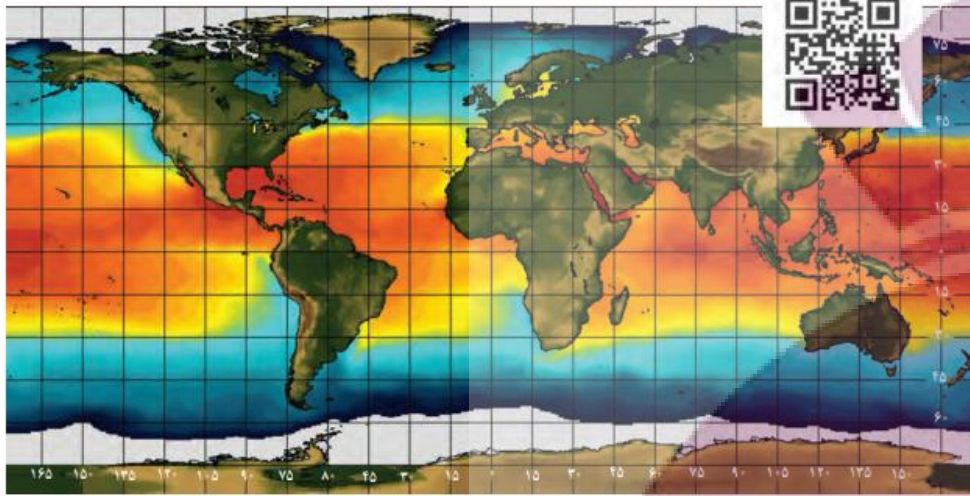


دما و گرما

دکتر شیخ احمدی





✂ در تصاویر ماهواره‌ای برای پیش‌بینی وضع هوا ☁ رنگ‌ها نشان‌دهنده گستره دمایی از کمترین (بنفش) تا بیشترین (قرمز) است.

📌 دما کمیتی است که میزان **گرمی** ☀ و **سردی** ❄ اجسام را نشان می‌دهد، یا میانگین انرژی جنبشی ذرات سازنده ماده می‌باشد.

به مشخصه قابل اندازه‌گیری که با **گرمی** ☀ و **سردی** ❄ تغییر می‌کند، کمیت دماسنجی می‌گویند.   
 📄 تغییر کمیت دماسنجی اساس کار دماسنج‌هاست.

📌 ساده‌ترین نوع دماسنج جیوه‌ای 📏 و الکلی 📏 می‌باشد، که کمیت دماسنجی ارتفاع مایع درون لوله دماسنج است. چون با تغییر دما دچار **کاهش** ⬇ یا **افزایش** ⬆ می‌شود.



درجه سلسیوس یا سانتی گراد

مبنی بر دو نقطه ثابت است، یکی دمایی که آب خالص در فشار جو  $1atm$  شروع **یخ زدن** می کند و دیگری دمای آب خالص که در فشار جو متعارف در حال **جوشیدن** است. (نقطه اول عدد صفر و نقطه دوم عدد ۱۰۰ می دهیم.) و فاصله بین دو نقطه به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم می شود و هر قسمت یک درجه است.

کلوین

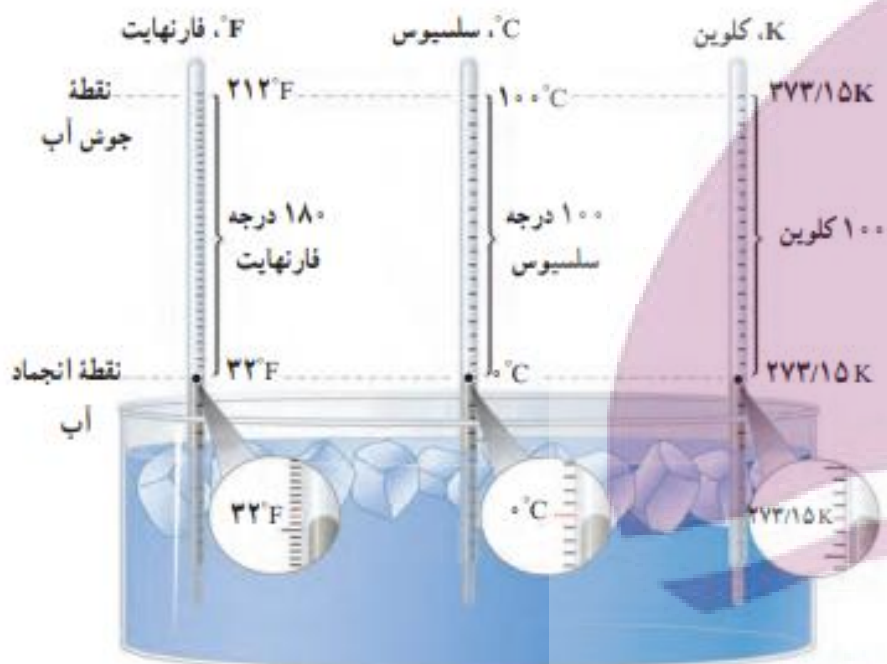
کلوین، که با  $T$  نمایش می دهیم و رابطه آن به صورت:

$$\begin{cases} T = \theta + 273/15 \\ \Delta T = \Delta \theta \end{cases}$$

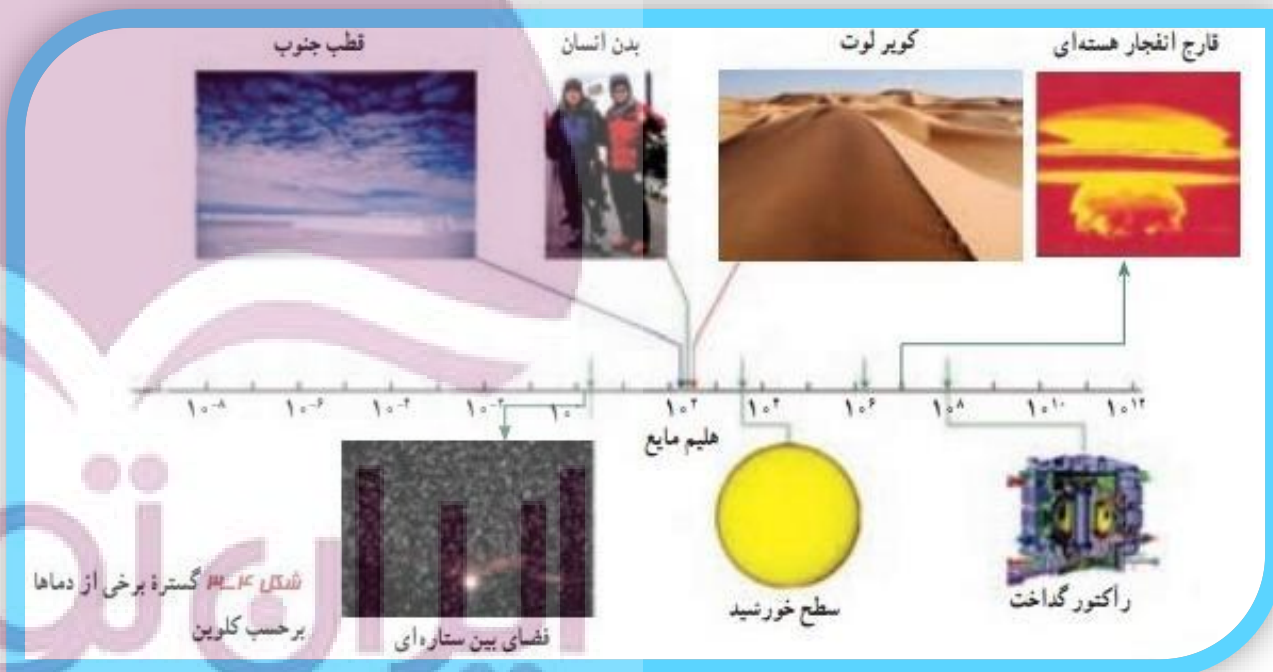
✗ بنابر رابطه جذر کلوین  $273/15 -$  است و این **کمترین دمای** ممکن نیز است؛ ولی برای دما، حد بالایی نداریم.

فارنهایت، که در صنعت و هواشناسی کاربرد دارد و با علامت  $F$  و  $^{\circ}F$  نشان می‌دهیم و رابطه به صورت:

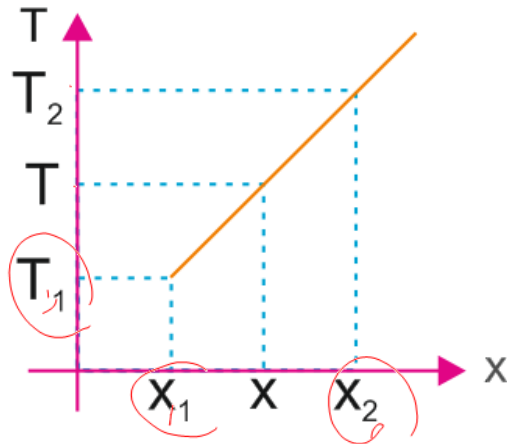
$$\begin{cases} F = \frac{9}{5}\theta + 32 \\ \Delta F = 1/8 \Delta\theta = 1/8 \Delta T \end{cases}$$



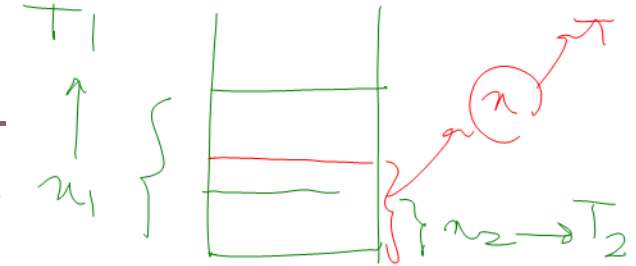
شکل ۴-۴ مقایسه یکاهای فارنهایت، سلسیوس و کلوین







$$\frac{T - T_1}{T_2 - T_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$



که فرض بر این است رابطه دماسنجی به صورت خطی تغییر می کند.

دماسنجی نقطه جوش آب خالص در فشار یک اتمسفر را  $160^\circ$  و نقطه انجماد آن را  $-40^\circ$  نشان می دهد. در چه دمایی بر حسب درجه سلسیوس، عدد این دماسنج، ۴ برابر دما بر حسب درجه ساسیوس است؟

۴۰ ④

۲۰ ③

-۲۰ ②

-۴۰ ①

Handwritten solution for the problem:

Let  $\theta$  be the temperature on the Celsius scale and  $\theta'$  be the temperature on the Fahrenheit scale.

Given:  $\theta = 160$  corresponds to  $\theta' = 0$  (Freezing point of water on Fahrenheit scale).

Given:  $\theta = -40$  corresponds to  $\theta' = 40$  (Freezing point of water on Fahrenheit scale).

Using the linear relationship:

$$\frac{\theta - 160}{-40 - 160} = \frac{\theta' - 0}{40 - 0}$$

$$\frac{\theta - 160}{-200} = \frac{\theta'}{40}$$

$$\theta - 160 = -5\theta'$$

$$\theta = -5\theta' + 160$$

Since  $\theta = 4\theta'$  (from the problem statement: 4 times the Celsius temperature equals the Fahrenheit temperature):

$$4\theta' = -5\theta' + 160$$

$$9\theta' = 160$$

$$\theta' = \frac{160}{9} \approx 17.78$$

Then  $\theta = 4\theta' = 4 \times \frac{160}{9} = \frac{640}{9} \approx 71.11$

However, the handwritten solution shows a different approach, leading to  $\theta = -20$ .

برای کارهای علمی سه دماسنج معیار داریم:

دماسنج گازی: براساس قانون گاز کامل است.

تفسنج (پیرومتر): براساس تابش گرمایی  است.

مقاومت پلاتینی

دماسنج مهم دیگر ترموکوپل است؛ که به دلیل دقت کمتر آن نسبت به دماسنج‌های معیار کنار گذاشته شده است. ولی کاربرد فراوانی در صنعت و آزمایشگاه دارد.

لفوری ← معیار

تاسی

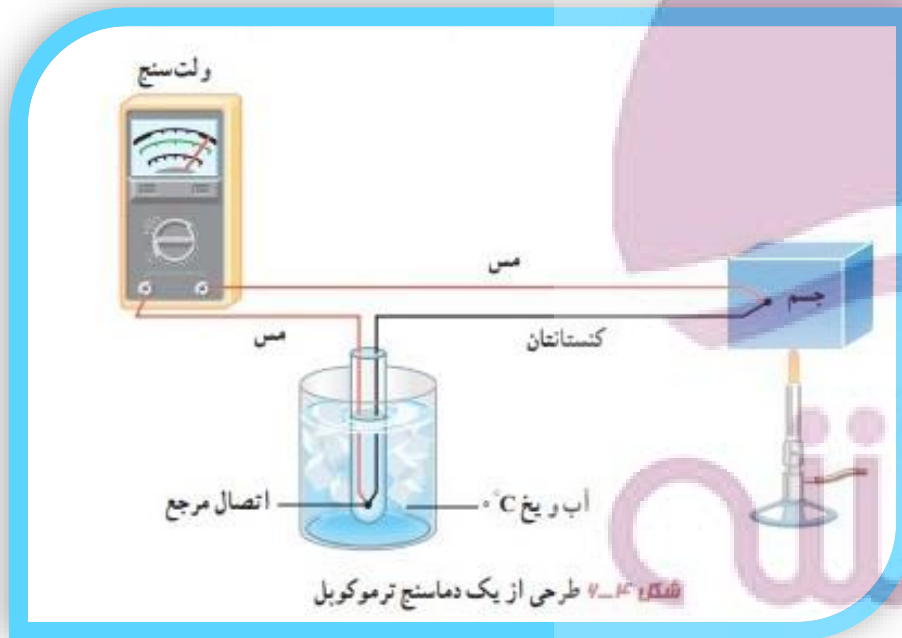
دما بالا ۱۱۰۰

ایران توننه

تپوشه ای برای موفقیت

📌 دو سیم رسانای غیر هم جنس مانند مس و کنستانتان از طرفی در دمای ذوب یخ و از طرف دیگر در مکانی که می-خواهیم اندازه گیری کنیم متصل اند.

