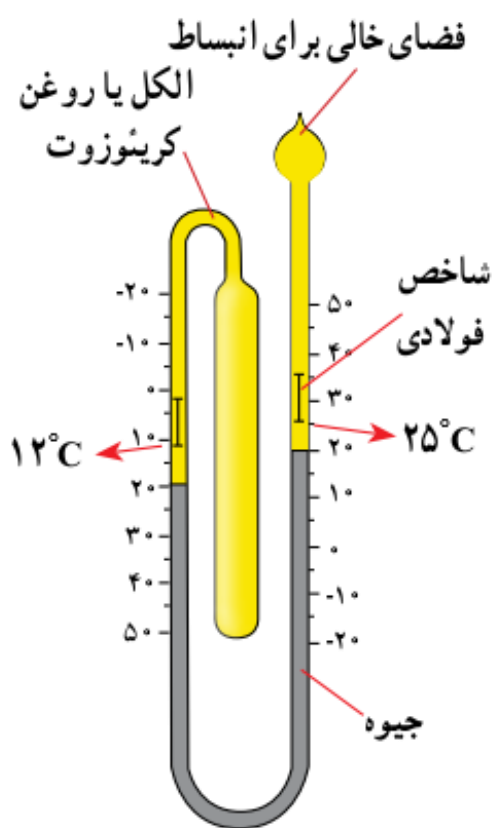
مزیت های ترموکوپل:

۱- کوچک بودن اتصال سیم ها باعث می شود که اتصال به سرعت به تغییر دما پاسخ دهد و این دقت اندازه گیری را بالا می برد.

۲- می تواند در مدارهای الکترونیکی به کار رود که در بسیاری از وسایل صنعتی، گرمایشی و سرمایشی یافت می شود.

۳- گتره سی دمانجی ترموکوپل بسیار زیاد است و این گتره به جنس سیم های آن بستگی دارد. به عنوان مثال برای یک آلیاژ خاص این گتره سی دمانجی از 270°C تا 1372°C است.

دماسنج کمینه و بیشینه: از نوع دمانج های مایعی است که یئینه و کمینه سی دما را در مدت مشخصی نشان می دهد. از این دمانج ها در مراکز پرورش گل و گیاه، باغداری، هواشناسی و ... استفاده می شود.

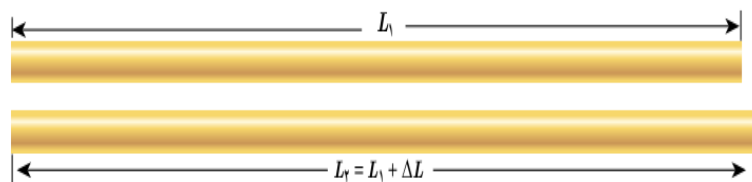




انبساط گرمایی:

اثر تغییر دما بر طول و حجم جسم ها: اکثر اشیاء صرف نظر از حالت فیزیکی آن به هنگام افزایش دما انبساط می یابند.
انبساط طولی: اگر میله ای به طول L_0 را به اندازه ΔT افزایش دما دهیم، طول جدید آن (L) از رابطه L زیر محاسبه می شود:

$$L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$$



در رابطه α ضریب انبساط طولی یا خطی است و معرف میزان انبساط واحد طول از جسم در ازای افزایش دما $\frac{1}{K}$ یک کلوین یا یک درجه C سانتی گراد است و واحد آن $\frac{1}{K}$ است.
توجه: ضریب انبساط طولی علاوه بر جنس ماده به دما نیز اندکی وابسته است اما به دلیل اینکه این وابستگی ناچیز است معمولاً آن را در محاسبات معمولی نادیده می گیریم.

❖ نکته: تغییر طول میله از رابطه L زیر بدست می آید:

❖ نکته: تغییر نسبی و درصد تغییر طول میله برابر است با:



✓مثال ۴: دمای یک میله فلزی با ضریب انبساط طولی $\frac{1}{k} \times 10^{-5}$ را چند درجه سلسیوس بالا ببریم تا افزایش طول آن $\frac{1}{100}$ طول اولیه اش شود؟

✓مثال ۵: دمای یک میله فلزی که ضریب انبساط طولی آن $\frac{1}{K} \times 10^{-4}$ است، چند درجه سلسیوس افزایش یابد تا افزایش طول آن $\frac{1}{100}$ طول اولیه باشد؟

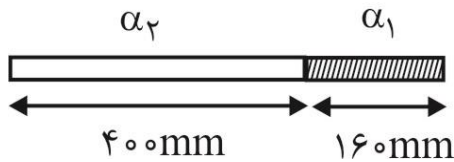
✓مثال ۶: طول سیمی در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد، ۱۰۰ سانتی متر است. اگر دمای آن را به ۱۲۰ درجه سانتیگراد برسانیم، طول آن چقدر می شود؟ $(\alpha = 1/2 \times 10^{-5} / K)$



مثال ۲: مطابق شکل زیر میلماهی از دو قسمت با ضرایب انبساط طولی $\frac{1}{K} \times 10^{-6} = 15 \alpha_1$ و

$\frac{1}{K} \times 10^{-6} = 6 \alpha_2$ تشکیل شده است. اگر بر اثر افزایش دما طول میل به ۵۶۲ میلی‌متر برسد، طول هر قسمت

چند میلی‌متر اضافه شده است؟



مثال ۴: یک تیر آهن در اثر افزایش دما ۵۰ درجه سلسیوس، ۰/۰۶ درصد به طولش اضافه می

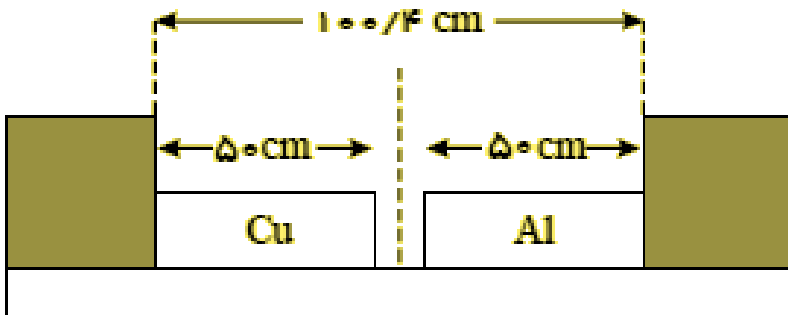
شود. ضریب انبساط طولی این تیر آهن در SI، کدام است؟ (سراسری تجربی ۹۷)

- (۱) $1/2 \times 10^{-5}$ (۲) $1/6 \times 10^{-5}$ (۳) 6×10^{-5} (۴) 8×10^{-5}



مثال ۶: دو میل مس و آلومینیومی بین دو دیوار ثابت قرار دارند. (دماي دو ميله را چند كلوين بالا بريم تا دو ميله به يكديگر برسند؟

$$(\alpha_{\text{مس}} = 1/7 \times 10^{-5} \frac{1}{K}, \alpha_{\text{AL}} = 2/3 \times 10^{-5} \frac{1}{K})$$



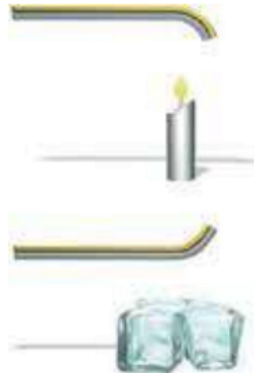
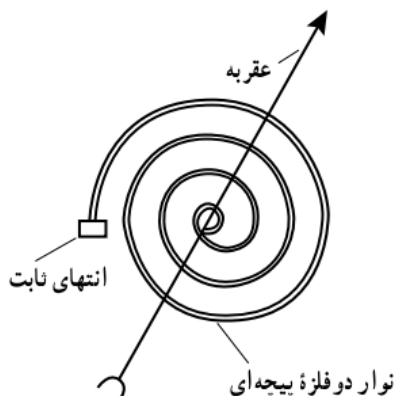
(۱) ۴۷۰

(۲) ۳۴۷

(۳) ۲۵۰

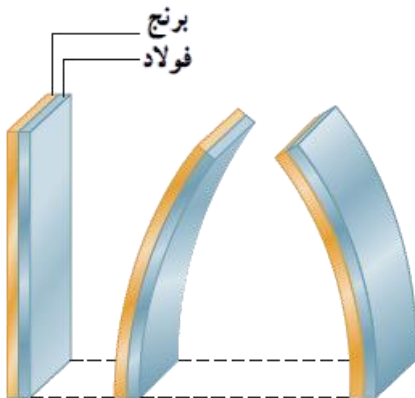
(۴) ۲۰۰

دما سنج نواری دوفلزه: نوار دوفلزه (بی مثال) از دو تیغه ی فلزی متفاوت مانند برنج و آهن ساخته شده است که سرتاسر به هم جوش داده شده یا پرچ شده اند. هرگاه این نوار گرم یا سرد شود، نوار مانند شکل خم می شود. از این ویژگی می توان برای دما سنجی و ساخت دما سنج استفاده کرد.

