

**UC** | Chile

# Termodinámica (FIS1523)

## Dilatación Térmica

**Felipe Isaule**  
felipe.isaule@uc.cl

Miércoles 12 de Marzo de 2025

# Resumen clase anterior

- Definimos los conceptos de **estado** y **equilibrio** termodinámico, además de los **procesos** y **ciclos**.
- Postulamos la **Ley cero** de la Termodinámica.
- Definimos la **temperatura** y revisamos la importancia conceptual de los termómetros.

# Clase 3: Dilatación térmica

- Dilatación térmica.
- Ejemplos.
- Dilatación anómala del agua.

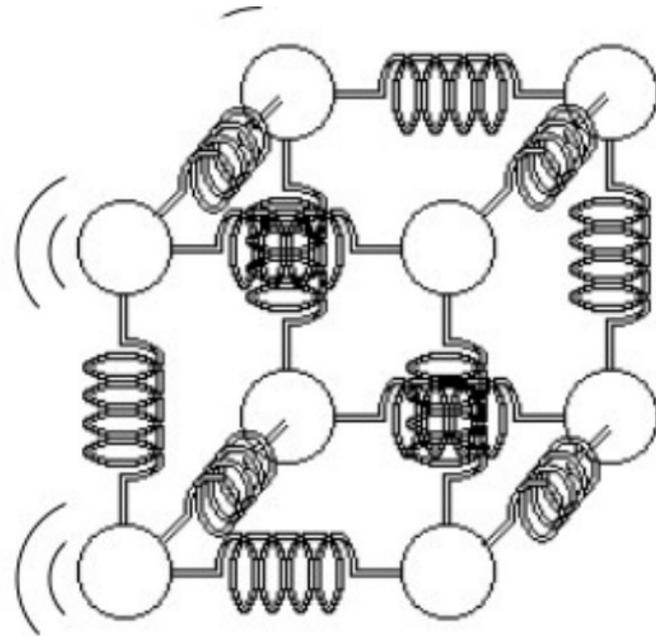
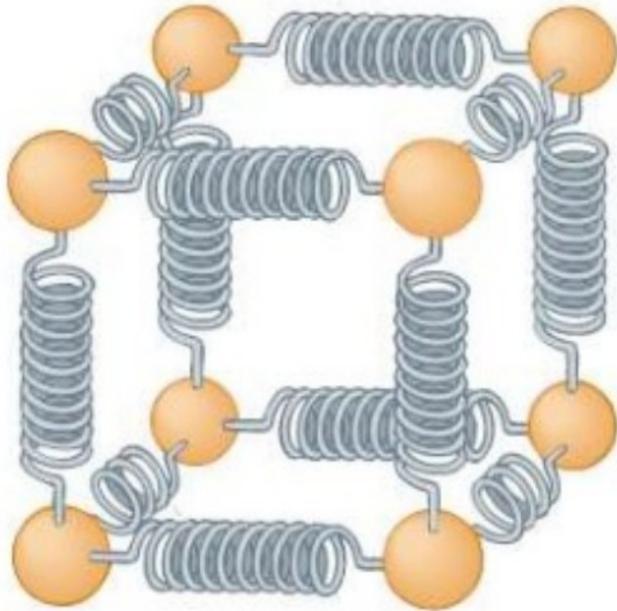
- Bibliografía recomendada:
  - Halliday (18.3).

# Clase 3: Dilatación térmica

- **Dilatación térmica.**
- Ejemplos.
- Dilatación anómala del agua.

# Dilatación térmica

- La **dilatación o expansión térmica** corresponde al **aumento del tamaño** de un material cuando **aumenta la temperatura**.
- Esta expansión es debido al **aumento de la distancia promedio** entre partículas.



# Dilatación térmica

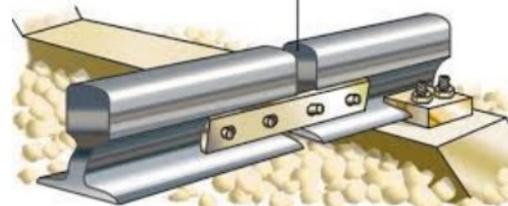
- Es fundamental tomar en cuenta la dilatación térmica cuando se trabaja con materiales.