این مجموعه به یک ولت سنج بسته می شود، پس کمیّت دماسنجی ولتاژ است. 📌 گستره دماسنجی به جنس سیم بستگی دارد. مثلاً در یک نوع خاص جنس سیم از آلیاژ خاص (آلیاژ آلومل) است، که گستره  $-270^{\circ}\text{C}$  تا  $1372^{\circ}\text{C}$  را اندازه می گیرد.



بدلیل جرم کوچک محل اتصال خیلی سریع دما را اندازه می گیرد و به تعادل گرمایی  می رسد.

 در مدارات الکتریکی به راحتی قرار می گیرد که در وسایل صنعتی، گرمایشی و سرمایشی یافت می شود.



 در دماسنج "کمینه - بیشینه" می تواند کمینه و بیشینه دما را در یک بازه زمانی نشان داد. ولی برای این چه مدتی در بازه زمانی در نزدیکی کدام بازه بوده است. باید از اندازه گیری و ثبت دما در فاصله زمانی پیاپی و معین در بازه زمانی کمک بگیریم. که با ابزار پیشرفته شدنی است.

ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلمن تورال



چند گزینه درست در مورد دما و گرما وجود دارند؟

(۱) اگر  $\Delta\theta = 10^\circ C$  باشد،  $\Delta F = 18^\circ F$  است. ✓

$$\Delta F = 18 \text{ و } \Delta\theta = 10$$

(۲) هنگام تزریق دارو یا سرم، در اثر الکل زدن به محل مورد نظر، احساس خنکی ایجاد شده به دلیل تبخیر سطحی است. ✓

(۳) افزایش فشار در بیش تر مواد باعث افزایش نقطه ذوب می شود.

(۴) افزایش فشار نقطه جوش آب را بالا می برد.

④ ۴

③ ۳

② ۲

① ۱

استاندارد

ارتفاع بالا می تونه من ← دهنه مرغ

حیرتی بخره ← دهنه بوس بالا

با توجه به دماسنج شکل مقابل، چه تعداد از مواد زیر صحیح است؟

(۱) به این نوع دماسنج‌ها، دماسنج نواری دو فلزه (بی‌متال) می‌گویند. ✓

(۲) این دماسنج از دو تیغه فلزی هم جنس، مانند برنج و یا آهن ساخته می‌شود. ✗

(۳) هر گاه این نوار، گرم یا سرد شود، نوار خم می‌شود. ✓

(۴) این دماسنج، بیشینه و کمینه دما را در یک مدت زمان معین نشان می‌دهد. ✗

① ۱

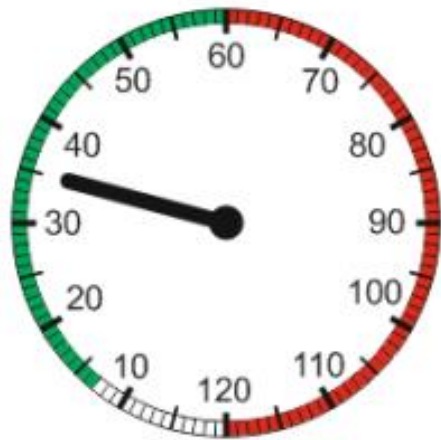
② ۲

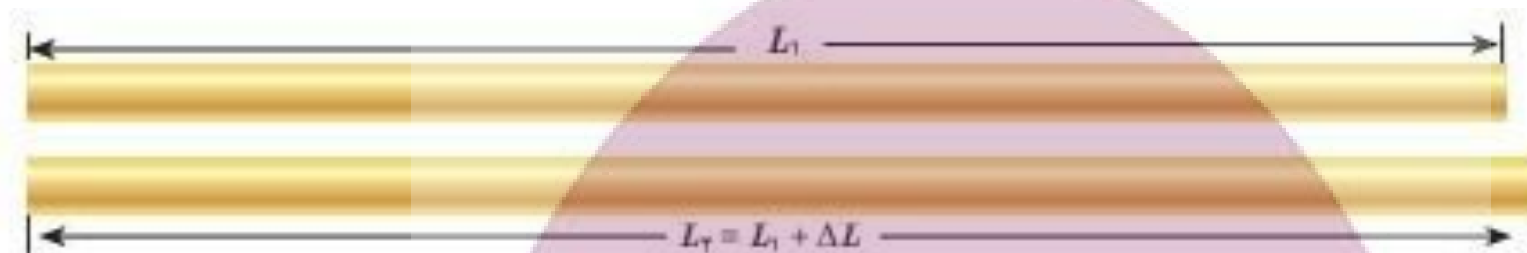
③ ۳

④ ۴

لحظه‌ای ✗

نیرعصم فن





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

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

$$\frac{\Delta L}{L_1} = \alpha \Delta\theta$$

ایران توتنه

توشه ای برای موفقیت

✎  $\propto$  ضریب انبساط طولی است و واحد آن  $\frac{1}{K}$  یا  $\frac{1}{^{\circ}C}$  است؛ که مقدار کوچکی است و علاوه بر جنس ماده به دما نیز اندکی وابسته است.

✂ برای رفع مشکل انبساط طولی در پل‌ها از بست انبساطی انگشتی که از جنس فلز است، استفاده می‌شود.  
✎ انبساط **گرمایی** ☀ مبتنی بر دیدگاه میکروسکوپی است؛ انبساط **گرمایی** ☀ یک جسم جامد پیامد فاصله بین اتم‌ها و مولکول‌هاست.

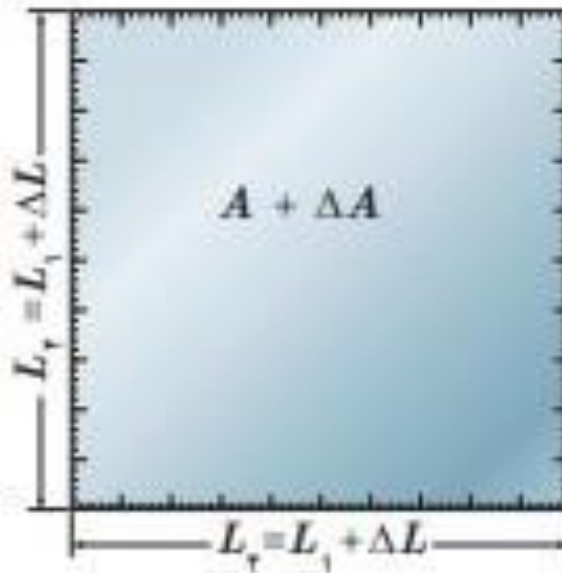
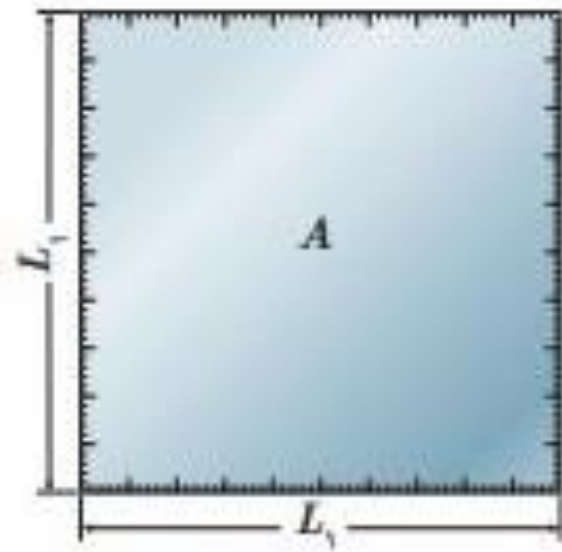
📖 در مایعات نیز با **افزایش دما** ↑ حرکت **کاتوره‌ای** اتم‌ها و مولکول‌ها زیاد می‌شود. این **افزایش** ↑ حرکت‌ها باعث دور شدن اتم‌ها و مولکول‌ها از هم می‌شود و حجم مایع **افزایش** ↑ می‌یابد.

ایران تونل

توشه ای برای موفقیت  
ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلمن تورال





$$A_2 = A_1(1 + 2 \propto \Delta\theta)$$

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

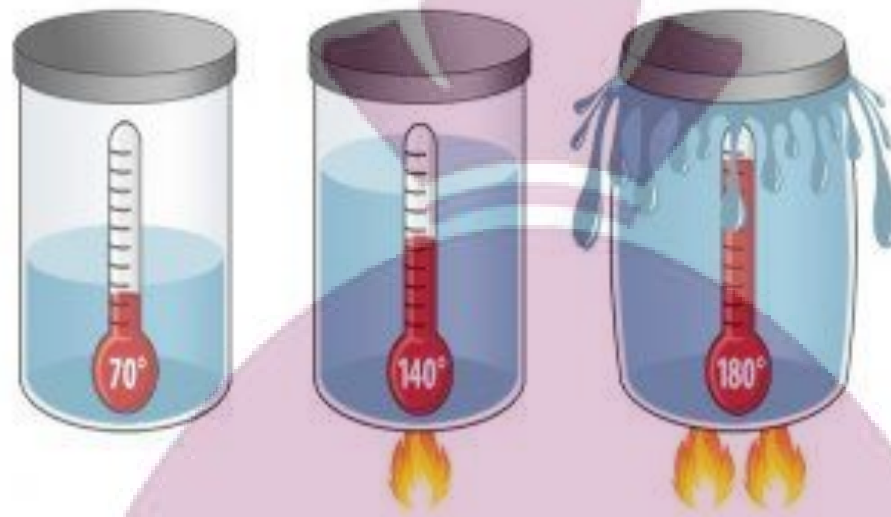
$$\frac{\Delta A}{A_1} = 2 \propto \Delta\theta$$

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال

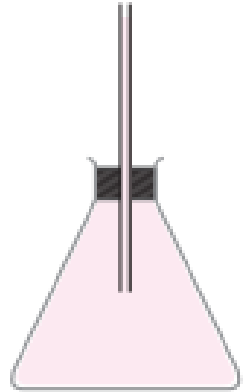


جامدات  $\begin{cases} V_2 = V_1(1 + 3 \alpha \Delta\theta) \\ \Delta V = 3V_1 \alpha \Delta\theta \end{cases}$

مایعات  $\begin{cases} V_2 = V_1(1 + B\Delta\theta) \\ \Delta V = BV_1\Delta\theta \end{cases}$

انبساط مایعات به دلیل اینکه شکل خاصی ندارند؛ فقط به صورت حجمی است.

$$\Delta V = BV\Delta\theta - 3\alpha V\Delta\theta = (B - 3\alpha)V\Delta\theta$$



ارلنی شیشه‌ای با ضریب انبساط طولی  $9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  را که در دمای  $20^\circ\text{C}$  گنجایشی برابر با  $200\text{ cm}^3$  دارد، مطابق شکل با گلیسرین در همان دما پر کرده‌ایم. اگر دمای ظرف و گلیسرین را به  $60^\circ\text{C}$  برسانیم (الف) آیا گلیسرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟

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

**پاسخ:**

(الف) افزایش حجم گلیسرین و افزایش گنجایش ظرف را با استفاده از رابطه‌های ۴-۴ و ۵-۴ محاسبه می‌کنیم.

$$\Delta V_{\text{گلیسرین}} = \beta_{\text{گلیسرین}} V_1 \Delta T = (49 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C})(200\text{ cm}^3)(60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 3/9\text{ cm}^3$$

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = \beta_{\text{شیشه}} V_1 \Delta T = (3\alpha_{\text{شیشه}}) V_1 \Delta T = (3 \times 9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C})(200\text{ cm}^3)(60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 0/20\text{ cm}^3$$

در این محاسبه از جدول ۴-۲ برای ضریب انبساط حجمی گلیسرین استفاده کرده‌ایم؛ چون افزایش حجم گلیسرین بیش از افزایش گنجایش ظرف است، پس گلیسرین از ظرف سرریز می‌شود.