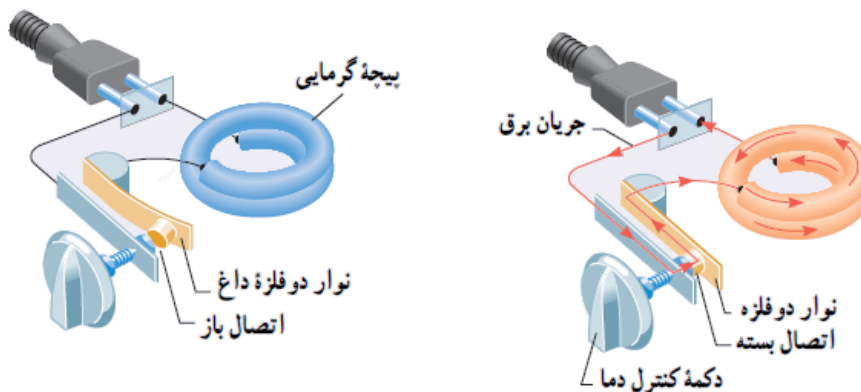


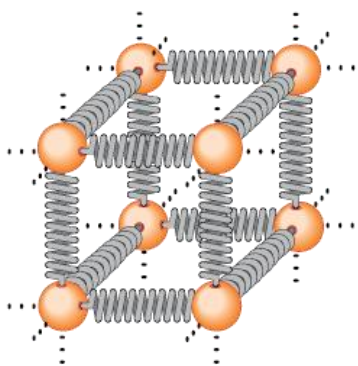


دمپا (ترموستات): اگر دو میله با ضرایب خطی α_1 و α_2 ($\alpha_1 < \alpha_2$) به یکدیگر متصل شوند. برای مثال فولاد و برنج (برنج $\alpha < \alpha_{\text{فولاد}}$) با گرم کردن میله ها و یا سرد کردن آنها هر دو میله خم می شوند به گونه ای که میله ای که ضریب انبساط خطی بیشتر دارد هنگام انبساط کمان خارجی و هنگام انقباض کمان داخلی را تشکیل می دهد. از خم شدن میله ها می توان جهت قطع مدار الکتریکی به هنگام افزایش دما بیش از حد معین استفاده کرد. اغلب از نوارهای دوفلزه به عنوان حسگرهای گرمایی در دمپا استفاده می شود.



در تصویر زیر نحوه ی قطع جریان الکتریکی توسط نوار دوفلزه نشان داده شده است.





توجیه میکروسکوپی انبساط گرمایی: انبساط گرمایی یک جسم پیامد تغییر فاصله بین اتم ها یا مولکول ها کی تشکیل دهنده کی آن است. برای درک این مدل چگونگی رفتار اتم ها در یک ماده کی جامد را در نظر بگیرید. می توان اتم ها را ذراتی در نظر گرفت که با فنرهای به اتم ها کی مجاور متصل شده اند. اتم ها پیرامون مکان های تعادل خود با دامنه کی کم نوسان می کنند. می توان نشان داد با افزایش دمای جامد فاصله کی متوسط بین اتم ها افزایش می یابد و در نتیجه جسم جامد منبسط می شود.

در مایع با افزایش دما حرکت کاتوره ای اتم ها و مولکول ها بیشتر می شود این افزایش دما باعث دور شدن اتم ها و مولکول ها از هم می شود و حجم مایع افزایش می یابد.

انبساط سطحی: اگر مساحت اولیه جامد A_0 باشد، مساحت نهایی آن پس از افزایش دما $\Delta \theta$ عبارتست از:

$$A = A_0 (1 + 2\alpha \Delta T)$$

ضریب انبساط طولی

ضریب انبساط طولی α

ضریب انبساط سطحی 2α

مساحت نهایی

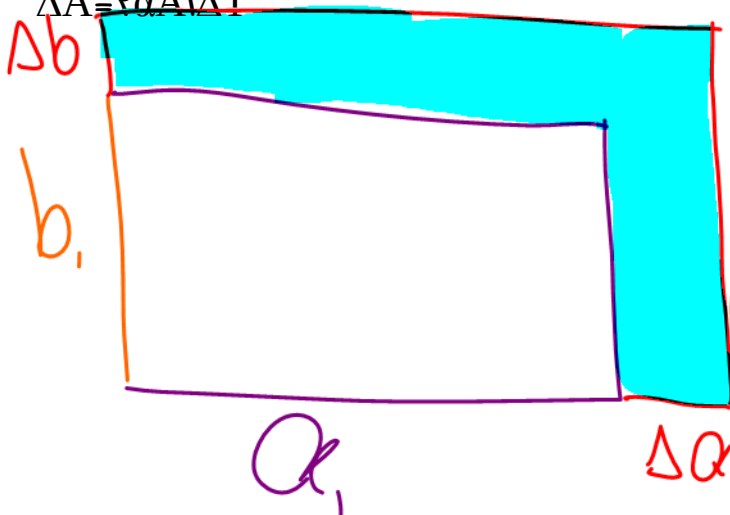
مساحت اولیه

افزایش دما

که در این رابطه ضریب انبساط سطحی (2α) برابر است با افزایش مساحت واحد سطح یک جامد به ازای افزایش دمای یک درجه کلوین.

مثال ۸: ورقه ای فلزی و مستطیلی شکل به اضلاع a_1 و b_1 را در نظر بگیرید. بر اثر افزایش دمای ΔT ، طول اضلاع مستطیل به اندازه Δa و Δb افزایش می یابند. اگر ضریب انبساط طولی ورقه α باشد، نشان دهید که با تقریب مناسب، افزایش مساحت ورقه از رابطه کی زیر بدست می آید:

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



$$(a_1 + \Delta a)(b_1 + \Delta b)$$

$$a_1 b_1 + a_1 \Delta b + b_1 \Delta a + \Delta a \Delta b$$

$$a_1 b_1 + a_1 b_1 \alpha \Delta T + b_1 a_1 \alpha \Delta T$$

$$A_1 + A_1 \alpha \Delta T + A_1 \alpha \Delta T$$

منفی



مسئله A = A_0 (1 + \alpha \Delta T)

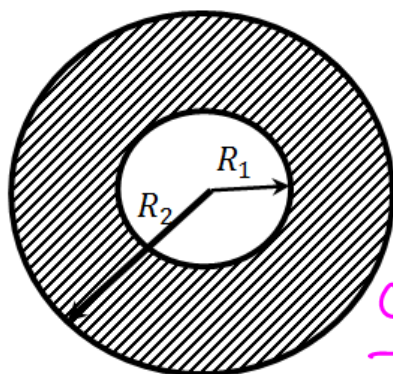
مثال ۹: دمای یک قرص فلزی را چند درجه سلسیوس افزایش دهیم تا به سطح آن به اندازه ۰.۰۲ سطح اولیه افزوده شود؟ ($\alpha = 2 \times 10^{-5} \frac{1}{K}$)

$$\Delta A = 0.02 A_0 \Rightarrow \Delta A = 2 \times 10^{-5} A_0$$

$$\Delta A = A_0 \alpha \Delta T \Rightarrow 2 \times 10^{-5} A_0 = A_0 \times 2 \times 10^{-5} \times \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{10^{-5}}{2 \times 10^{-5}} = 500$$

$$\Delta T = \frac{10^{-5} \times 10^3}{2} = \frac{10^{-2}}{2} = 500^\circ C$$

مثال ۱۰: دو سکه فلزی A و B را مطابق شکل روی هم قرار داده ایم. $\frac{\alpha_2}{\alpha_1}$ را طوری تعیین کنید که مساحت قسمت هاشور خورده در هر دمای ثابت بماند؟ ($R_1 = 25 \text{ cm}$ $R_2 = 30 \text{ cm}$)