Junta de expansión  
en un puente



Junta de dilatacion



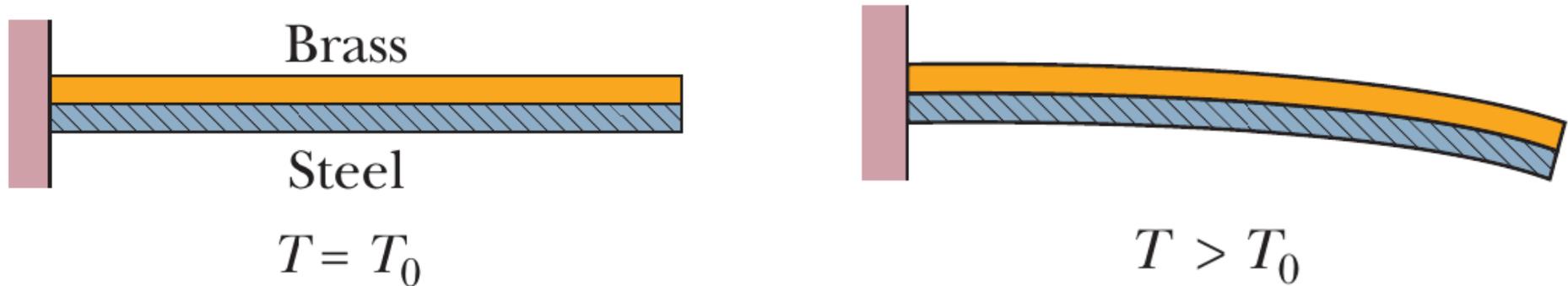
Los rieles necesitan juntas bien diseñadas  
para no deformarse con altas temperaturas



Vasos de vidrio suelen quebrarse  
con agua caliente

# Dilatación térmica

- La expansión térmica se utiliza para construir **termostatos**.



- Este tipo de aparatos utiliza **bimetales**.

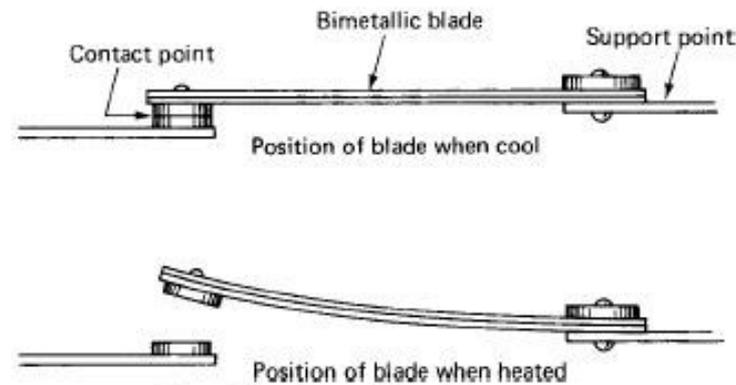
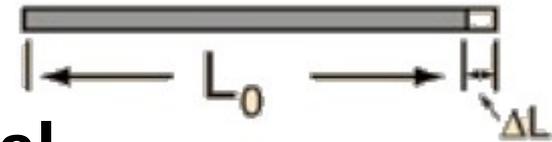


Figure 14-14 Bimetallic strip used in a thermostat.

# Expansión lineal

- Para un **cambio**  $\Delta T$  de **temperatura**, el **largo**  $L$  de un objeto **aumenta** una cantidad  $\Delta L$  de **manera lineal**:

$$\Delta L = \alpha L \Delta T,$$



donde  $\alpha$  es el **coeficiente de expansión lineal**.

- Para **cambios pequeños de temperaturas**  $\alpha$  es **constante**. Además, este coeficiente **depende del material**.
- Tiene unidades de  $1/^\circ\text{C}$  o  $1/^\circ\text{K}$ .

**Table 18-2** Some Coefficients of Linear Expansion<sup>a</sup>

Substance	$\alpha$ ( $10^{-6}/^\circ\text{C}^\circ$ )
Ice (at $0^\circ\text{C}$ )	51
Lead	29
Aluminum	23
Brass	19
Copper	17
Concrete	12
Steel	11
Glass (ordinary)	9
Glass (Pyrex)	3.2
Diamond	1.2
Invar <sup>b</sup>	0.7
Fused quartz	0.5