(ب) حجم گلیسرین سرریز شده برابر است با

$$\Delta V_{\text{گلیسرین}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = (3/9\text{ cm}^3 - 0/20\text{ cm}^3) = 3/7\text{ cm}^3$$

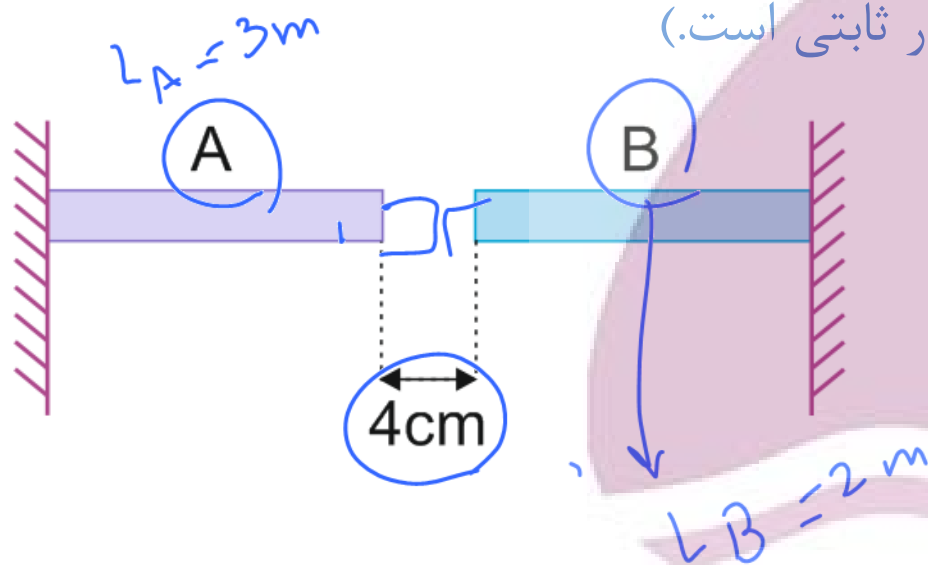
دو میله فلزی  $A$  و  $B$  در دمای  $20^\circ\text{C}$  به ترتیب دارای طول‌های  $50\text{cm}$  و  $70\text{cm}$  می‌باشند. دمای دو میله را  $30^\circ\text{C}$  افزایش می‌دهیم، باز هم اختلاف طول آن‌ها  $20\text{cm}$  می‌شود. نسبت ضریب انبساط طولی میله  $A$  به ضریب انبساط طولی میله  $B$  کدام است؟

$$\Delta L_A = \Delta L_B$$

$$L_A \alpha_A \cancel{\Delta \theta_A} = L_B \alpha_B \cancel{\Delta \theta_B}$$

$$\frac{\alpha_A}{\alpha_B} = \frac{L_B}{L_A} = \left( \frac{7}{5} \right)$$

دو میله فلزی A و B از یکدیگر  $4\text{cm}$  فاصله دارند. با فرض این که  $L_A = 3\text{m}$  و  $L_B = 2\text{m}$  و ضریب انبساط طولی فلزهای A و B به ترتیب  $4 \times 10^{-5} \frac{1}{K}$  و  $2 \times 10^{-5} \frac{1}{K}$  باشد، دمای هر یک از دو جسم را به اندازه  $\theta^\circ \text{C}$  افزایش می دهیم تا دو میله به هم برسند.  $\theta$  کدام است؟ (فاصله دو دیواره از هم مقدار ثابتی است.)



$$285 \text{ (2)}$$

$$500 \text{ (4)}$$

$$250 \text{ (1)}$$

$$400 \text{ (3)}$$

$$\Delta L_A + \Delta L_B = 4\text{cm}$$

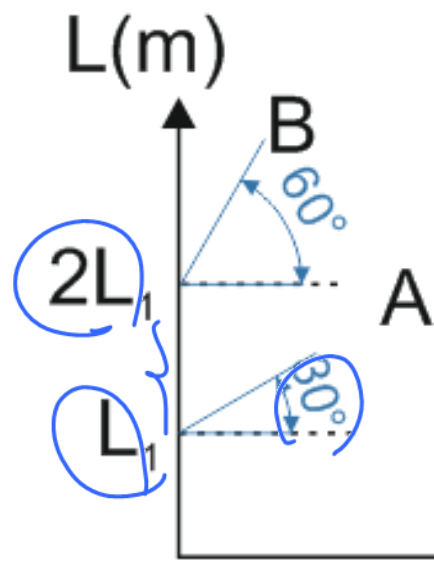
$$3 \times 4 \times 10^{-5} \times \theta + 2 \times 2 \times 10^{-5} \times \theta = 4$$

$$\theta = 250$$



نمودار طول بر حسب تغییرات دما برای دو میله  $A$  و  $B$  به صورت شکل زیر است. اگر ضریب انبساط طولی میله‌های  $A$  و  $B$  به ترتیب برابر با  $\alpha_A$  و  $\alpha_B$  باشد،  $\frac{\alpha_A}{\alpha_B}$  کدام است؟

- ①  $\frac{1}{6}$   
②  $\frac{3}{2}$   
③  $\frac{2}{3}$   
④  $\frac{1}{2}$



②  $\frac{2}{3}$

④  $\frac{1}{6}$

$$\tan \gamma = \frac{\Delta L}{\Delta \theta} = L_0 \alpha$$

$$\frac{\tan A}{\tan B} = \frac{L_0 A \alpha_A}{L_0 B \alpha_B} \Rightarrow \frac{\tan 60}{\tan 30} = \frac{L_1 \alpha_A}{2L_1 \alpha_B}$$

$$\frac{\alpha_A}{\alpha_B} = \frac{2}{3}$$



در دمای صفر درجه سلسیوس، مجموع طول میله‌های به هم چسبیده  $L_1$  و  $L_2$  با طول میله  $L_3$  برابر است و ضریب انبساط طولی میله‌ها به ترتیب  $a_1$  و  $a_2$  و  $a_3$  است. اگر در هر دمای بالاتر از صفر نیز این تساوی طول برقرار باشد، کدام رابطه درست است؟

$$\textcircled{1} a_3 = a_1 + a_2$$

$$\textcircled{2} a_3 = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

$$a_3 = \frac{L_1 a_1 + L_2 a_2}{L_3} \quad \textcircled{3}$$

$$\textcircled{4} a_3 = \frac{|L_1 a_1 - L_2 a_2|}{L_3}$$

$$L_1 \alpha_1 + L_2 \alpha_2 = L_3 \alpha_3$$

$$\alpha_3 = \frac{L_1 \alpha_1 + L_2 \alpha_2}{L_3}$$

دو میله  $A$  و  $B$  با ضرایب انبساطی طولی  $\alpha_A = 11 \times 10^{-6} K^{-1}$  و  $\alpha_B = 18 \times 10^{-6} K^{-1}$  در دمای یکسان  $\theta$  قرار دارند. اگر در دمای  $\theta$  و بالاتر از آن، اختلاف طول دو میله ثابت و برابر  $3/5 \text{ cm}$  باشد، طول میله‌های  $A$  و  $B$  در دمای  $\theta$  به ترتیب از راست به چپ، چند سانتی‌متر است؟

① 6/5, 10

③ 5/5, 9

② 8/5, 12

④ 2/5, 6

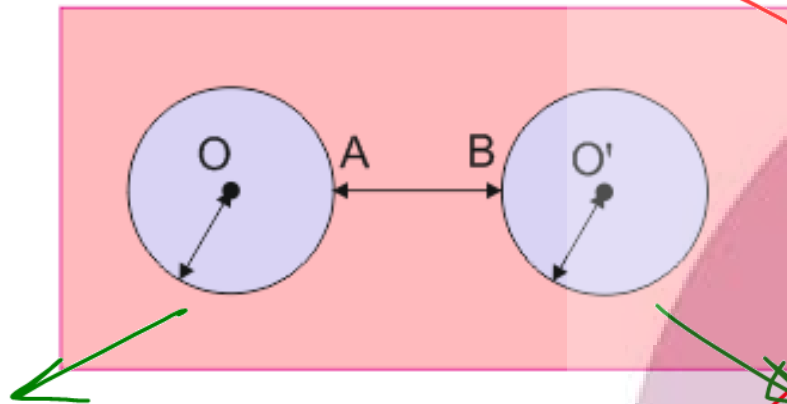
ایران توننه

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال

ضریب انبساط سطحی صفحه نشان داده شده در شکل زیر  $10^{-4} K^{-1}$  است. اگر دما را  $72^\circ F$  افزایش دهیم، با کدام رویداد مواجه خواهیم شد؟



- افزایش
- ① فاصله بین مراکز دو دایره تغییری نمی‌کند.
  - ② مساحت دایره‌ها،  $0/8$  درصد افزایش می‌یابد.
  - ③ فاصله بین دو نقطه A و B،  $0/2$  درصد افزایش می‌یابد.
  - ④ مساحت کل صفحه  $0/36$  درصد افزایش می‌یابد.

$$\Delta F = \frac{2}{5} \Delta \theta \rightarrow 72 = \frac{2}{5} \Delta \theta$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{\Delta A}{A} = 2\alpha \Delta \theta = 10^{-4} \times 40 \times 100 = 0.4\% \quad \Delta \theta = 40$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{\Delta L}{L} = \alpha \Delta \theta = \frac{1}{2} \times 10^{-4} \times 40 \times 100 = 0.2\%$$

درون یک ورقه مربع شکل به طول  $12\text{cm}$ ، دایره‌ای به قطر  $10\text{cm}$  خارج کرده و از داخل این دایره سیمی از جنس دیگر به قطر  $8\text{cm}$  عبور داده‌ایم. چنانچه ضریب انبساط خطی ورقه  $\frac{1}{10^{-2}C}$  باشد، اگر بخواهیم مساحت قسمت خالی سطح روزنه همواره ثابت بماند، باید ضریب انبساط خطی سیم چند  $\frac{1}{C}$  باشد؟ (تغییرات دمای سطح ورقه و سیم را یکسان فرض کنید).

①  $\frac{1}{64}$

③  $0/64$

②  $\frac{1}{8}$

④  $0/08$

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت  
ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلمن تورال



درون یک کره فلزی به شعاع  $10\text{cm}$ ، دو حفره کروی به شعاع  $1\text{cm}$  مطابق شکل زیر وجود دارد. اگر دمای کره را  $100^\circ$  افزایش دهیم، فاصله مرکز دو حفره از هم چند سانتی متر می شود؟  $(\alpha_{\text{فاز}} = 2 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}})$

$\Delta\theta$

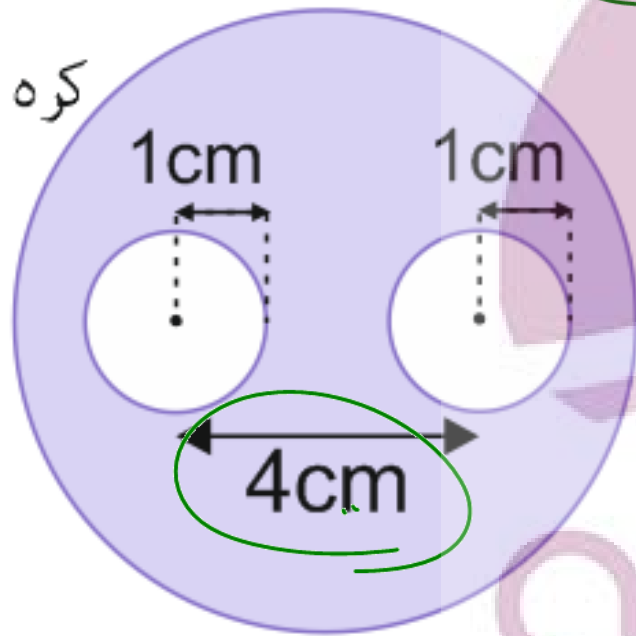
① 4

③ 4/004

انبساط منطی

④ 4/008

کره فلزی



$$\Delta L = L \alpha \Delta\theta = 4 \times 2 \times 10^{-5} \times 100 = 0.008$$

$$L = 4 + 0.008 = 4.008$$

یک ظرف شیشه‌ای را که در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  گنجایشی برابر با  $200\text{cm}^3$  دارد، با گلیسرین در همان دما پر کرده‌ایم. اگر دمای ظرف و گلیسرین را به  $70^{\circ}\text{C}$  برسانیم، مقدار  $\frac{4}{73}\text{cm}^3$  گلیسرین سرریز می‌شود. ضریب انبساط حجمی گلیسرین در  $SI$  کدام است؟  $(a_{\text{شیشه}} = 9 \times 10^{-6} \frac{1}{K})$

①  $5 \times 10^{-5}$

③  $\frac{4}{5} \times 10^{-5}$

②  $5 \times 10^{-4}$

④  $\frac{4}{5} \times 10^{-4}$

$$\Delta V = (B - 3\alpha) V \Delta \theta$$

$$4,73 = (B - 3 \times 9 \times 10^{-6}) \times 200 \times 50$$

$$\rightarrow B = ?$$

درون ظرف فلزی استوانه‌ای شکلی به ضریب انبساط طولی  $\frac{1}{K} \times 10^{-5} \times 5$ ، مایعی به ضریب انبساط حجمی  $\frac{3}{55}$

می‌ریزیم. دمای مجموعه را چند کلوین افزایش دهیم تا ارتفاع مایع درون ظرف ۵ درصد افزایش یابد؟ (دمای ظرف و مایع درون آن همواره برابر است و مایع از ظرف بیرون نمی‌ریزد. همچنین از تبخیر سطحی مایع صرف نظر کنید.)