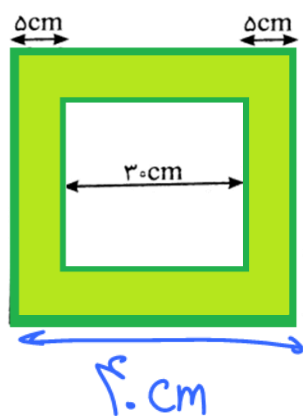


$\Delta A_1 = \Delta A_2$ ضرایب انبساط طولی سکه های A, B می باشد.

$$A_1 \alpha_1 \Delta T = A_2 \alpha_2 \Delta T \Rightarrow \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{A_1}{A_2}$$

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{\pi R_1^2}{\pi R_2^2} \Rightarrow \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \left(\frac{25}{30}\right)^2 = \left(\frac{5}{6}\right)^2 = \frac{25}{36}$$

مثال: یک قاب فلزی مربع شکل در دمای $10^\circ C$ دارای ابعادی مطابق شکل مقابل است. اگر ضریب انبساط طولی فلز $2/5 \times 10^{-4}$ باشد، در دمای $110^\circ C$ مساحت قسمت فلزی چند سانتی متر مربع است؟



۱) ۲۸۲/۵ (۲) ۲۶۵ (۳) ۷۳۵ (۴) ۷۱۷/۵

$$A = (4 \times 4) - (3 \times 3) = 16 - 9 = 7 \text{ cm}^2$$

مبنی

$$\Delta A = A_0 \alpha \Delta T \Rightarrow \Delta A = 7 \times 2 \times 10^{-4} \times 100 = 0.14 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A = 7 \times 100 \times 10^{-4} = 0.7 \text{ cm}^2 \Rightarrow A = 7 + 0.7 = 7.7 \text{ cm}^2$$

نهایی



$$\alpha = 1,8 \times 10^{-5} \rightarrow \alpha = 3,6 \times 10^{-5}$$

مثال: در وسط یک صفحه‌ی فلزی نازک که ضریب انبساط سطحی آن $\frac{1}{K} \times 10^{-5}$ است، دو دایره به شعاع‌های ۲۵ سانتی‌متر را در دمای صفر درجه سلیوس خارج نموده ایم. اگر دمای صفحه را به آرامی از صفر به ۲۰۰ درجه سلیوس برسانیم، فاصله‌ی AB چند میلی‌متر می‌شود؟ (سراسری خارج از کشور)

انبساط طولی

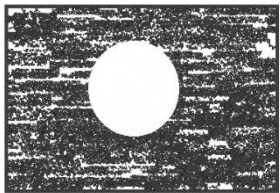
تجربی - ۹۵

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T \Rightarrow \Delta L = 50 \times 1,8 \times 10^{-5} \times 200 = 0,18 \text{ cm} \sim L = 50,18 \text{ cm} = 50,18 \text{ mm}$$

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T \Rightarrow \Delta L = 50 \times 1,8 \times 10^{-5} \times 200 = 0,18 \text{ cm}$$

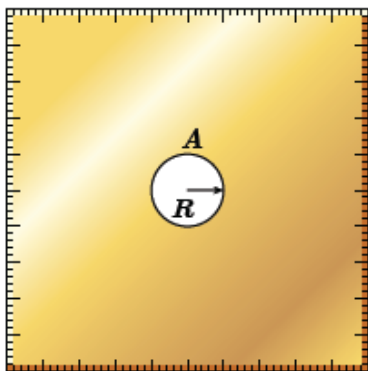
$$\Delta L = 1,8 \times 10^{-5} \times 100 \times 100 = 0,18 \text{ cm} \sim L = 50,18 \text{ cm} = 50,18 \text{ mm}$$

نکته: در صورتی که در سطح اجسام جامد سوراخ یا شیار پدید آمده باشد گرم کردن جسم منجر به افزایش مساحت سوراخ یا شیار خواهد شد.



مثال: در شکل مقابل شعاع حفره‌ی روی ورقه‌ی ۴ سانتی‌متر است. اگر دمای ورقه ۲۰۰C افزایش یابد،

افزایش مساحت حفره چقدر خواهد بود؟ ($\alpha = 2 \times 10^{-5} \frac{1}{K}$)



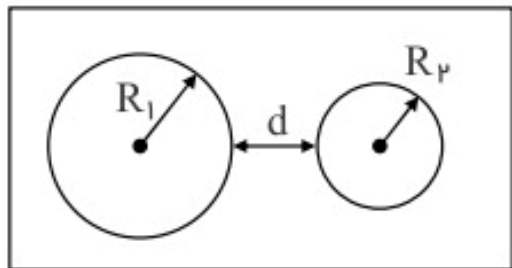
$$A_0 = \pi r^2 = \pi \times 16 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A = A_0 \alpha \Delta T$$

$$\Delta A = 16\pi \times 2 \times 10^{-5} \times 200 = 12,8\pi \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$



مثال: مطابق شکل، از یک صفحه فلزی دو دایره با شعاعهای R_1 و R_2 به فاصله d از یکدیگر جدا می کنیم. اگر کل صفحه را گرم کنیم، کدام گزینه صحیح است؟



- (۱) شعاع های R_1 و R_2 هر دو کاهش و فاصله d افزایش می یابد.
- (۲) شعاع های R_1 و R_2 هر دو کاهش و فاصله d کاهش می یابد.
- (۳) شعاع های R_1 و R_2 هر دو افزایش و فاصله d کاهش می یابد.
- (۴) شعاع های R_1 و R_2 هر دو افزایش و فاصله d افزایش می یابد.

انبساط حجمی: ضریب انبساط حجمی یک ماده نیز برابر است با افزایش حجم آن ماده به ازای افزایش دمای یک کلوین. پس داریم:

$$V = V_0 (1 + \beta \Delta T)$$

$$\beta \sim \alpha^3$$

برای جامدات داریم:

$$V = V_0 (1 + \beta \Delta T) \Rightarrow \Delta V = V_0 \beta \Delta T$$

مثال: اگر دمای یک مگعب می را به ۵۰۰ درجه سانتیگراد برسانیم حجم آن به اندازه ۲/۴٪ حجم اولیه اش

افزایش می یابد. دمای اولیه مگعب چند درجه سلسیوس بوده است؟ ($\alpha = 1/6 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)

$$\Delta V = \frac{2.4}{100} V_0 \Rightarrow \Delta V = 2.4 \times 10^{-2} V_0$$

$$\Delta V = V_0 \beta \Delta T \Rightarrow 2.4 \times 10^{-2} V_0 = V_0 \times \frac{1}{6} \times 10^{-5} \Delta T$$

$$2.4 \times 10^{-2} = \frac{1}{6} \times 10^{-5} \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{2.4 \times 10^{-2}}{\frac{1}{6} \times 10^{-5}} = \frac{2.4 \times 10^{-2} \times 6}{10^{-5}} = \frac{1.44 \times 10^{-1}}{10^{-5}} = 1.44 \times 10^4 = 14400^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 0^\circ\text{C}$$



$$2000 \text{ cm}^3$$



$$\beta \sim \alpha$$

مثال: ضریب انبساط حجمی مایع $\frac{1}{K} \times 10^{-3}$ است. حجم ۲ لیتر از این مایع در اثر ۵ درجه سانتیگراد