100 ①

473 ③

200 ②

373 ④

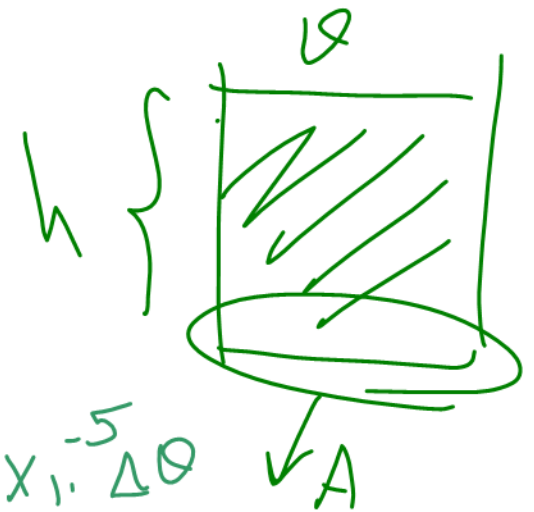
$$\Delta h = 5\%$$

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

$$35,5 \times 10^{-5} = B$$

$$h_2 = \frac{V_2}{A_2} = \frac{V_1 (1 + B \Delta \theta)}{A_1 (1 + 2\alpha \Delta \theta)} \Rightarrow$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1 + B \Delta \theta}{1 + 2\alpha \Delta \theta} \rightarrow \frac{1,05}{1} = \frac{1 + 35,5 \times 10^{-5} \Delta \theta}{1 + 2 \times 5 \times 10^{-5} \times \Delta \theta}$$



$$\Delta \theta = \Delta T = 200$$

داخل دو ظرف استوانه‌ای مایعی به ضریب انبساط حجمی  $\beta = 0.8 \times 10^{-3} \frac{1}{K}$  ریخته‌ایم و فشار ناشی از مایع در کف ظرف‌ها یکسان است. اگر دمای مایع در ظرف‌ها به ترتیب برابر با  $\theta_1 = 20^\circ C$  و  $\theta_2 = 70^\circ C$  باشد، نسبت ارتفاع مایع در ظرف‌ها  $\left(\frac{h_2}{h_1}\right)$  برابر کدام است؟

④ 9/6

③ 10/4

② 1/04

① 0/96

$$P_1 = P_2 \rightarrow P_1 / \rho g h_1 = P_2 / \rho g h_2$$

$$\rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

$$\Delta \theta_2 > \Delta \theta_1 \rightarrow \Delta V_2 > \Delta V_1 \rightarrow h_2 > h_1 \rightarrow P_2 < P_1$$

$$\Rightarrow \frac{h_2}{h_1} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{P_1}{P_1(1 - \beta \Delta \theta)} \rightarrow$$

مکعب مستطیلی از جنس فلز به ابعاد  $3\text{cm} \times 4\text{cm} \times 12\text{cm}$  در اختیار داریم. درون این مکعب مستطیل یک حفره تو خالی است. مکعب مستطیل را تا دمای مشخص گرم می کنیم. اگر قطر مکعب مستطیل  $3/9\text{ mm}$  و حجم قسمت فلزی آن  $9720\text{mm}^3$  افزایش یابد، حجم حفره تو خالی بیش از افزایش دما چند سانتی متر مکعب است؟

① 36      ② 12      ③ 54      ④ 24

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت  
ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال



در شکل زیر دو میله آهنی و آلومینیمی هم‌دما هر یک به طول  $20m$  به گونه‌ای قرار داده شده‌اند که بین آن‌ها فاصله‌ای وجود دارد. دمای هر دو میله را حداقل چند درجه سلسیوس افزایش دهیم تا با یکدیگر تماس پیدا کنند؟

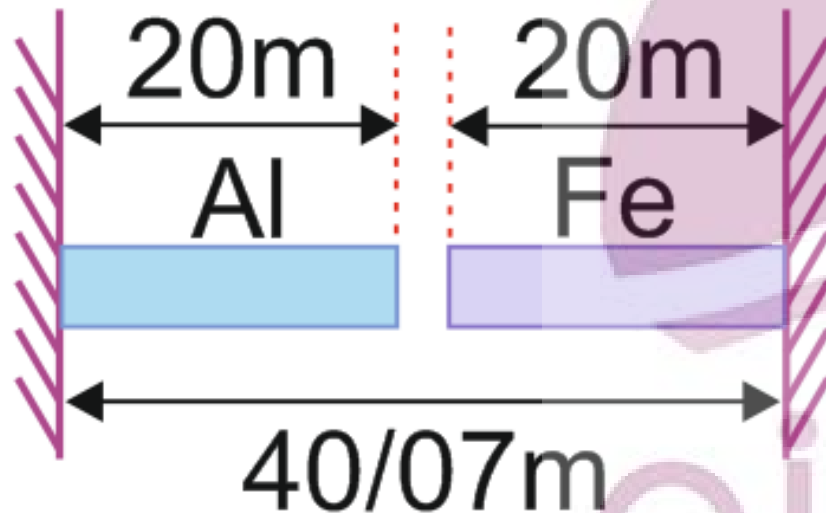
$$\left( a_{Al} = 23 \times 10^{-6} \frac{1}{K} \cdot a_{Fe} = 12 \times 10^{-6} \frac{1}{K} \right)$$

۱۰۰ ①

۲۰۰ ②

۴۰۰ ④

۳۰۰ ③



ایران تونش

توشه ای برای موفقیت  
ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال

طول یک قطعه ریل در زمستان برابر  $16m$  است. برای این که در فاصله  $۸۰۰۸$  متری بین دو شهر در تابستان و در دمای  $40^{\circ}C$  آسیبی به ریل‌ها نرسد، باید  $۵۰۰$  تا از این ریل‌ها را پشت سر هم قرار داد. حداقل دمای زمستان چند درجه سلسیوس بوده است؟ (ضریب انبساط طولی فلز ریل‌ها  $\frac{1}{K} \times 10^{-5} \times 2$  است و دما در زمستان را به عنوان دمای مرجع در نظر بگیرید.)

① -10

② -5

③ صفر

④ -20

$$\text{متر ریل} = 500 \times 16 = 8000m$$

$$\Delta L = 8008 - 8000 = 8m \rightarrow \frac{8}{500}$$

$$\Delta L = \frac{8}{500} = 16 \times 2 \times 10^{-5} \times (\theta - 40) \rightarrow \theta = ?$$

در یک روز گرم، یک تانکر حامل سوخت با ۳۰۰۰۰ لیتر بنزین بارگیری می‌شود. هوا در محل تحویل سوخت  $50^{\circ}\text{C}$  سردتر از محل بارگیری سوخت است. راننده چند لیتر سوخت تحویل می‌دهد؟

( $\beta_{\text{بنزین}} = 10^{-3} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$  و از تبخیر بنزین صرف‌نظر شود.)

30000 ①

31500 ③

28500 ②

29500 ④

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلمن تورال

# رابط چگالی با افزایش دما

$$\begin{cases} \rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + B\Delta\theta} = \rho_1(1 - B\Delta\theta) \\ \rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + 3\alpha\Delta\theta} = \rho_1(1 - 3\alpha\Delta\theta) \end{cases}$$

دمای یک میله فلزی از  $\theta_1$  به  $\theta_2$  می‌رسد. اگر طول آن 0/1 درصد افزایش یابد، چگالی آن تقریباً .....  
 0/1 ① درصد کاهش می‌یابد.  
 0/1 ③ درصد افزایش می‌یابد.  
 0/3 ② کاهش می‌یابد.  
 0/3 ④ درصد افزایش می‌یابد.

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha \Delta\theta = 0/1$$

$$\rho_2 = \rho_1(1 - 3\alpha\Delta\theta) \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = (1 - 3 \times 0/1) = 0/7$$

اگر دمای آب درون سه ظرف (۱)، (۲) و (۳) به ترتیب  $39/2^{\circ}\text{F}$ ،  $14^{\circ}\text{C}$  و  $276\text{K}$  باشد و چگالی آب درون ظرف‌های (۱)، (۲) و (۳) را به ترتیب  $\rho_1$ ،  $\rho_2$  و  $\rho_3$  بنامیم، کدام گزینه در مورد مقایسه چگالی آب درون این سه ظرف صحیح است؟

②  $\rho_2 > \rho_1 > \rho_3$

④  $\rho_3 > \rho_1 > \rho_2$

①  $\rho_3 = \rho_2 = \rho_1$

③  $\rho_1 > \rho_3 > \rho_2$

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت  
ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال

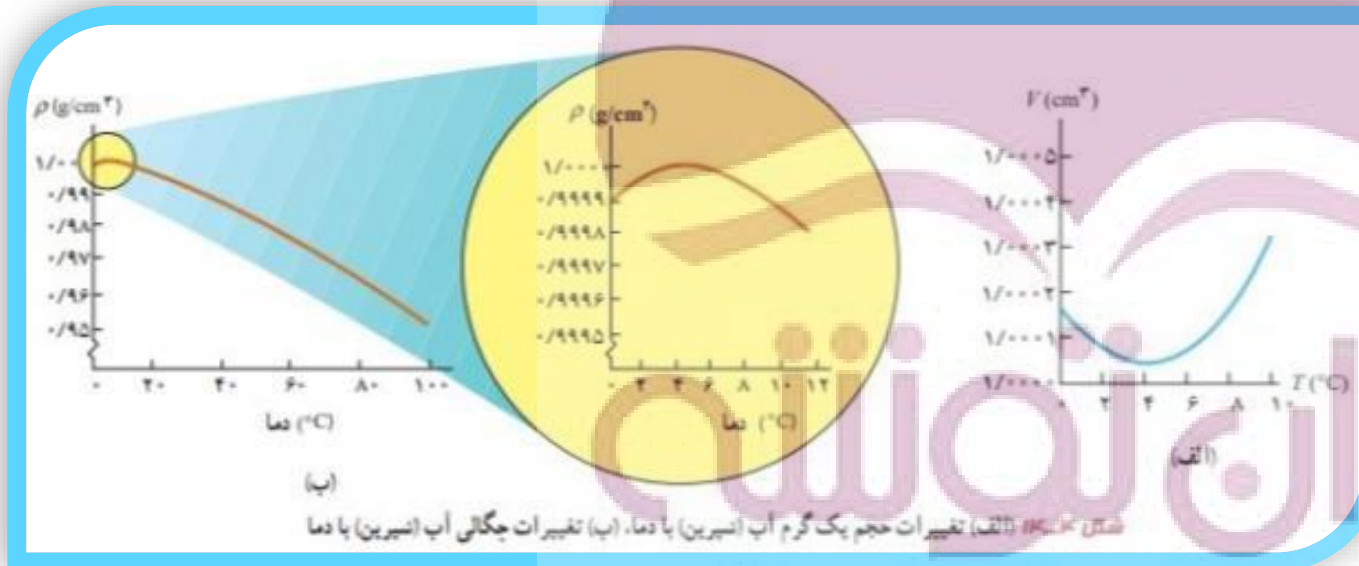


## انبساط غیر عادی آب

در بازه ۰ تا ۴ درجه با افزایش دما  $\uparrow$  حجم کاهش  $\downarrow$  و چگالی افزایش  $\uparrow$  می‌یابد و این باعث می‌شود، دریاچه‌ها به جای اینکه از پایین به بالا یخ بزنند؛ از بالا به پایین یخ می‌زنند و موجودات زیر آب زنده می‌مانند.

رفتار آب را می‌توان با ساختار مولکول‌های آن در یخ توضیح داد. مولکول‌های آب در یخ شبکه بلوری تشکیل می‌دهند، به طوریکه مولکول‌ها در برخی نواحی به هم خیلی نزدیک و برخی نواحی خیلی از هم دورند. وقتی آب از یخ به مایع تبدیل می‌شود؛ ساختار شبکه بلوری می‌شکند و آرایش مولکول‌ها یکنواخت می‌شود و حجم اشغال شده کاهش  $\downarrow$  می‌یابد در بازه ۰ تا ۴ درجه سلسیوس بقایای ساختار مولکولی یخ هنوز در آب وجود دارد و باعث انبساط غیر عادی آب می‌شود.

آب در حالت مایع تشکیل شبکه بلوری نمی‌دهد.



☀ انرژی که بخاطر اختلاف دما بین دو جسم منتقل می‌شود. واحد گرما  $J$  کالری ( $cal$ ) می‌باشد.

✎ اگر دو جسم دارای دمای یکسانی باشند؛ گوییم به تعادل گرمایی ☀ رسید اند.

✂ آزمایش ژول نشان داد، کار نیروی وزن برابر با مقدار گرمای ☀ لازم برای افزایش دمای ↑ آب است.

📝 اشاره کردن به گرمای موجود در یک جسم نادرست است. گرما مربوط انرژی در حال گذار است، پس عبارت گرما یک جسم نادرست است.

📁 وقتی دو جسم سرد و گرم در تماس با یکدیگرند، از دیدگاه میکروسکوپی

تعادل گرمایی اتفاق می‌افتد. اگر دو جسم به تعادل گرمایی ☀ برسند، انتقال گرما دیگر صورت نمی‌گیرد.



شکل ۴-۱ نمونه‌ای از آزمایش ژول؛ در این آزمایش نشان داده می‌شود کار نیروی وزن برابر با مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای آب است.



**شکل ۴-۱۷** وقتی دو جسم با دمای متفاوت را در تماس با یکدیگر قرار می‌دهیم، انرژی از جسم گرم به جسم سرد، منتقل می‌شود. با رسیدن به تعادل گرمایی، دیگر گرمایی منتقل نمی‌شود.

وقتی دو جسم سرد و گرم در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند، از دیدگاه میکروسکوپی، آنچه که اتفاق می‌افتد کاهش انرژی‌های پتانسیل و جنبشی مربوط به حرکت‌های کاتوره‌ای اتم‌ها، مولکول‌ها و سایر اجزای میکروسکوپی داخل جسم گرم، و افزایش همین انرژی‌ها در داخل جسم سرد است تا آنکه دو جسم به تعادل گرمایی برسند (شکل ۴-۱۶).

📝 **گرمای** ویژه مقدار **گرمایی** ☀ است که به یک کیلوگرم از جسم داده می‌شود تا دما آن یک درجه سلسیوس یا کلون تغییر کند.

$$Q = mc\Delta\theta \quad c: J/kgK$$

✎ ظرفیت **گرمایی** ☀ جسم به جنس جسم و جرم آن بستگی دارد.

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$C: J/K$$

🌀 **گرمای** ویژه یک جسم به جنس ماده تشکیل‌دهنده و دما بستگی دارد.