افزایش دما، چند سانتیگراد کمتر ملعب افزایش می‌یابد؟

$$\Delta V = V_0 \beta \Delta T$$

$$\Delta V = 2000 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times 5 = 10 \times 10^{-3} = 10 \text{ cm}^3$$

مثال: وسط یک صفحه فلزی مربع شکل، سوراخی دایره ای ایجاد کرده ایم اگر دمای صفحه را از ۲۰ درجه

سانتیگراد به ۲۲۰ درجه سانتیگراد برسانیم مساحت سوراخ چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟ ($\alpha_{\text{فلز}} = 10^{-5} \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)

$$\Delta A = A_0 \alpha \Delta T \Rightarrow \Delta A = A_0 \times 2 \times 10^{-5} \times 200$$

$$\Delta A = A_0 \times 4 \times 10^{-3} \Rightarrow \Delta A = 4 \times 10^{-3} \times 100 A_0 = 0.4\% A_0$$

مثال: دمای یک کره فلزی را ۸۰ درجه سلیوس افزایش می‌دهیم، حجم آن ۰.۰۸ درصد

افزایش می‌یابد. اگر دمای این کره را ۶۰ درجه سلیوس افزایش دهیم، سطح کره چند درصد

افزایش می‌یابد؟ (سراسری ریاضی ۹۹- خارج از کتاب)

(۱) ۰.۱۲ (۲) ۰.۰۸ (۳) ۰.۰۶ (۴) ۰.۰۴

$$\Delta A = A_0 \alpha \Delta T$$

$$\Delta V = V_0 \beta \Delta T$$

$$\frac{\Delta A}{\Delta V} = \frac{A_0 \alpha \Delta T}{V_0 \beta \Delta T} \Rightarrow \frac{\Delta A}{\Delta V} = \frac{A_0 \times 2 \times 10^{-5}}{V_0 \times 10^{-3} \times 10^{-3}} \Rightarrow \Delta A = 2 \times 10^{-5} A_0$$



انقباض مایعات: مایعات به صورت حجمی منبسط می شوند چون مایعات را درون ظرف نگهداری می کنند در اثر افزایش دما ظرف و مایع هر دو منبسط می شوند لذا انبساطی که ما مشاهده می کنیم اختلاف انبساط مایع و ظرف است که انبساط ظاهری می نامیم چون انبساط جامدات خیلی کمتر از مایعات است پس می توان در بیشتر از موارد از آن صرف نظر نمود.

انبساط ظاهری: اگر به اندازه V_0 از یک مایع با ضریب انبساط حجمی β درون ظرفی با ضریب انبساط خطی α بریزیم با افزایش $\Delta\theta$ برای ظرف و مایع میزان انبساط ظاهری مایع بصورت زیر محاسبه می شود:

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = \Delta V_{\text{مایع}} - \Delta V_{\text{ظرف}}$$

ضریب انبساط حجمی مایع



$$\Delta V_{\text{ظرف}} = V_0 \beta \Delta T - V_0 \alpha \Delta T \Rightarrow \Delta V_{\text{ظرف}} = V_0 \Delta T (\beta - \alpha)$$

مثال: ظرفی به انبساط خطی $\frac{1}{K} \times 10^{-5}$ و به حجم 600 cm^3 پر از مایعی به ضریب انبساط حجمی $\frac{1}{K} \times 10^{-4}$ است. اگر دمای مجموعه را به اندازه ۵۰ درجه سلسیوس افزایش دهیم حجم مایعی که بیرون می ریزد چند cm^3 است؟

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = V_0 \Delta T (\beta - \alpha)$$

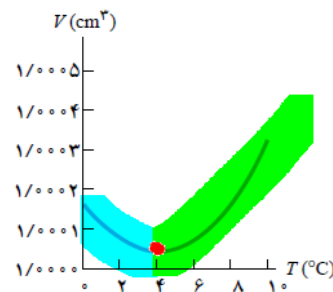
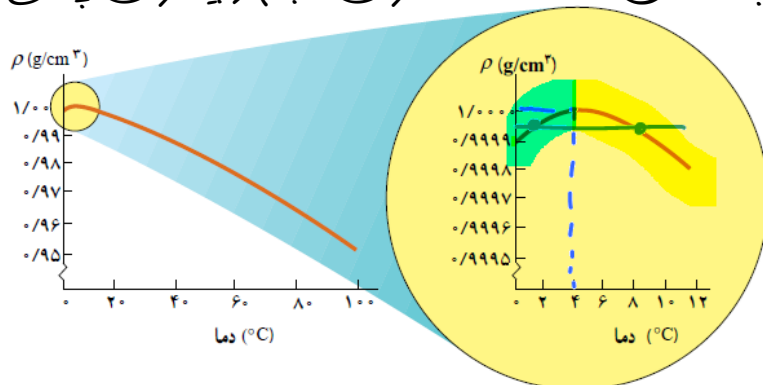
$$\Delta V_{\text{ظرف}} = 600 \times 50 \left(\frac{1}{K} \times 10^{-4} - \frac{1}{K} \times 10^{-5} \right)$$

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = \frac{600}{1000} \times \frac{50}{100} \left(\frac{1}{1000} - \frac{1}{10000} \right) = 2,4 \text{ cm}^3$$

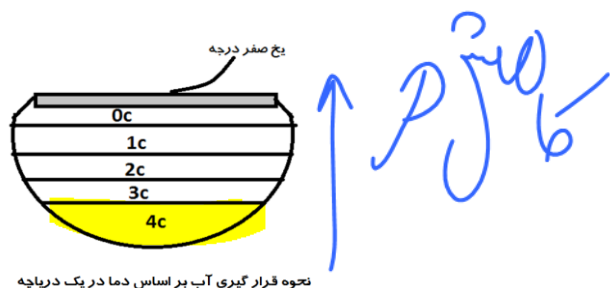


اگر ظرف در نبود:
زبابی نهایی مایع سرریز

انبساط غیر عادی آب: از صفر تا 4°C حجم آب به جای اینکه افزایش یابد کاهش می یابد و از دمای 4°C به بالا انبساط عادی خود را باز می یابد. بنابراین وقتی آب دمای 4°C است کمترین حجم و بیشترین چگالی خود را دارد.

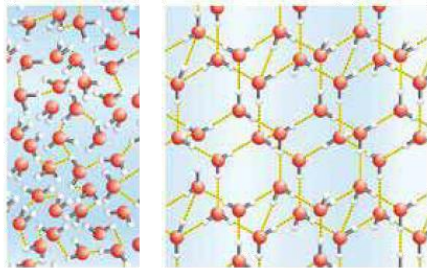


نکته: نحوه قرارگیری مایعات از پایین به بالا، از چگالی زیاد به چگالی کم است و آب از سطح دریاچه شروع به یخ زدن می کند.



پرسش: توضیح دهید چرا انبساط غیر عادی آب برای ماهی ها و جانوران دریایی بسیار مهم است؟

در روزهای که هوا سرد است، در عمق دریاها دمای آب 4°C است، ماهی ها می توانند بمانند.



آب

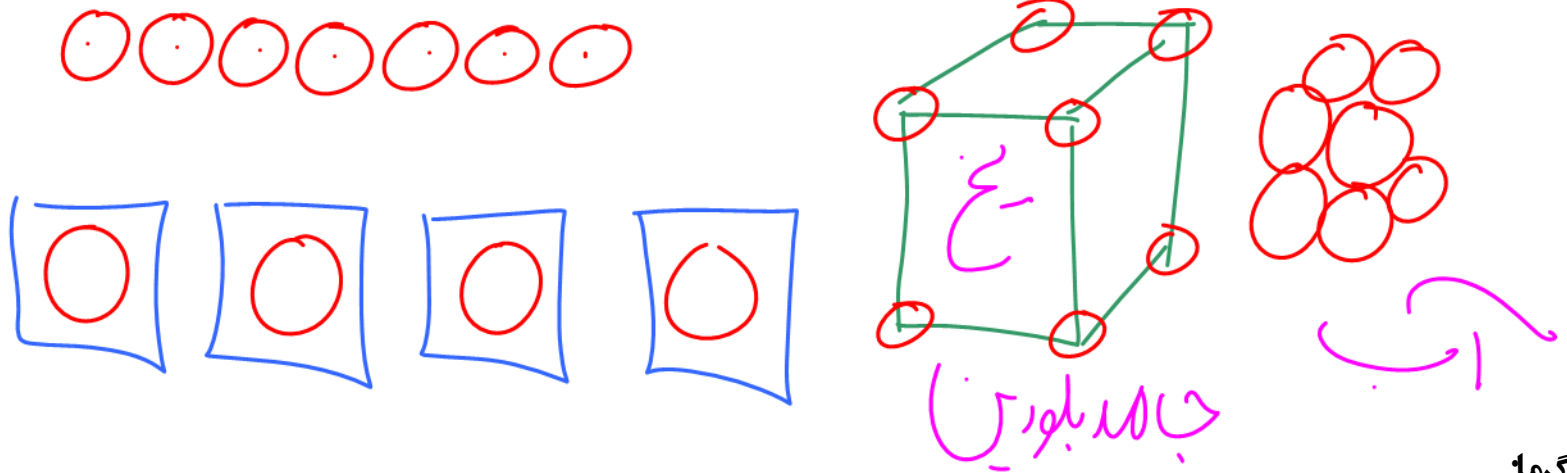
یخ

علت انقباض غیرعادی آب: علت انقباض غیرعادی آب را می توان با ساختار مولکول های آن در یخ توضیح داد. مولکول های آب در یخ شبکه ای بلوری تشکیل می دهند، به طوری که مولکول ها در بعضی نواحی خیلی به هم نزدیک اند و در نواحی دیگر، بین آن ها فضای خالی وجود دارد. وقتی آب از یخ به حالت

مایع تبدیل می شود، دیگر شبکه ای بلوری وجود ندارد و آرایش مولکول های

آن یکنواخت تر می شود و در نتیجه حجم اشغال شده کاهش می یابد. در محدوده ای در دماهای 0°C تا 4°C

بقایای ساختار مولکولی یخ هنوز در آب وجود دارد و موجب رفتار غیر عادی آب می شود.

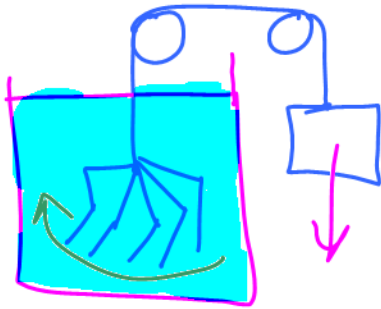


گرم!

اثر یک لیوان آب خیلی سرد را در اتاق قرار دهیم بین آب و هوای اتاق مبادله ای گرما انجام می شود تا لیوان به دمای اتاق برسد. این مبادله ای گرما ابتدا به سرعت انجام می شود سپس با آهنگ کندتری ادامه می یابد تا اینکه دمای آب و دمای اتاق یکسان شود.

تعادل گرمایی: دو جسم را هنگامی با یکدیگر در تعادل گرمایی می گوئیم که اثر در تماس کامل با یکدیگر قرار گیرند، دمای آن ها تغییر نمی کنند.

توجه: زمانی که می گوئیم دو جسم با هم در تعادل گرمایی هستند به این معنی نیست که گرما مبادله نمی کنند. بلکه منظور این است که گرما خالص مبادله شده صفر است.

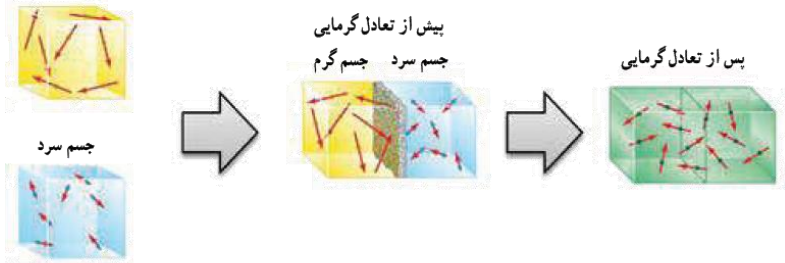




❖ نکته: دو جسم که با هم اختلاف دما دارند را اگر با هم تماس دهیم از انرژی درونی یکی کاسته و به انرژی درونی دیگری افزوده می شود.

گرما: مقدار انرژی که به دلیل اختلاف دما از جسم گرم تر به جسم سردتر منتقل می شود را گرما می نامیم و با نماد Q نمایش می دهیم.

👉 توجه: گرما مربوط به انرژی در حال گذار است، بنابراین عبارت هایی مانند گرمای یک جسم نادرست است. دیدگاه میکروسکوپی گرما: وقتی دو جسم سرد و گرم در تماس با یکدیگر قرار دارند، آنچه که اتفاق می افتد کاهش انرژی های جنبشی و پتانسیل مربوط به حرکت کاتوره ای اتم ها، مولکول ها و سایر اجزای میکروسکوپی داخل جسم گرم و افزایش همین انرژی ها در داخل جسم سرد است تا آن که دو جسم به تعادل گرمایی برسند.



ظرفیت گرمایی: اگر جسم با محیط اطراف خود گرمای Q را مبادله کند، در اثر این مبادله ی گرمای Q به اندازه ΔT تغییر کند، Q متناسب با ΔT است که ضریب این تناسب را با C نشان می دهند و به آن ظرفیت گرمایی جسم می گویند:

$$Q = C \Delta T$$

👉 توجه: ظرفیت گرمایی به جنس و جرم آن بستگی دارد و یکای آن ژول بر کلوین است.

پرسش: منظور از این جمله چیست؟

"ظرفیت گرمایی یک گرم 360 J/Kg است."



❖ نکته: اجسام توانایی محدودی در مبادله گرما ندارند و تا وقتی که اختلاف دما باشد، مبادله گرما ادامه می یابد.

❖ نکته: مقدار زیاد آب مثل دریاها و دریاچه ها می تواند گرمای زیادی را از محیط بگیرد یا به محیط بدهد بی آن که دمای خودش تغییر کند. بنابراین نوسان دمای هوای اطراف خود را متعادل می کنند.

گرمای ویژه: گرمای ویژه که هر جسم مقدار گرمایی است که باید به یک کیلوگرم از آن جسم داده شود تا دمای آن یک درجه سیلسیوس (یا کلوین) افزایش یابد و آن را با نماد c نشان می دهیم.

$$c = \frac{Q}{m \Delta T} \rightarrow Q = mc \Delta T$$

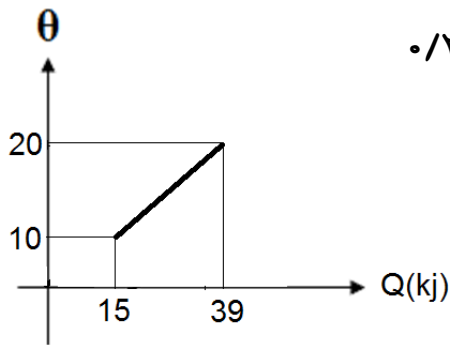
👉 توجه: گرمای ویژه یک جسم به جنس ماده و تشکیل دهنده آن بستگی دارد.