تبادل گرمایی

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$$

$$m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta - \theta_3) + \dots = 0$$

ایران نوننه

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلمن تورال



## گرماسنج و گرماسنجی: گرماسنج که به آن کالری متر نیز می‌گویند شامل ظرفی

است در پوش‌دار که به خوبی عایق‌بندی گرمایی شده است (شکل ۴-۱۹). این ظرف در آزمایش‌های گرماسنجی مانند تعیین گرمای ویژه اجسام، به کار می‌رود. در گرماسنج مقداری آب با جرم معین می‌ریزیم و پس از هم‌دماشدن آب و گرماسنج، دمای آب را اندازه می‌گیریم. سپس جسمی را که می‌خواهیم گرمای ویژه‌اش را پیدا کنیم و جرم و دمای اولیه آن معلوم است، درون گرماسنج قرار می‌دهیم. آنگاه به کمک همزن آب را به هم می‌زنیم تا مجموعه سریع‌تر به دمای تعادل برسد. پس از برقراری تعادل گرمایی، دمای تعادل را اندازه می‌گیریم. با استفاده از رابطه‌های (۴-۸) و (۴-۹) و با چشم‌پوشی از اثر ناچیز دماسنج و همزن در مبادله گرما داریم:

$$Q_{\text{ظرف}} + Q_{\text{جسم}} + Q_{\text{آب}} = 0$$

$$m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_{\text{آب}}) + m_{\text{جسم}} c_{\text{جسم}} (\theta - \theta_{\text{جسم}}) + m_{\text{ظرف}} c_{\text{ظرف}} (\theta - \theta_{\text{ظرف}}) = 0$$

به کمک این رابطه می‌توانیم گرمای ویژه جسم را به دست آوریم. معمولاً در مورد گرماسنج به جای آنکه جرم و گرمای ویژه ظرف گرماسنج را جداگانه معلوم کنند، ظرفیت گرمایی ظرف گرماسنج را مشخص می‌کنند.



شکل ۴-۱۹ (الف) عکسی واقعی و (ب) طرحی از نمای داخلی یک گرماسنج



مایع 2

$$\begin{array}{c} m_2 \\ c_2 \\ \theta_2 \end{array}$$

مایع 1

$$\begin{array}{c} m_1 \\ c_1 \\ \theta_1 \end{array}$$

$$\rightarrow \theta_e$$

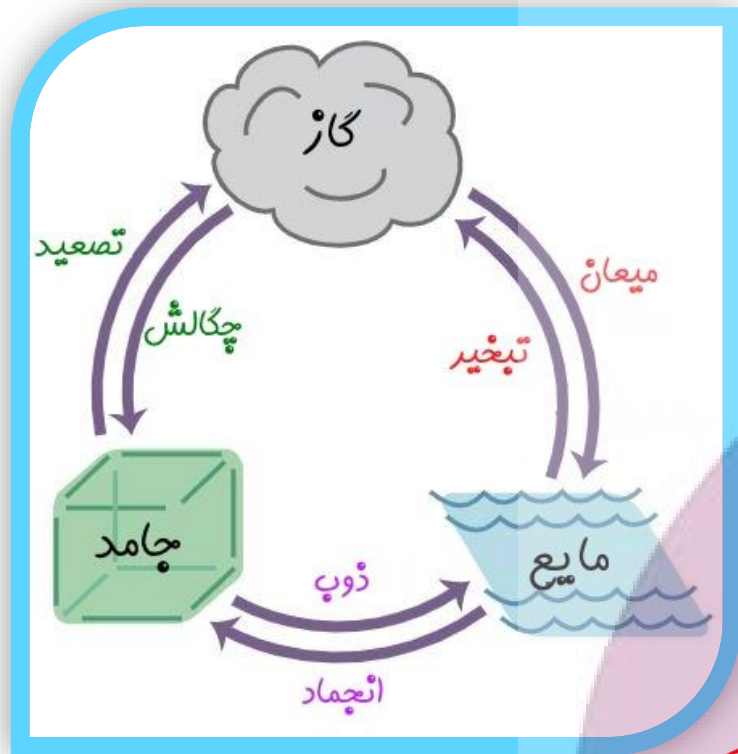
$$\theta_2$$

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$m_1 c_1 (\theta_e - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_e - \theta_2) = 0$$

آراده‌اش به:

$$Q_1 + Q_2 - Q = 0$$



در تغییر حالت دما ثابت است و **افزایش**  $\uparrow$  دما متوقف می شود.

نقطه ذوب به جنس جسم و فشار بستگی دارد و به جز چند مورد خاص، حجم جامدهای بلورین هنگام ذوب شدن **افزایش**  $\uparrow$  می یابد.

برخلاف جامد بلورین، جامد بی شکل مانند شیشه و جامد ناخالص مانند قیر نقطه ذوب مشخص ندارد و بیش از ذوب شان خمیری شکل می شوند.

معمولاً **افزایش**  $\uparrow$  فشار دارد و جسم سبب بالا رفتن نقطه ذوب می شود. ولی در مواردی مانند یخ، **افزایش**  $\uparrow$  فشار **کاهش**  $\downarrow$  نقطه ذوب می انجامد که در مورد یخ ناچیز است.

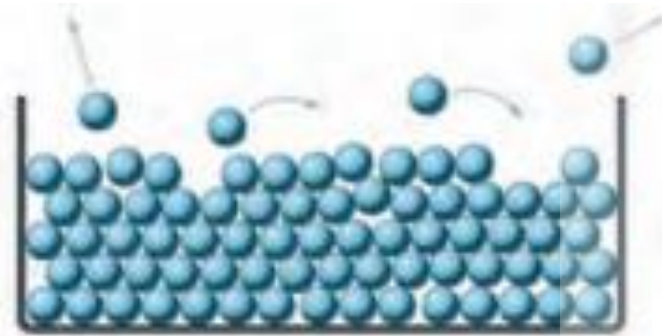
ایران توننه

تبوشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلمن تورال

وجود ناخالصی باعث افتادن نقطه انجماد می شود.



شکل ۴-۳ در حین تبخیر سطحی،  
مولکول های برانرژی تر از سطح مایع  
می گریزند.

در پدیده تبخیر سطحی مانند خشک شدن سریع یک زمین خیس در هوای گرم **تندی** مولکول ها به حدی برسد که می تواند از سطح مایع فرار کند و آهنگ رخ دادن این فرآیند به دما و مساحت سطح بستگی دارد.

در جوشیدن کل مایع در فرآیند تبخیر حرکت می کند.

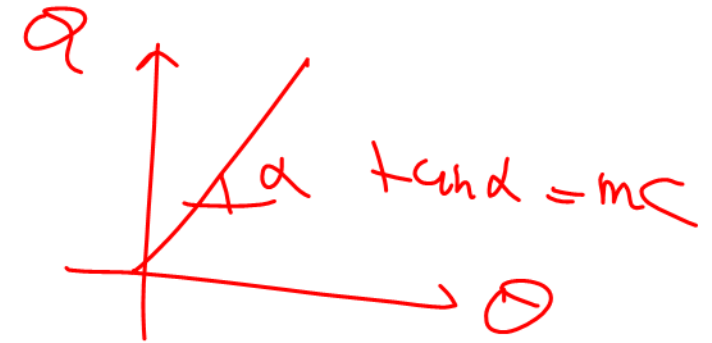
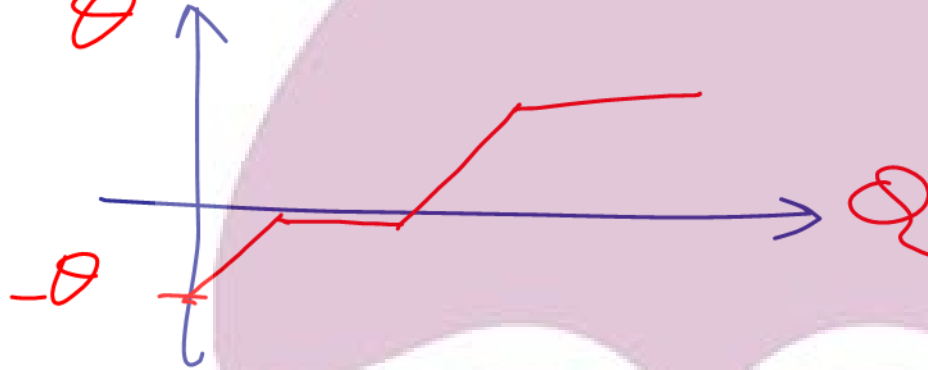
به فرآیند تبخیر تا پیش از رسیدن به نقطه جوش، تبخیر سطوح و به فرآیند تبخیر در نقطه جوش، جوشیدن گویند.

در فرآیند تغییر حالت دما تغییر نمی کند، اما انرژی درونی ماده تغییر می کند.





$$Q_T = (mc \Delta \theta)_\Sigma + mL_F + (mc \Delta \theta)_{-T} + mL_v$$



$$Q = mc \Delta \theta$$

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت

## مثال ۴-۱۳

۲/۰ لیتر آب را درون یک کتری برقی با توان الکتریکی ۱/۵ kW می‌ریزیم و آن را روشن می‌کنیم.  
 الف) از شروع جوشیدن تا تبخیر همه آب درون کتری چقدر گرما به آب داده می‌شود؟  
 ب) چه مدت طول می‌کشد تا این فرایند انجام شود؟ فرض کنید تمام انرژی الکتریکی تبدیل شده به انرژی گرمایی، به آب می‌رسد.  
 پاسخ:

الف) با توجه به رابطه ۴-۱۱ و جدول ۴-۶ داریم:

$$Q = mL_v = (2/0 \text{ kg})(2256 \times 10^3 \text{ J/kg}) = 4/5 \times 10^6 \text{ J}$$

ب) آن گاه با استفاده از رابطه توان خواهیم داشت:

$$Q = P\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{Q}{P} = \frac{4/5 \times 10^6 \text{ J}}{1/5 \times 10^3 \text{ J/s}} = 4/0 \times 10^3 \text{ s} = 50 \text{ min}$$



## فعالیت ۴-۶



برف و یخ دو شکل آشنای حالت جامد آب هستند، اما با وجود این، ظاهر متفاوتی دارند. دلیل این امر را تحقیق کنید.

## فعالیت ۴-۷

تحقیق کنید وجود ناخالصی در مایع چه تأثیری بر نقطه انجماد آن دارد.

ایران تونته

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال

## فعالیت ۴-۸



- الف) بررسی کنید از دیدگاه مولکولی، افزایش دما و افزایش مساحت سطح مایع چگونه بر آهنگ تبخیر سطحی مایع اثر می‌گذارد؟
- ب) با بررسی تبخیر سطحی در شرایط مختلف سعی کنید از راه تجربه، عامل یا عامل‌های دیگری را پیدا کنید که بر آهنگ تبخیر سطحی مؤثر باشند.
- پ) تحقیق کنید کوزه‌های سفالی چگونه می‌توانند آب داخل خود را خنک کنند.

## فعالیت ۴-۹

از تفاوت نقطه جوش اجسام مختلف در صنعت، استفاده زیادی می‌شود. تحقیق کنید چگونه از این ویژگی برای جدا کردن محصولات نفتی استفاده می‌شود؟

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال

## پوشش ۴-۴

چرا در جدول ۴-۵ گرمای نهان تبخیر آب با افزایش دمای آن کاهش می‌یابد؟

## پوشش ۴-۵

الف) چرا غذا در دیگ زودپز، زودتر پخته می‌شود؟  
 ب) دلیل دیرتر پخته شدن تخم مرغ در ارتفاعات چیست؟ کوهنوردان برای رفع این مشکل چه کاری انجام می‌دهند؟

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال

به کره فلزی توخالی با شعاع خارجی  $2\text{cm}$  و چگالی اولیه  $15000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  و گرمای ویژه  $400 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$ ، به مقدار  $6000\text{J}$  گرما می‌دهیم. اگر شعاع کره  $0/5$  درصد افزایش یابد، حجم اولیه حفره درون کره چند سانتی‌متر مکعب است؟  
 (ضریب انبساط طولی این فلز و  $3 = \pi$ )  $10^{-4} \frac{1}{^\circ\text{K}}$

②  $22/5$   
 ④  $20$

①  $12$

③  $15$

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت  
 ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال

فلز

مایه

درون ظرفی به ظرفیت گرمایی  $\frac{J}{^{\circ}C}$  150، مقداری مایع به ظرفیت گرمایی  $\frac{J}{^{\circ}C}$  1050 در دمای  $5^{\circ}C$  در تعادل گرمایی قرار دارد. قطعه فلزی به دمای  $75^{\circ}C$  را به ظرف و مایع اضافه می‌کنیم و دمای تعادل مجموعه به  $15^{\circ}C$  می‌رسد. اگر 3000 ژول انرژی گرمایی در این تبادل گرمایی به هوای اطراف داده شود، ظرفیت گرمایی قطعه فلز چند  $\frac{J}{^{\circ}C}$  است؟

250 ②

100 ④

150 ①

300 ③

فلز

$$Q_{\text{مایع}} + Q_{\text{فلز}} + Q_{\text{مزر}} - 3000 = 0$$

$$1050 \times 10 + 150 \times 10 + (-60) \times \text{مزر} - 3000 = 0$$

$$C = \frac{9000}{60} = 150$$

60C = 1500 - 1500 →



در ظرف کوچکی  $1340g$  آب  $0^\circ C$  وجود دارد. اگر بر اثر تبخیر سطحی مقداری از آب موجود در ظرف تبخیر شود و بقیه یخ ببندی، جرم آب یخ زده چند گرم است؟ (آب  $L_F = 80c$ ، آب  $L_V = 590c$  و تمام اعداد در  $SI$  هستند.)