☑ مثال: به یک گلوله می به جرم 50 g به میزان 100 kJ انرژی داده می شود. دمای آن چقدر تغییر می کند؟ (گرمای ویژه c می $400 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}$)



✓ مثال: جمی به جرم ۲ kg و گرمای ویژه $400 \frac{J}{kg \cdot C}$ بدون تغییر حالت ۴۰ kJ گرما از دست می دهد. اگر گرمای اولیه $50^{\circ}C$ باشد، گرمای ثانویه اش چقدر است؟

✓ مثال: نمودار تغییرات گرمای ۲۰ kg از یک ماده بر حسب گرمای داده شده به آن به ترتیب زیر است. گرمای ویژه C فلز چند کیلوژول بر کیلوگرم درجه C کلویین است؟



۰/۲۴ (۴)

۰/۱۲ (۳)

۰/۳۴ (۲)

۰/۱۷ (۱)

توان گرمایی: اگر به وسیله C یک گرمکن الکتریکی با توان P به جمی گرما بدهیم رابطه C بین توان و گرمای داده شده به صورت زیر است:

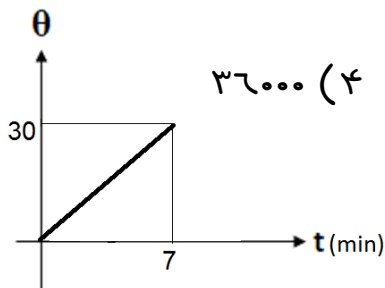
$$P = \frac{Q}{t} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{t}$$



مثال: یک گرمکن الکتریکی با توان یک کیلووات دمای 400°C گرم آب 20°C را پس از چند ثانیه به 70°C می‌رساند؟ $(C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}})$

- (۱) ۸۴ (۲) ۴۲۰ (۳) ۴۲ (۴) ۸۴۰

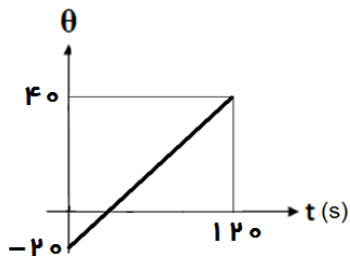
مثال: یک گرمکن درون ظرفی که محتوی 2kg آب است قرار دارد و نمودار θ (دمای آب) بر حسب t مطابق شکل زیر است. توان گرمکن چند وات است؟ $(C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}})$



- (۱) ۳۰۰ (۲) ۶۰۰ (۳) ۱۲۰۰ (۴) ۳۶۰۰۰

مثال: نمودار تغییرات دمای جم جامدی به جرم 100g ، بر حسب زمان مطابق شکل است. اگر گرمای ویژه C جم $400 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}$ باشد، جم در هر ثانیه چند ژول گرما گرفته است؟

- (۱) ۱۰ (۲) ۱۲ (۳) ۲۰ (۴) ۲۴





✓مثال: ۳۰ دقیقه طول می کشد تا ۳kg آب ۲۰°C که در ظرفی به جرم ناچیز قرار دارد شروع به جوشیدن کند. اگر در این حالت ۲kg آب ۲۰°C به این ظرف اضافه کنیم، چند دقیقه طول می کشد تا آب دوباره به جوش بیاید؟ $(C_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot C})$

دمای تعادل: هرگاه دو جسم با دمای متفاوت در تماس کامل با یکدیگر قرار گیرند دمای هر دو تغییر می کند. به این ترتیب که دمای جسم گرم تر پایین می آید و این جسم سرد می شود و دمای جسم سردتر بالا می رود و این جسم گرم می شود. این تغییر دما تا جایی ادامه می یابد که دمای دو جسم یکسان شود. این دما را دمای تعادل دو جسم می نامیم.

❖ نکته: دمای تعادل را می توان با استفاده از بقای انرژی محاسبه کرد:

اگر در حین انتقال گرما، مقداری از گرما نیز هدر رفته، داریم:



نکته: دمای تعادل را از فرمول زیر می توان به طور مستقیم محاسبه نمود:

مثال: قطعه فلزی به جرم ۲۱۰ گرم که دمای آن 70°C است را وارد ظرف عایقی که حاوی m گرم آب 10°C است، کرده و دمای تعادل 20°C می شود. جرم آب چند گرم است؟

$$\left(4200 \cdot \frac{j}{\text{kg} \cdot \text{C}} = \text{آب} \cdot \frac{j}{\text{kg} \cdot \text{C}} + 380 \cdot \frac{j}{\text{kg} \cdot \text{C}} \right)$$

۱۹۰ (۴

۹۰ (۳

۹۵ (۲

۱۸۰ (۱

مثال: چند لیتر آب 50°C درجه را با چند لیتر آب 20°C درجه مخلوط کنیم تا 60°C لیتر آب با دمای 40°C درجه داشته باشیم؟

۳۵ و ۳۵ (۴

۲۰ و ۴۰ (۳

۲۵ و ۳۵ (۲

۴۰ و ۲۰ (۱



✓مثال: اگر چهار کیلوگرم مایع A با دمای 80°C را با چهار کیلوگرم مایع B با دمای 20°C مخلوط کنیم. دمای تعادل 30°C می شود. گرمای ویژه ی A چند برابر B است؟

✓مثال: در ظرفی که دمای آن 12°C می باشد، ۵۰ گرم آب صفر درجه ی سیوس می ریزیم. دمای تعادل 2°C می شود. ظرفیت گرمایی ظرف چقدر است؟ $(C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}})$

۳/۵ (۴

۴۲ (۳

۳۵ (۲

۲۱ (۱



مثال: ۲۰۰ گرم آب ۲۲/۵ درجه ی لیوس را با ۱۵۰ گرم آب ۴۰ درجه ی لیوس مخلوط کنیم، پس از برقراری تعادل گرمایی، دمای آب به چند درجه ی لیوس می رسد؟
(سراسری تجربی ۹۲)

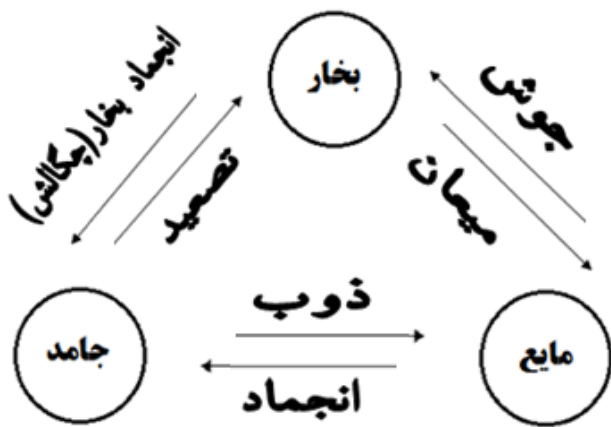
۲۷/۵ (۱)	۳۰ (۲)	۳۲ (۳)	۳۲/۵ (۴)
----------	--------	--------	----------

گرماسنج و گرماسنجی: گرماسنج که به آن کالری متر نیز گفته می شود ظرف در داری است که به خوبی عایق بندی شده است و برای تعیین گرمای ویژه ی اجسام به کار می رود.

اساس کار گرماسنج: در گرماسنج مقداری آب با جرم معین می ریزیم و صبر می کنیم تا با گرماسنج هم دما شود. پس جمی را که می خواهیم گرمای ویژه ی آن را پیدا کنیم و جرم و دمای اولیه ی آن معلوم است را درون گرماسنج قرار می دهیم پس از برقراری تعادل گرمایی دمای آن را اندازه می گیریم و با آن می توانیم گرمای ویژه ی جم را به دست آوریم.



- مثال: یک گرماسنج با ظرفیت گرمایی $\frac{1}{50} \text{ J}^\circ\text{C}^{-1}$ محتوی 0.5 kg آب 8°C است. یک قطعه فلز به دمای 110°C را در آن وارد می‌کنیم، دمای تعادل 90°C می‌شود. ظرفیت گرمایی قطعه فلز چقدر است؟ ($C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$)
- (۱) ۵۴ (۲) ۱۰۰ (۳) ۳۹ (۴) ۴۵

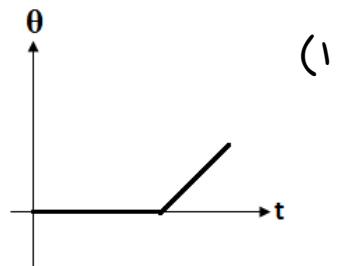
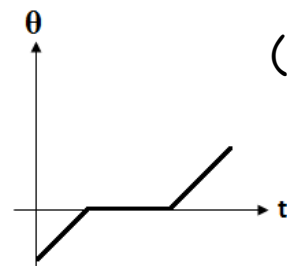
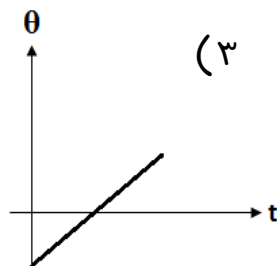
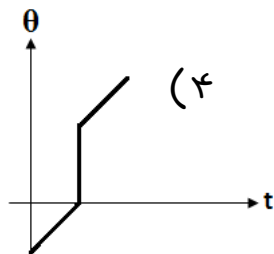


حالت های ماده: چنانچه می‌دانیم موادی که در اطراف ما وجود دارند در سه حالت (جامد، مایه و گاز) یافت می‌شوند. گذار از یک حالت (جامد) به یک حالت (جامد) دیگر را تغییر حالت (گذار جامد) می‌نامند. هر تغییر حالت (در فشار ثابت) در دمای ثابتی صورت می‌گیرد که آن را دمای گذار می‌نامند.