④ 160

③ ۸۰

② ۵۹۰

① ۱۱۸۰

$m$

$$Q_F = Q_V$$

$$-m \times 80 \times c_F = (1340 - m) \times 590 \times c_V$$

$$-80m = 1340 \times 590 - 590m \rightarrow m = 1180$$

در گرماسنجی که ظرفیت گرمایی آن ناچیز است، ۵۰۰ گرم یخ با دمای  $-6^{\circ}\text{C}$  وجود دارد. اگر یک گرم کن الکتریکی که توان آن ۷۵۰ وات و بازده آن ۸۰ درصد است درون یخ قرار گیرد. پس از  $122/5$  ثانیه چند گرم یخ در گرماسنج باقی می ماند؟  
 $(L_f = 336000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}, C_{\text{یخ}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}})$

$$500 - 200 = 300 \quad \textcircled{4} \quad 150$$

۲۰۰ ③

۲۵۴ ②

۳۰۰ ①

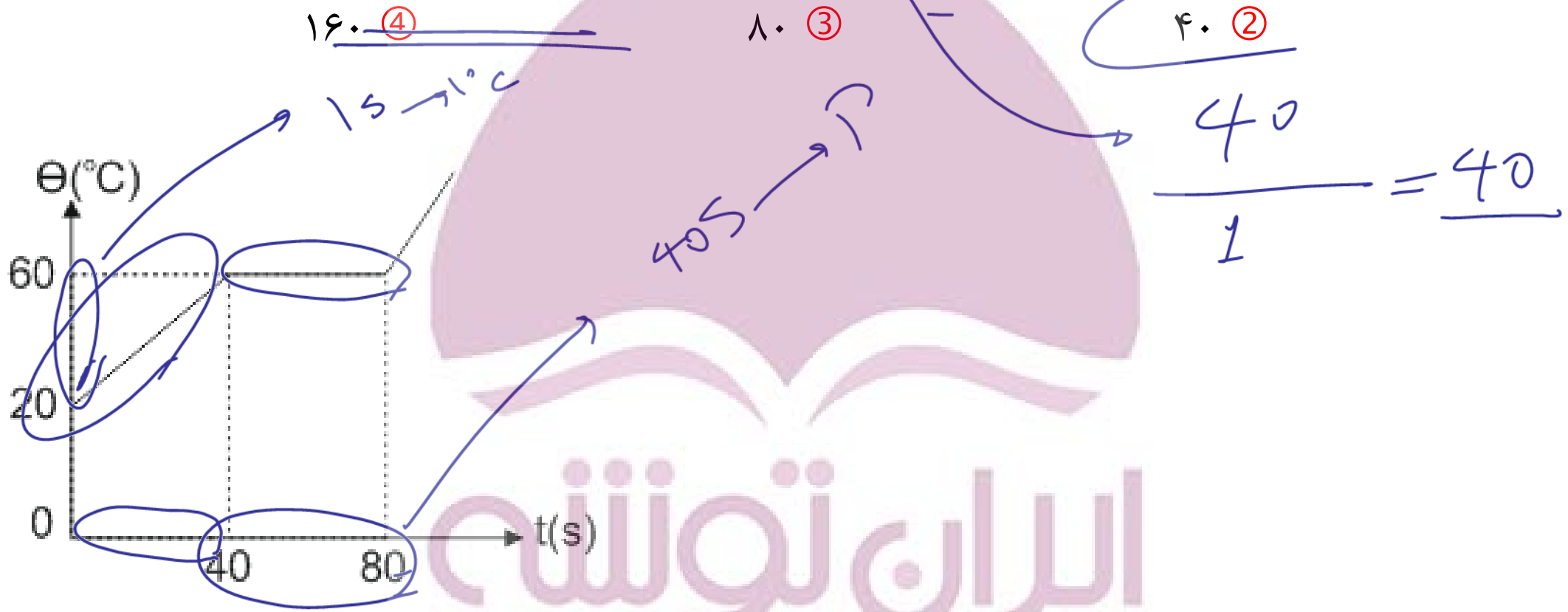
$$P = 750 \times \frac{80}{100} = 600$$

$$Q = P \cdot t = 600 \times 122,5 = \frac{1}{2} \times C \cdot \Delta T \times 6 +$$

$$35 C \cdot \Delta T = 3 C \cdot \Delta T + m \times 160 C \cdot \Delta T$$

$$32 = 160 m \rightarrow m = 200 \text{ g}$$

به یک جسم جامد به جرم  $5\text{kg}$ ، توسط یک گرمکن با توان ثابت گرما می‌دهیم. منحنی تغییرات دمای این جسم با زمان در شکل زیر نشان داده شده است. گرمایی که صرف تغییر حالت کامل یک کیلوگرم از جامد به مایع در دمای ذوب می‌شود، چند برابر گرمایی است که صرف افزایش دمای یک کیلوگرم از ماده جامد به مقدار یک درجه سلسیوس می‌شود؟



سؤال

درون  $2\text{kg}$  آب  $40^\circ\text{C}$  مقداری یخ  $-5^\circ\text{C}$  می‌اندازیم. اگر این آب  $294\text{kJ}$  گرما از دست بدهد تا سیستم به دمای تعادل

برسد، جرم یخ چند گرم بوده است؟  
 $(L_F = 336 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, C_{\text{یخ}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}}, C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}})$

① 400

③ ۸۰۰

② 600

④ 1200

294000

$$294000 = 2 \times 4200 \times (0 - 40) \rightarrow \underline{Q_e = 5}$$

$$294000 = m \times 2100 \times 5 + m \times 336000 + m \times 4200 \times 5$$

$$\underline{m = 800}$$

۵-۰ → ۰-۵  
 آب → یخ  
 ۵-۰

چند گرم آب ۵۰ درجه سلسیوس را روی ۴۵۰ گرم یخ صفر درجه سلسیوس بریزیم تا پس از برقراری تعادل، ۵۲۰ گرم آب صفر درجه سلسیوس در ظرف ایجاد شود؟  $C = 4200 \frac{J}{kg.K}$  و  $L_F = 336 \frac{kJ}{kg}$  گرما فقط بین آب و یخ مبادله می-شود.

① ۷۰

② ۲۶۰

③ ۳۰۰

④ ۳۲۰

$$m_{\text{یخ}} + m_{\text{آب}} = 520$$

$$m_{\text{یخ}} \times 4200 \times (0 - 50) + m_{\text{آب}} \times 160 \times (-) = 0$$

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلمن تورال



۸۰۰ گرم یخ صفر درجه سلسیوس را با ۸۰۰ گرم آب ۶ درجه سلسیوس مخلوط می کنیم. اگر فقط بین یخ و آب تبادل گرما صورت گیرد و  $C = 4200 \frac{J}{kg.K}$ ,  $L_F = 336000 \frac{J}{kg}$  باشد، تا برقراری تعادل چند کیلوگرم آب صفر درجه سلسیوس ایجاد می شود؟

① 0/2      ② 0/6      ③ 1/2      ④ 1/4

$$Q_{-1} + Q_{-2} = 0$$

$$0.18 \times 4200 \times (0 - 60) + m \times 336000 = 0$$

$$m = 600 \text{ g} = 0.6 \text{ kg}$$

$$m_{\text{آب}} = 800 + 600 = 1400 \text{ g} = 1.4 \text{ kg}$$

در ظرفی مقداری یخ صفر درجه سلسیوس و بخار آب  $100^{\circ}C$  می‌ریزیم، تا به تعادل دمایی برسند. اگر پس از رسیدن به تعادل دمایی، تنها آب  $40^{\circ}C$  در ظرف باقی بماند و تبادل حرارتی با محیط اطراف ناچیز باشد، جرم یخ چند برابر جرم بخار

آب بوده است؟  $(L_F = 336 \frac{kJ}{kg}, L_V = 2268 \frac{kJ}{kg}, C_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg.K})$

① 4/2

② 5

③ 6

④ 6/25

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلمن تورال

قطعه یخی به دمای  $-4^{\circ}\text{C}$  با سرعت  $40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  وارد آب صفر درجه شده است. در این صورت:  $(C_{\text{یخ}} = 2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}})$

① مقداری از یخ ذوب می‌گردد.

③ تمام یخ ذوب می‌شود.

② دمای یخ بالا می‌رود.

④ آب  $\theta$  درجه به دست می‌آید.

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال

۵۰۰ گرم آهن  $80^{\circ}\text{C}$  را درون ظرف آبی که  $250$  گرم آب  $10^{\circ}\text{C}$  دارد می‌اندازیم. اگر نصف گرمایی که آهن از دست می‌دهد تا به دمای تعادل برسد، به محیط منتقل گردد، دمای تعادل تقریباً چند درجه سلسیوس است؟

$$\left( C_{\text{آهن}} = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}, C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \right)$$

① 16/1

② 28/4

③ 21/2

④ 42/4

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت  
ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلمن تورال

یک کره توپُر فلزی به قطر  $10\text{cm}$  و چگالی  $4\frac{g}{\text{cm}^3}$  را از ارتفاع  $10/6$  متری سطح زمین، با تندی  $12\frac{m}{s}$  به سمت زمین پرتاب می‌کنیم. اگر در لحظه رسیدن جسم به سطح زمین، تندی آن به  $16\frac{m}{s}$  برسد، با فرض این که ۶۰ درصد انرژی تلف شده صرف گرم شدن جسم شده و دمای جسم را به اندازه  $0/25^\circ\text{C}$  بالا برده باشد، ظرفیت گرمایی جسم چند  $\frac{J}{^\circ\text{C}}$  است؟  $\left(\pi = 3, g = 10\frac{N}{kg}\right)$

① ۱۲۰      ② ۲۴۰      ③ ۹۶۰      ④ ۱۹۲۰

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت  
ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلمن تورال



حداکثر چند گرم آب صفر درجه سلسیوس را با ۶۴۰ گرم یخ  $-10^{\circ}\text{C}$  مخلوط کنیم تا تمام آب منجمد شود؟

$$\textcircled{1} \left( L_F = 336 \frac{\text{J}}{\text{g}}, c_{\text{یخ}} = 2/1 \frac{\text{J}}{\text{g}^{\circ}\text{C}} \right) \quad \textcircled{2} 20 \quad \textcircled{3} 30 \quad \textcircled{4} 40$$

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت  
ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال

۱۰۰ گرم یخ با دمای  $-20^{\circ}\text{C}$  را درون ظرف عایقی محتوی یک کیلوگرم آب با دمای ۵ درجه سلسیوس می‌اندازیم. چنانچه تبادل گرما تنها بین آب و یخ صورت پذیرد، پس از تعادل گرمایی، چند گرم یخ درون ظرف باقی می‌ماند؟

$$\left( \begin{array}{l} \text{آب } C = \frac{1}{2} C_{\text{یخ}} \\ L_F = 160 \end{array} \right)$$

① 50      ② 75

③ 25

④ تمام یخ ذوب می‌شود.

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت  
ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال

اگر به مایع  $A$ ، به اندازه  $Q$  گرما بدهیم دمای آن  $5^\circ C$  افزایش می‌یابد و اگر به مایع  $B$ ، به اندازه  $2Q$  گرما بدهیم، دمای آن  $15^\circ C$  افزایش می‌یابد. چنانچه همان جرم از مایع  $A$  با دمای  $20^\circ C$  را با همان جرم از مایع  $B$  با دمای  $70^\circ C$  مخلوط کنیم، دمای تعادل چند درجه سلسیوس می‌شود؟ (اتلاف انرژی نداریم.)

50 ④

45 ③

40 ②

55 ①

$$\frac{\cancel{Q}}{2\cancel{Q}} = \frac{C_A \times 5}{C_B \times 15} \rightarrow \frac{C_A}{C_B} = 1.5$$

$$Q_A + Q_B = 0 \rightarrow \cancel{1.5} C_A (\underline{Q_e} - 20) + \cancel{C_B} (Q_e - 70) = 0$$

$$1.5 Q_e - 20 \times 1.5 + Q_e - 70 = 0 \rightarrow Q_e$$

دو کره آلومینیومی  $A$  و  $B$  در اختیار داریم که کره  $A$  توپر و کره  $B$  توخالی است. به طوری که شعاع خارجی کره  $B$  نصف شعاع کره  $A$  و شعاع حفره کره  $B$  نصف شعاع خارجی آن است. اگر به کره  $A$ ، ۸ برابر کره  $B$  گرما دهیم، تغییر دمای کره  $A$  چند برابر تغییر دمای کره  $B$  است؟

①  $\frac{7}{64}$

②  $\frac{64}{7}$

③  $\frac{7}{8}$

④  $\frac{8}{7}$

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت  
ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال

مقداری از یک مایع را درون یک گرمکن الکتریکی با توان الکتریکی  $250W$  و بازده  $80\%$  درصد ریخته و گرمکن را روشن می کنیم. اگر نمودار تغییرات دمای مایع بر حسب زمان به صورت زیر باشد، این مایع با گرفتن  $9/6 kJ$  گرما، چند درجه سلسیوس تغییر دما می دهد؟ (فرض کنید تغییر حالت رخ نمی دهد.)

۲۰ ④

③  $2/5$

② ۵

① ۱۰

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت  
ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال



درون ظرف عایقی که  $2/5 \text{ kg}$  یخ با دمای  $-20^\circ\text{C}$  قرار دارد،  $1 \text{ kg}$  آب با دمای  $20^\circ\text{C}$  اضافه می‌کنیم. اگر تبادل گرما فقط بین آب و یخ انجام شود، پس از تعادل گرمایی کدام یک از موارد زیر اتفاق می‌افتد؟ آب  $C$ ، آب  $L_F = 80C$  (؟) یخ  $2C =$

② جرم یخ  $2/5$  درصد کاهش می‌یابد.

④ جرم یخ  $5$  درصد کاهش می‌یابد.

① جرم یخ  $2/5$  درصد افزایش می‌یابد.

③ جرم یخ  $5$  درصد افزایش می‌یابد.

ایران توننه

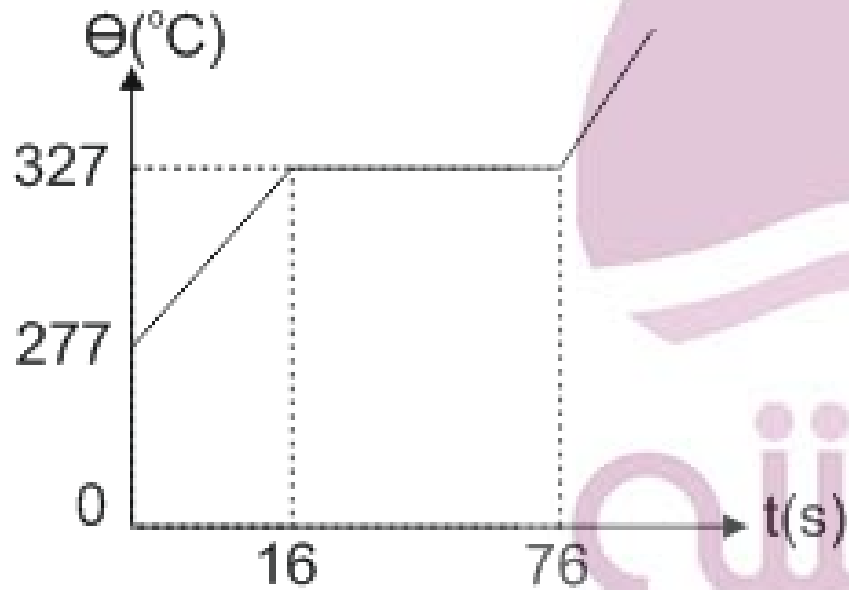
توشه ای برای موفقیت  
ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال

نمودار روبه‌رو مربوط به جسمی است که گرمای ویژه حالت جامد آن  $128 \frac{J}{kgK}$  است و در هر دقیقه  $12 kJ$  گرما می‌گیرد. گرمای نهان ذوب این جسم چند کیلوژول بر کیلوگرم است؟ (بخش میانی نمودار، مربوط به تغییر حالت این جسم از جامد به مایع است.)

① ۴۰

② ۲۴

③  $6/4$ ④  $2/4$ 

$m$  گرم یخ  $-20^{\circ}\text{C}$  را بالای شعله با توان گرمایی ثابت نگه داشته‌ایم با فرض آنکه تمام توان گرمایی شعله به یخ می‌رسد، نمودار تغییرات جرم یخ بر حسب زمان به صورت شکل زیر خواهد بود. نسبت  $\frac{t_2}{t_1}$  کدام گزینه است؟

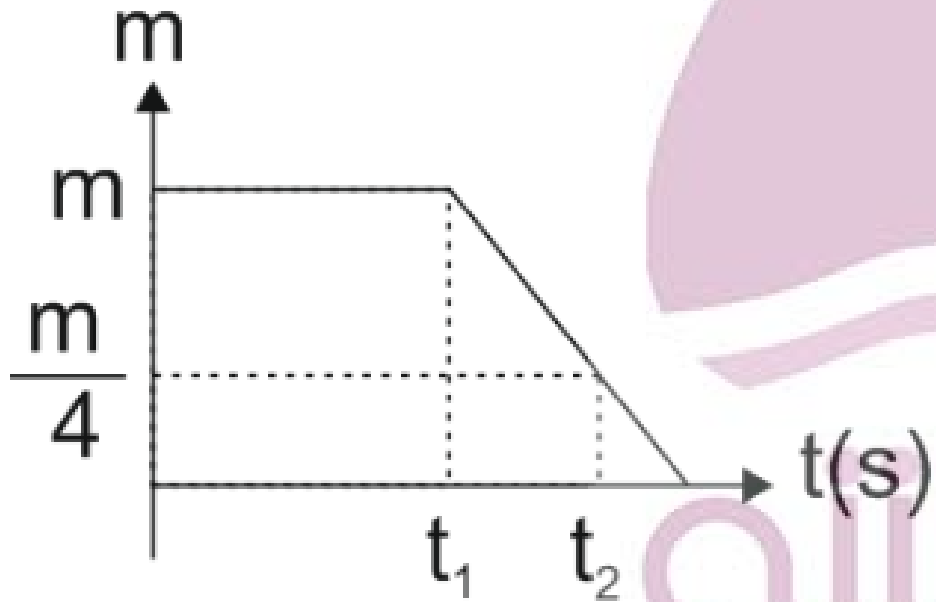
$$(L_f = 336 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, C_{\text{یخ}} = 2/1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})$$

۷ ①

۶ ②

۳ ③

۲ ④



ایران تونل

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلمن تورال

نمودار تغییرات دمای دو جسم  $A$  و  $B$  که با هم در تماس هستند بر حسب زمان مطابق شکل زیر است. اگر جرم جسم  $A$  ۶ برابر جرم جسم  $B$  باشد، گرمای ویژه جسم  $A$  چند برابر گرمای ویژه جسم  $B$  است؟

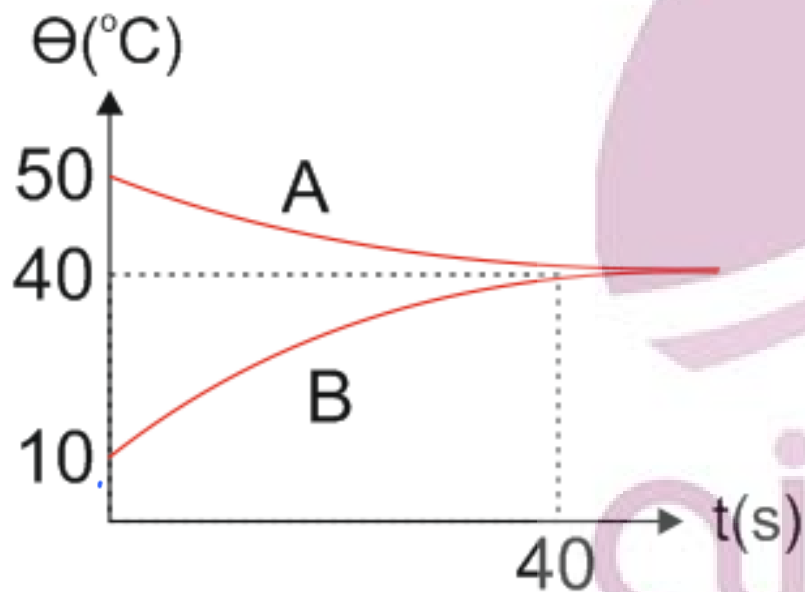
④  $\frac{1}{3}$

② ۲

①  $\frac{1}{2}$

$\frac{C_A}{C_B} = ?$

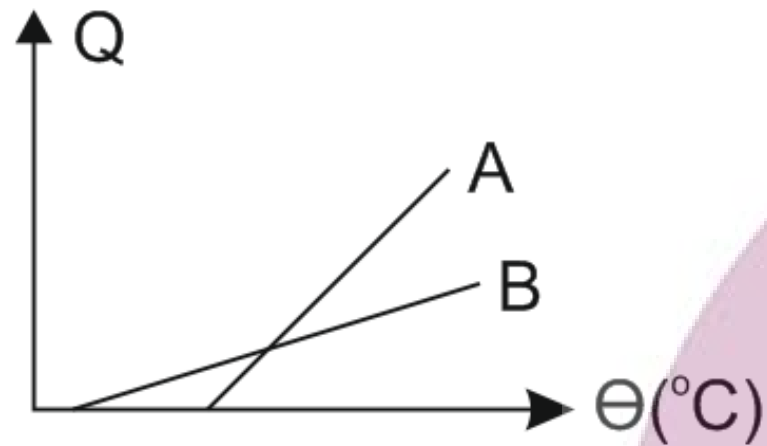
$m_A = 6m_B$



$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{C_A}{C_B} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B}$$

$$1 = 6 \times \frac{C_A}{C_B} \times \frac{1}{30} \rightarrow \frac{C_A}{C_B}$$

نمودار گرما بر حسب دمای دو جسم  $A$  و  $B$  مطابق شکل است. کدام گزینه درست است؟



- ① گرمای ویژه جسم  $A$  بیشتر از گرمای ویژه جسم  $B$  است.
- ② گرمای ویژه جسم  $B$  بیشتر از گرمای ویژه جسم  $A$  است.
- ③ ظرفیت گرمایی جسم  $A$  بیشتر از ظرفیت گرمایی جسم  $B$  است.
- ④ ظرفیت گرمایی جسم  $B$  بیشتر از ظرفیت گرمایی جسم  $A$  است.

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت  
ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال



کدام گزینه درست است؟

- ① در دمای اتاق نفتالین چگالش می‌شود.
- ② برفک روی شیشه در صبح سرد زمستانی از تصعید بخار آب ایجاد می‌شود.
- ③ همواره افزایش فشار وارد بر جسم سبب بالا رفتن نقطه ذوب جسم می‌شود.
- ④ دمای گذار جامد به مایع به جنس جسم و فشار وارد بر آن بستگی دارد

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلرن تورال



شکل ۱۴-۱۵ هر سه روش انتقال گرما را در این تصویر مشاهده می کنید.

اختلاف دما باعث شارش گرما از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای پایین تر می شود. انتقال گرما، از جسم گرم به جسم سرد تا وقتی ادامه می یابد که دو جسم هم دما شوند و اصطلاحاً به تعادل گرمایی برسند. در ادامه به بررسی دقیق تر ساز و کار هر یک از این روش ها می پردازیم.

ایران توشه

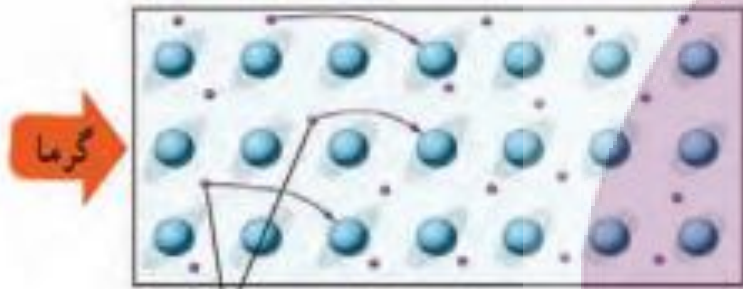
توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلمن تورال



**شکل ۴-۲۷** در نافلزات گرما صرفاً از طریق ارتعاش اتم‌ها انتقال می‌یابد. در شکل، این انتقال ارتعاشات توسط فترها شبیه‌سازی شده است.



الکترون‌های آزاد

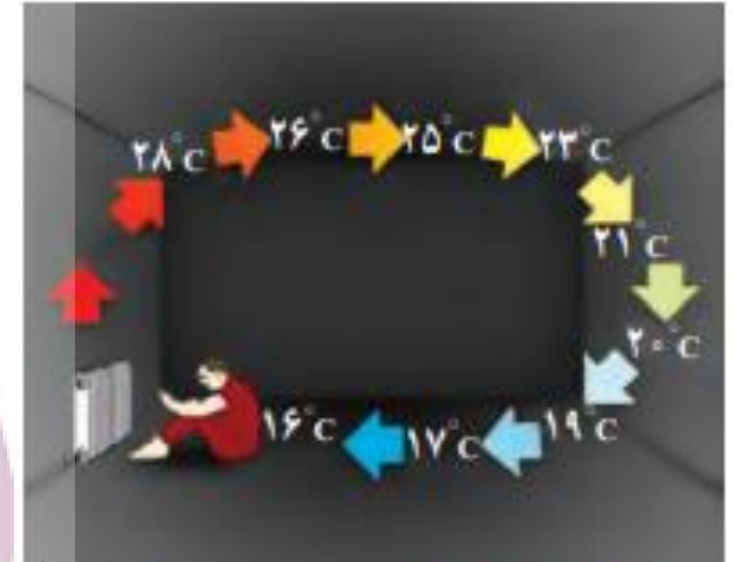
**شکل ۴-۲۷** الکترون‌های آزاد با برخورد به یکدیگر و اتم‌ها موجب رسانش بهتری برای گرما می‌شوند.

**رسانش گرمایی:** بسیاری از ما این تجربه را داریم که انتهای قاشق فلزی درون ظرف غذای روی اجاق روشن را با دست گرفته و داغی آن را احساس کرده‌ایم. اما همچنین دیده‌ایم اجسامی دیگر مانند شیشه، چوب و... نیز می‌توانند گرما را تا حدودی انتقال دهند. رسانش گرمایی در این اجسام، به دلیل ارتعاش اتم‌ها و گسترش این ارتعاش‌ها در طول آنهاست (شکل ۴-۲۶). به جهت نبود الکترون‌های آزاد، این اجسام رساناهای گرمایی خوبی نیستند. به همین دلیل از برخی از این مواد در دیوارها و سقف بناها استفاده می‌کنند تا حتی‌الامکان از خروج گرما در زمستان و ورود آن در تابستان جلوگیری کنند.

اما در فلزات افزون بر ارتعاش‌های اتمی، الکترون‌های آزاد نیز در انتقال گرما نقش دارند. بنابراین، نسبت به سایر اجسام، رساناهای گرمایی بسیار بهتری هستند. در واقع چون الکترون‌ها بسیار کوچک‌اند و به سرعت حرکت می‌کنند با برخورد با سایر الکترون‌ها و اتم‌ها سبب رسانش گرما می‌شوند (شکل ۴-۲۷). بنابراین، در رساناهای فلزی سهم الکترون‌های آزاد در رسانش گرما بیشتر از اتم‌هاست.