تذکره: در تغییر حالت ها حجم و چگالی نیز تغییر می‌کنند.

نکته: همیشه در حین تغییر حالت ماده دما ثابت می‌ماند.

- مثال: مقداری یخ 10°C را به طور یکنواخت حرارت می‌دهیم. کدام یک از شکل های زیر نمودار تغییرات دما بر حسب زمان را نشان می‌دهد؟ (نومین المپاد فیزیک ایران)





❖ نکته: زمانی که جم گرما بگیرد (دمای آن زیاد شود) $Q > 0$ و زمانی که جم گرما از دست بدهد (دمای آن کم شود) $Q < 0$ است.

$\left. \begin{array}{l} 1- \text{انجماد} \\ 2- \text{میعان} \\ 3- \text{چگاش} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{تغییر فاز گرما ده} \\ Q < 0 \end{array}$	$\left. \begin{array}{l} 1- \text{زوب} \\ 2- \text{جوش} \\ 3- \text{تصعید} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{تغییر فاز گرما گیر} \\ Q > 0 \end{array}$
---	--

تغییر حالت جامد-مایع: اگر به جم جامدی گرما دهیم دمای آن افزایش می یابد. وقتی دمای جم به مقدار مشخصی برسد، افزایش دما متوقف می شود و دما ثابت باقی می ماند. در این حالت جم شروع به زوب شدن می کند و به مایع تبدیل می شود. این دمای ثابت را نقطه ی زوب می گوئیم.

❖ نکته: به استثنا چند مورد خاص حجم جامدهای بلورین هنگام زوب شدن افزایش می یابد، زیرا حجمی که بلور با آرایش منظم مولکول ها در حالت جامد اشغال می کند، نسبت به این حجم در حالت مایع که آرایش مولکولی نامنظمی دارد، کمتر است.

❖ نکته: برخلاف جامدهای خالص و بلورین، جامدهای بی شکل مانند شیشه و قیر نقطه ی زوب کاملاً مشخصی ندارند. در واقع وقتی این مواد را گرم می کنیم، پیش از زوب شدن خمیری شکل می شوند. این مواد در گتره ای از دما به تدریج زوب می شوند.

❖ نکته: معمولاً افزایش فشار وارد بر جم سبب بالا رفتن نقطه ی زوب جم می شود. اما در برخی مواد مانند یخ، افزایش فشار به کاهش نقطه ی زوب می انجامد.

❖ نکته: افزایش فشار محیط نقطه زوب آن دسته از مواد جامد را که هنگام زوب افزایش حجم می دهند زیاد می کند.



نکته: افزایش ناخالصی نقطه ی انجماد آب را کاهش می دهد.

تاثیر ناخالصی و فشار در نقطه ی ذوب و جوش آب:

☑ به پرسش های زیر پاسخ دهید:

۱- دلیل افزودن مایع ضد یخ به آب را دریا تور چیست؟

۲- دلیل ریزش آب پز شدن تخم مرغ در ارتفاع های بالاتر چیست؟ (دوراه برای حل این مشکل بیان کنید).

۳- دلیل زودتر پخته شدن غذا در دیگ زود پز چیست؟



نقطه‌ی سه گانه: در دمای $0/0^{\circ}\text{C}$ نقطه‌ای وجود دارد که در آن سه حالت یخ، آب و بخار در تعادل اند. این نقطه را نقطه‌ی سه گانه می‌گویند.

👉 توجه: عمل ذوب فرایندی گرماتیر است زیرا باید به جسم جامد گرما بدهیم تا مولکول‌های آن از ساختار صلب قبلی خودرها شوند.

گرمای نهان ذوب: گرمایی که جسم جامد می‌گیرد تا در نقطه ذوب خود بدون تغییر دما از جامد به مایع تبدیل شود را گرمای نهان ذوب می‌نامیم و با Q_f نشان می‌دهیم.

گرمای نهان ویژه ذوب: گرمایی است که باید به یک کیلوگرم از جسم جامد بدهیم تا در نقطه ذوب خود و بدون تغییر دما از جامد به مایع تبدیل شود. و آن را با L_f نشان می‌دهیم و یکای آن در SI ژول بر کیلوگرم است.

☑ مثال: حداقل گرمایی که یک کیلوگرم یخ 10°C درجه سلسیوس را به آب تبدیل می‌کند چند ژول است؟

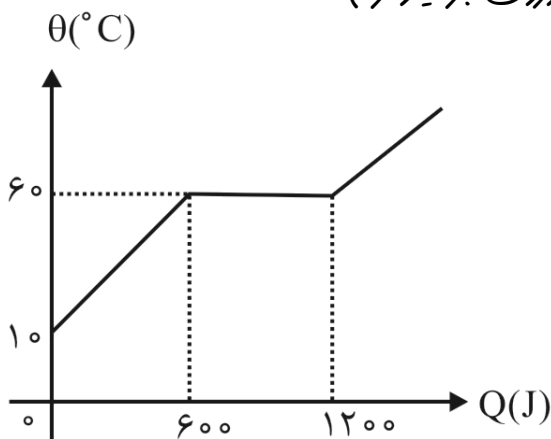
($C_{\text{یخ}} = 2100 \text{ J/kg.k}$ و گرمای نهان ویژه ذوب یخ $= 334 \text{ kJ/kg}$)

انجماد: فرایند انجماد وارون فرایند ذوب یعنی تبدیل مایع به جامد است. اگر مایعی را سرد کنیم (یعنی از آن گرما بگیریم) هنگامی که به دمای انجماد خود می‌رسد، شروع به جامد شدن می‌کند دمای نقطه ذوب یک ماده در شرایط یکسان با دمای نقطه انجماد آن برابر است. هر جسم به هنگام انجماد هم‌تقدر گرما از دست می‌دهد که به هنگام ذوب می‌گیرد بنابراین گرمای نهان انجماد منفی گرمای نهان ذوب است پس:



✓مثال: مقدار گرمایی که ۵۰ گرم یخ -۲۰ درجه سلیوس را به آب ۷۰ درجه سلیوس تبدیل می کند، چند گرم یخ صفر درجه را می تواند ذوب کند؟ ($C_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg.k}$ و $C_{\text{یخ}} = 2100 \text{ J/kg.k}$ و $L_f = 4200 \times 80 \text{ J/kg}$)

✓مثال: به جمی که دمایش ۱۰ درجه سانتی گراد است، گرما می دهیم تا به نقطه ذوب خود برسد و کاملاً ذوب شود. اگر نمودار تغییرات دمای این جسم بر حسب گرمای داده شده به آن تا پایان ذوب به شکل روبه رو و گرمای ویژه آن $C = 0.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{K}}$ باشد، گرمای نهان ویژه ذوب آن چند کیلوژول بر کیلوگرم است؟

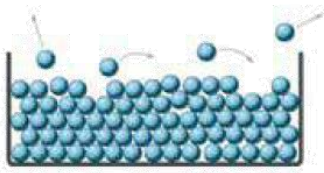


تغییر حالت مایع-بخار: تبدیل مایع به بخار را تبخیر سطحی می گویند.