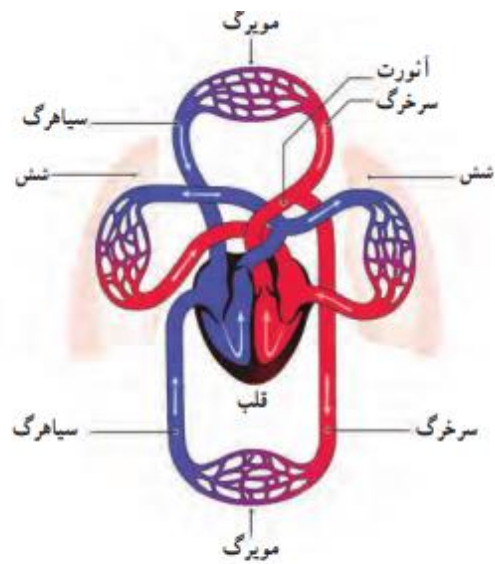
انتقال گرما در مایعات و گازها که معمولاً رساناهای گرمایی خوبی نیستند عمدتاً به روش همرفت، یعنی همراه با جابه‌جایی بخشی از خود ماده، انجام می‌گیرد. همان‌طور که در کتاب علوم هشتم دیدید این پدیده بر اثر کاهش چگالی شاره با افزایش دما صورت می‌گیرد. انتقال گرما به روش همرفت را می‌توان به سادگی با انجام آزمایش نمایش داد.

همرفت می‌تواند در همه شاره‌ها، چه مایع و چه گاز، به وقوع بپیوندد. در همرفت، برخلاف رسانش گرمایی، انتقال گرما با انتقال بخش‌هایی از خود ماده صورت می‌گیرد و وقتی شاره در تماس با جسمی گرم‌تر از خود قرار گیرد، فاصله متوسط مولکول‌ها در بخشی از شاره که در تماس با جسم گرم است، افزایش می‌یابد؛ بدین ترتیب حجم آن زیاد می‌شود، در نتیجه چگالی این قسمت از شاره کاهش می‌یابد؛ چون اکنون چگالی این شاره انبساط یافته کمتر از شاره سردتر اطراف خود است. نیروی شناوری (بنا به اصل ارشمیدس) موجب بالا رفتن آن می‌شود. آن‌گاه مقداری از شاره سردتر اطراف آن، جایگزین شاره گرم‌تر می‌شود که بالا رفته است و این فرایند به همین ترتیب ادامه می‌یابد. گرم شدن هوای داخل اتاق به وسیله بخاری و رادیاتور شوفاژ (شکل ۴-۲۸)، گرم شدن آب درون قابلمه (شکل ۴-۲۹)، جریان‌های باد ساحلی (شکل ۴-۳۰)، انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن و ... همگی بر اثر پدیده همرفت رخ می‌دهند. همه این مثال‌ها نمونه‌هایی از **همرفت طبیعی** است.

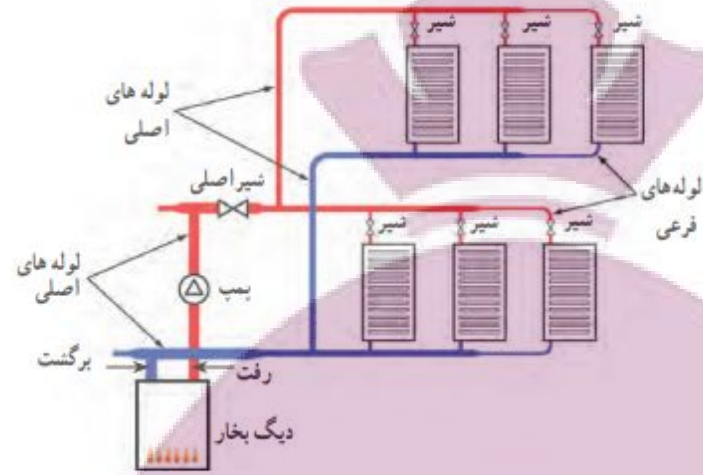


**شکل ۴-۲۸** گرم شدن هوای اتاق به روش همرفت

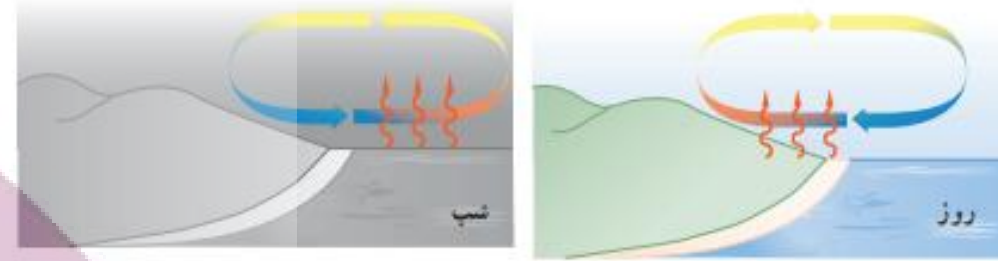




شکل ۳۴ - ۳۳ طرحی از دستگاه گردش خون که در آن قلب همچون تلمبه‌ای باعث همرفت و ادانسته خون می‌شود.



شکل ۳۴ - ۳۱ طرحی از سیستم گرم‌کننده مرکزی در ساختمان‌ها

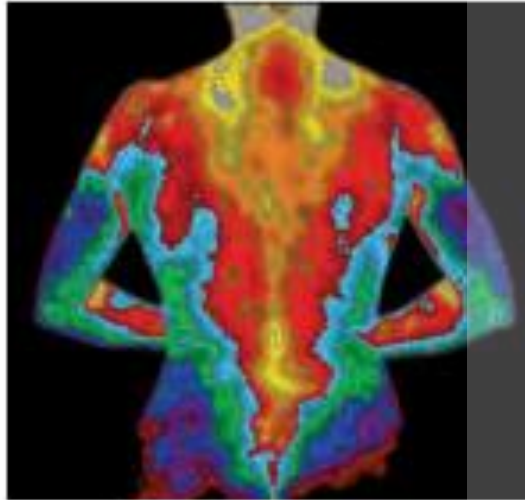


شکل ۳۴ - ۳۰ روز: زمین ساحل گرم‌تر از آب دریاست. پدیده همرفت موجب نسیمی از سوی دریا به سمت ساحل می‌شود. شب: زمین ساحل سردتر از آب دریاست. پدیده همرفت موجب نسیمی از سوی ساحل به سمت دریا می‌شود.



شکل ۳۴ - ۳۲ گرم شدن آب درون قابلمه به روش همرفت

نوع دیگری از همرفت، **همرفت واداشته** است که در آن شاره به کمک یک تلمبه (طبیعی یا مصنوعی) به حرکت واداشته می‌شود تا با این حرکت، انتقال گرما صورت پذیرد. سیستم گرم‌کننده مرکزی در ساختمان‌ها (شکل ۳۱-۴)، سیستم خنک‌کننده موتور اتومبیل و نیز گرم و سرد شدن بخش‌های مختلف بدن بر اثر گردش جریان خون (شکل ۳۲-۴) در بدن جانوران خونگرم مثال‌هایی عینی از انتقال گرما به روش همرفت واداشته هستند.



**شکل ۳-۳** تصویری دمانگاشت از بدن یک فرد. سطح بدن یک فرد معمولی در محیطی با دمای  $22^{\circ}\text{C}$  به دلیل تابش گرمایی با آهنگی در حدود  $10\text{ W}$  گرما از دست می‌دهد در حالی که در همین شرایط به دلیل همرفت و رسانش در هوای مجاور سطح بدن، در مجموع با آهنگی در حدود  $100\text{ W}$  گرما از دست می‌دهد.

می‌دانید که هوا رسانای خوبی نیست و چون دست شما زیر لامپ قرار دارد، انتقال گرما به روش همرفت نیز نمی‌تواند رخ داده باشد. خورشید، لامپ داغ، کتری، رادیاتور شوفاژ و ... از خود پرتوهایی گسیل می‌کنند که دست ما با جذب کردن آنها گرم می‌شود. این پرتوها از نوع امواج الکترومغناطیسی هستند که در سال‌های بعد خواهید دید شامل امواج رادیویی، تابش فروسرخ، نور مرئی، تابش فرابنفش، پرتوهای  $x$  و پرتوهای  $\gamma$  است. هر کدام از این امواج چشمه‌های تولیدکننده مربوط به خود را دارد. ما در این بخش، به تابش الکترومغناطیسی گسیل‌شده از مواد بر اثر دمای آنها سروکار داریم. در واقع هر جسم در هر دمایی تابش الکترومغناطیسی گسیل می‌کند. به این نوع تابش، تابش گرمایی می‌گویند. نشان داده می‌شود که تابش گرمایی در دماهای زیر حدود

$500^{\circ}\text{C}$  عمدتاً به صورت تابش فروسرخ است که نامرئی است. برای آشکارسازی تابش‌های فروسرخ از ابزاری موسوم به **دمانگار** استفاده می‌کنیم و به تصویر به دست آمده از آن **دمانگاشت** می‌گوییم. شکل ۴-۳ تصویر دمانگاشتی از بدن یک شخص را نشان می‌دهد. توجه کنید که رنگ‌ها نمادین است و ناحیه‌های گرم‌تر با رنگ قرمز و ناحیه‌های سردتر با رنگ آبی مشخص شده است.



تابش گرمایی از سطح هر جسم علاوه بر دما به مساحت، میزان صیقلی بودن و رنگ سطح آن جسم بستگی دارد (شکل ۴-۳۴). سطوح صاف و درخشان با رنگ‌های روشن تابش گرمایی کمتری دارند، در حالی که تابش گرمایی سطوح تیره، ناصاف و مات بیشتر است.

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

**الف) شکار تابش فروسرخ:** نوعی از مارهای زنگی اندام‌هایی حفره‌ای بر روی پوزه خود دارند که نسبت به تابش فروسرخ حساس‌اند (شکل ۴-۳۵). این مارها اغلب در سیاهی شب شکار می‌کنند. در واقع اندام‌های حفره‌ای به آنها کمک می‌کند که طعمه‌های خونگرم خود را به واسطه تابش فروسرخشان در تاریکی و سرمای شب مشاهده کنند.

**ب) کلم اسکانک<sup>۲</sup>:** کلم اسکانک (شکل ۴-۳۶) 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 ۴-۳۴ درون مکعب لیلی، آب داغ می‌ریزند. تابش گرمایی از چهار وجه مکعب که رنگ‌های متفاوتی دارند، با هم فرق دارد.



شکل ۴-۳۵ اینها اندام‌های حفره‌ای هستند که گرما را آشکار می‌کنند.



شکل ۴-۳۶ کلم اسکانک برف اطراف خود را آب کرده است.



پرتوسنج (رادیومتر) وسیله‌ای است که از یک حباب شیشه‌ای تشکیل شده است که درون آن چهار پره فلزی قائم قرار دارد که می‌توانند حول یک محور (سوزن عمودی) بچرخند. دو وجه هر چهار پره، یک در میان سفید و سیاه است. وقتی این وسیله کنار یک جسم نور قرار گیرد، پره‌ها حول سوزن عمودی می‌چرخند و هر چه شدت نور بیشتر باشد، این چرخش سریع‌تر است. در مورد دلیل چرخش پره‌ها تحقیق کنید.

از تابش گرمایی می‌توان به عنوان مبنایی برای اندازه‌گیری دمای اجسام استفاده کرد. به روش‌های اندازه‌گیری دما مبتنی بر تابش گرمایی، **تف‌سنجی**<sup>۱</sup> و به ابزارهای اندازه‌گیری دما به این روش، **تف‌سنج**<sup>۱</sup> می‌گویند. تف‌سنج برخلاف سایر دماسنج‌ها بدون تماس با جسمی که می‌خواهیم دمای آن را اندازه بگیریم، دمای جسم را اندازه می‌گیرد. تف‌سنجی، به‌خصوص در اندازه‌گیری دماهای بالای  $1100^{\circ}\text{C}$  اهمیت ویژه‌ای دارد. تف‌سنج تابشی و تف‌سنج نوری، تف‌سنج‌هایی برای اندازه‌گیری این دماها هستند و تف‌سنج نوری به عنوان دماسنج معیار برای اندازه‌گیری این دماها انتخاب شده است.

نذری

از بین عبارات زیر چند مورد صحیح است؟

- (۱) تابش گرمایی در دماهای زیر حدود  $500^{\circ}\text{C}$  عمدتاً به صورت تابش فرابنفش است.
- (۲) ~~تفسنج تابشی~~ به عنوان دماسنج معیار برای اندازه گیری دماهای بالای  $100^{\circ}\text{C}$  انتخاب شده است.
- (۳) تغییر کمیت دماسنجی، اساس کار دماسنجهای است.
- (۴) در دماسنج جیوه‌ای و الکلی، کمیت دماسنجی، ارتفاع مایع درون لوله دماسنج است.
- (۵) گستره دماسنجی دماسنج ترموکوپل به جنس سیم‌های آن بستگی دارد.
- (۶) دماسنج ترموکوپل جزو دماسنجهای معیار است.
- (۷) نیروی بین مولکولی کوتاه‌برد بوده و این نیرو در مولکول‌های آب به صورت هم‌چسبی است.

① ۳ مورد

② ۴ مورد

③ ۵ مورد

④ ۶ مورد

ایران توننه

توشه ای برای موفقیت

ویژگی فیزیکی مواد و فشار - دکتر شیخ احمدی

ایلمن تورال





Success

ایران توانمند

توشه ای برای موفقیت