تبخیر سطحی: تجربه نشان می دهد که در سطح آزاد هر مایع در هر دمایی عمل تبخیر روی می دهد. این پدیده را تبخیر سطحی می گویند.



👉 **توجه:** در پدیده ی تبخیر سطحی تندی برخی مولکول های مایع به حدی می رسد که می توانند از سطح مایع فرار کنند.



عوامل موثر بر تسریع تبخیر سطحی:

- ۱- افزایش دما ۲- افزایش سطح آزاد مایع ۳- کاهش فشار ۴- وزش باد

جوشیدن: وقتی مایعی را روی اجاقی قرار می دهیم، با گرم کردن مایع به دمای مشخصی می رسیم که در آن حباب های گاز از درون مایع بالا می آیند، که نشانه ای از آغاز فرآیند ی موسوم به جوشیدن است. به این دمای مشخص نقطه ی جوش می گویند.

جوش کامل: در هنگام جوشیدن آب، به محض اینکه حباب ها بالا می آیند به آب کمی سردتر می رسند و پیش از رسیدن به سطح آزاد آب با صدای تیزی فرومی پاشند و در آن جا دوباره به مایع تبدیل می شوند. اگر دمای آب همچنان بالا برود، حباب ها می توانند بیشتر بالا بروند تا اینکه سرانجام به سطح آزاد آب می رسند و در آن جا با صدای ریگی که به آن غلغل کردن می گویند، فرو می پاشند. در این حالت است که می گوئیم آب به جوش کامل رسیده است.

👉 **توجه:** هنگامی که آب به جوش کامل می رسد آهنگ تبخیر به بیشترین مقدار خود می رسد.

👉 **توجه:** در جوشیدن، کل مایع در فرآیند تبخیر شرکت می کند.

❖ **نکته:** به فرآیند تبخیر پیش از رسیدن به نقطه ی جوش، تبخیر سطحی و به فرآیند تبخیر در نقطه ی جوش، اصطلاحاً جوشیدن می گویند.

👉 **تذکر:** نقطه ی جوش هر مایع به جنس آن و فشار وارد بر آن بستگی دارد. افزایش فشار وارد بر مایع سبب بالا رفتن نقطه ی جوش آن می شود.



گرمای نهان تبخیر: گرمایی که یک مایع در نقطه‌ی جوش خود می‌گیرد تا به بخار در همان دما تبدیل شود گرمای نهان تبخیر نامیده می‌شود و با Q_v نشان داده می‌شود.

گرمای نهان ویژه‌ی تبخیر: گرمایی که به یک کیلوگرم از مایع می‌دهیم تا در نقطه‌ی جوش خود و بدون تغییر دما از مایع به بخار تبدیل شود. آن را با L_v نمایش داده و یکای آن در SI ژول بر کیلوگرم است.

میعان: فرآیند میعان وارون فرآیند تبخیر است یعنی تبدیل بخار به مایع است. اگر بخار مایع را سرد کنیم (یعنی از آن گرما بگیریم) هنگامی که به دمای میعان یا نقطه‌ی میعان می‌رسد شروع به مایع شدن می‌کند. دمای نقطه‌ی میعان یک ماده در شرایط یکسان با دمای نقطه‌ی جوش آن برابر است. هر بخار هنگام میعان همان مقدار گرما از دست می‌دهد که به هنگام تبخیر می‌گیرد، بنابراین گرمای نهان میعان منفی گرمای نهان تبخیر است پس:

☑ مثال: گرمای لازم برای تبدیل ۵ کیلوگرم یخ -20°C درجه سانتی‌گراد به بخار آب 100°C درجه سانتی‌گراد را حساب کنید ($C_{\text{بخ}} = 2100 \text{ J/kg.k}$ و $C_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg.k}$ و $L_f = 334 \times 10^3 \text{ J/kg}$ و $L_v = 2256 \times 10^3 \text{ J/kg}$)



✓مثال: چند گرم بخار آب ۱۰۰ درجه سانتیگراد را با چند گرم یخ ۲۰- درجه سانتیگراد مخلوط کنیم تا ۱۶۳۰ گرم آب ۱۰ درجه سیوس به دست آید؟

$$(C_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg.k و } C_{\text{یخ}} = 2100 \text{ J/kg.k و } L_f = 334 \times 10^3 \text{ J/kg و } L_v = 2256 \times 10^3 \text{ J/kg})$$

✓مثال: در حفره ای در خیابان مقداری آب صفر درجه قرار دارد. پس از مدتی ۴۰ درصد از این آب تبخیر می شود و باقی مانده ی آب یخ می زند. گرمای نهان تبخیر آب در دمای صفر درجه را بدست آورید.
($L_f = 336 \text{ J/g}$)

✓پرسش: چرا گرمای تبخیر آب با افزایش دمای آن کاهش می یابد؟

محاسبه ی دمای تعادل در حالتی که تغییر حالت فیزیکی داریم

در این حالت توجه به دو نکته ی زیر اهمیت دارد:

۱- در هنگام تبخیر فاز دما ثابت می ماند.

۲- اگر تبخیر حالت زوب یا تبخیر باشد (گرمایی) گرمای نهان با علامت + و چنانچه انجماد و میعان باشد (گرماده) با علامت - در رابطه ی زیر قرار داده می شود.



✓مثال: چند گرم یخ صفر درجه را درون ۶ کیلوگرم آب ۴۰ درجه ی سیوس بریزیم تا در نهایت آب با دمای ۱۰ درجه سیوس حاصل شود؟ ($C_{\text{آب}}=4200 \text{ j/kg.k}$ و $L_f=336 \times 10^3 \text{ j/kg}$)

✓مثال: در ظرف عایقی که حاوی ۱۷۰ گرم آب ۳۰ درجه ی سیوس یک قطه یخ صفر درجه ی سیوس را که جرم آن ۸۰ گرم است می اندازیم پس از ایجاد تعادل چند گرم یخ ذوب نشده باقی می ماند؟ ($C_{\text{آب}}=4200 \text{ j/kg.k}$ و $L_f=340 \times 10^3 \text{ j/kg}$)

✓مثال: حداقل چند گرم یخ ۲۰- درجه ی سیوس را در داخل ۲۰۰ گرم آب صفر درجه ی سیوس می اندازیم تا تمام آب یخ ببندد؟ ($C_{\text{یخ}}=2100 \text{ j/kg.k}$ و $L_f=336 \times 10^3 \text{ j/kg}$)



✓مثال: چند گرم بخار آب ۱۰۰ درجه ی سیوس را با ۲۰۰ گرم یخ صفر درجه ی سیوس مخلوط کنیم تا دمای تعادل به ۵۰ درجه ی سیوس برسد؟
($L_v = 2256 \times 10^3 \text{ j/kg}$ و $L_f = 334 \times 10^3 \text{ j/kg}$ و $C_{\text{آب}} = 4200 \text{ j/kg.k}$)

✓مثال: قطعه فلزی به جرم ۲/۵ کیلوگرم با دمای ۶۸ درجه ی سیوس را روی یک قطعه یخ بزرگ صفر درجه ی سیوس قرار می دهیم . اگر گرمای نهان وشره ی ذوب یخ $340 \times 10^3 \text{ j/kg}$ وشره فلز 380 j/kg.k باشد ، چند گرم از یخ ذوب می شود؟



- مثال: درون ظرفی ۲۰۰ گرم یخ -۲۰- درجه سلیوس قرار دارد. حداقل چند گرم آب با دمای ۲۰ درجه سلیوس به آن اضافه کنیم، تا تمام یخ ذوب شود؟ (سراسری ریاضی ۹۲)
- (تبدیل گرما فقط بین آب و یخ انجام می شود و $C_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg.k}$ و $C_{\text{یخ}} = 2100 \text{ J/kg.k}$ و $L_f = 336 \text{ J/g}$)
- (۱) ۵۰ (۲) ۲۰۰ (۳) ۸۵۰ (۴) ۱۲۰۰