# Expansión superficial y volumétrica

- Para cambios de **superficie** y **volumen** tenemos que:

$$\Delta A = \gamma A \Delta T, \quad \Delta V = \beta V \Delta T.$$

- En **sólidos isotrópicos** (se expanden de manera uniforme en todas direcciones) se cumple que:

$$\gamma = 2\alpha, \quad \beta = 3\alpha.$$

# Dilatación térmica

## TABLA 19.1

Coeficientes de expansión promedio para algunos materiales cerca de temperatura ambiente

Material	Coeficiente de expansión lineal promedio ( $\alpha$ ) ( $^{\circ}\text{C}$ ) <sup>-1</sup>	Material	Coeficiente de expansión volumétrica promedio ( $\beta$ ) ( $^{\circ}\text{C}$ ) <sup>-1</sup>
Aluminio	$24 \times 10^{-6}$	Alcohol, etílico	$1.12 \times 10^{-4}$
Latón y bronce	$19 \times 10^{-6}$	Benceno	$1.24 \times 10^{-4}$
Cobre	$17 \times 10^{-6}$	Acetona	$1.5 \times 10^{-4}$
Vidrio (ordinario)	$9 \times 10^{-6}$	Glicerina	$4.85 \times 10^{-4}$
Vidrio (Pyrex)	$3.2 \times 10^{-6}$	Mercurio	$1.82 \times 10^{-4}$
Plomo	$29 \times 10^{-6}$	Trementina	$9.0 \times 10^{-4}$
Acero	$11 \times 10^{-6}$	Gasolina	$9.6 \times 10^{-4}$
Invar (aleación Ni–Fe)	$0.9 \times 10^{-6}$	Aire <sup>a</sup> a 0°C	$3.67 \times 10^{-3}$
Concreto	$12 \times 10^{-6}$	Helio <sup>a</sup>	$3.665 \times 10^{-3}$

<sup>a</sup> Los gases no tienen un valor específico para el coeficiente de expansión volumétrica porque la cantidad de expansión depende del tipo de proceso por el que pasa el gas. Los valores que se proporcionan aquí suponen que el gas experimenta una expansión a presión constante.

# Clase 3: Dilatación térmica

- Dilatación térmica.
- **Ejemplos.**
- Dilatación anómala del agua.

# Ejemplo 1: Riel

- Un riel de tren **mide 1 km**, en un lugar donde la **temperatura cambia 50 °C** entre día y noche. Si **cada separación mide 5 cm**, **¿qué tan seguido** necesitamos poner las separaciones? Considere que el acero tiene un **coeficiente** de  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .



# Ejemplo 1: Riel

- Un riel de tren **mide 1 km**, en un lugar donde la **temperatura cambia 50 °C** entre día y noche. Si **cada separación mide 5 cm**, **¿qué tan seguido** necesitamos poner las separaciones? Considere que el acero tiene un **coeficiente de  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$** .

Primero calculamos la expansión total:

$$\begin{aligned}\Delta L &= \alpha L \Delta T, \\ &= 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} 10^3 \text{ m } 50 \text{ K}. \\ &= 60 \text{ cm}.\end{aligned}$$

El número de separaciones:

$$N = \frac{0.6 \text{ m}}{0.05 \text{ m}} = 12$$

Entonces, las separaciones se deben poner cada:

$$\Delta x = L/N = \frac{10^3 \text{ m}}{12}$$

$$\longrightarrow \boxed{\Delta x \approx 83 \text{ m}.}$$



## Ejemplo 2

- Un recipiente de **Pirex** (un tipo de vidrio) de **100 cm<sup>3</sup>** es **llenado con mercurio** a una temperatura de **10 °C**. Luego, el recipiente es almacenado en una sala a **40°C**. ¿Se derramará mercurio? Si es así, ¿**cuánto**? Considere los **coeficientes de expansión**  $\alpha_{\text{vidrio}} = 3.2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  y  $\beta_{\text{mercurio}} = 0.18 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

## Ejemplo 2

- Un recipiente de **Pirex** (un tipo de vidrio) de **100 cm<sup>3</sup>** es **llenado con mercurio** a una temperatura de **10 °C**. Luego, el recipiente es almacenado en una sala a **40°C**. ¿Se derramará mercurio? Si es así, ¿**cuánto**? Considere los **coeficientes de expansión**  $\alpha_{\text{vidrio}} = 3.2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  y  $\beta_{\text{mercurio}} = 0.18 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Primero veamos la expansión del vidrio:

El coeficiente volumetrico:

$$\beta_{\text{vidrio}} = 3\alpha_{\text{vidrio}} = 9.6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

La expansión del vidrio:

$$\begin{aligned}\Delta V_{\text{vidrio}} &= \beta_{\text{vidrio}} V_{\text{vidrio}} \Delta T \\ &= 9.6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} 10^2 \text{ cm}^3 30 \text{ } ^\circ\text{C} \\ &= 0.0288 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

## Ejemplo 2

- Un recipiente de **Pirex** (un tipo de vidrio) de **100 cm<sup>3</sup>** es **llenado con mercurio** a una temperatura de **10 °C**. Luego, el recipiente es almacenado en una sala a **40°C**. ¿Se derramará mercurio? Si es así, ¿**cuánto**? Considere los **coeficientes de expansión**  $\alpha_{\text{vidrio}} = 3.2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  y  $\beta_{\text{mercurio}} = 0.18 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

La expansión del mercurio:

$$\begin{aligned}\Delta V_{\text{merc.}} &= \beta_{\text{merc.}} V_{\text{merc.}} \Delta T \\ &= 0.18 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} 10^2 \text{ cm}^3 30 \text{ } ^\circ\text{C} \\ &= 0.54 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

**Sí se derrama**, y una cantidad de:

$$\begin{aligned}V_{\text{derramado}} &= \Delta V_{\text{merc.}} - \Delta V_{\text{vidrio}} \\ &= (0.58 - 0.0288) \text{ cm}^3 \longrightarrow \boxed{V_{\text{derramado}} = 0.5112 \text{ cm}^3}\end{aligned}$$

## Ejemplo 3

- Una **barra** de material **A** tiene un **largo** de 100 cm y otra de material **B** tiene un **largo** de 105 cm. Ambas se encuentran a una **temperatura** de 20 °C. Al ser **calentadas** a 100 °C, las barras **A y B** se expanden a unos **largos** de 102 cm y 106 cm, respectivamente.
- Calcule los **coeficientes de dilatación** de ambos materiales.
- ¿A qué **temperatura** ambas barras alcanzan el **mismo largo**?

## Ejemplo 3

- Una **barra** de material **A** tiene un **largo** de 100 cm y otra de material **B** tiene un **largo** de 105 cm. Ambas se encuentran a una **temperatura** de 20 °C. Al ser **calentadas** a 100 °C, las barras **A y B** se expanden a unos **largos** de 102 cm y 106 cm, respectivamente.
- Calcule los **coeficientes de dilatación** de ambos materiales.

Utilizamos la fórmula de dilatación lineal:

$$\Delta L_A = \alpha_A L_A \Delta T$$

$$2 \text{ cm} = \alpha_A 100 \text{ cm } 80^\circ \text{C}$$

$$\longrightarrow \boxed{\alpha_A = 2.5 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}}$$

$$\Delta L_B = \alpha_B L_B \Delta T$$

$$1 \text{ cm} = \alpha_B 105 \text{ cm } 80^\circ \text{C}$$

$$\longrightarrow \boxed{\alpha_B \approx 1.2 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}}$$

# Ejemplo 3

- Una **barra** de material **A** tiene un **largo** de 100 cm y otra de material **B** tiene un **largo** de 105 cm. Ambas se encuentran a una **temperatura** de 20 °C. Al ser **calentadas** a 100 °C, las barras **A y B** se expanden a unos **largos** de 102 cm y 106 cm, respectivamente.
- ¿A qué **temperatura** ambas barras alcanzan el **mismo largo**?

Primero escribimos la ecuación de expansión de la siguiente forma:

$$L - L_a = \alpha_a L_a \Delta T$$

$$L = L_a(1 + \alpha_a \Delta T), \quad a = A, B.$$

Igualando los largos:

$$L_A(1 + \alpha_A \Delta T) = L_B(1 + \alpha_B \Delta T)$$

$$\Delta T(L_A \alpha_B - L_A \alpha_B) = L_B - L_A$$

$$\Delta T = \frac{L_B - L_A}{(L_A \alpha_A - L_B \alpha_B)}$$

Remplazando con los datos:

$$\Delta T = \frac{5 \text{ cm}}{1.24 \times 10^{-2} \text{ cm } ^\circ\text{C}^{-1}}$$

$$\Delta T \approx 403 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Es decir, alcanzan el mismo largo a unos 423 °C!!!

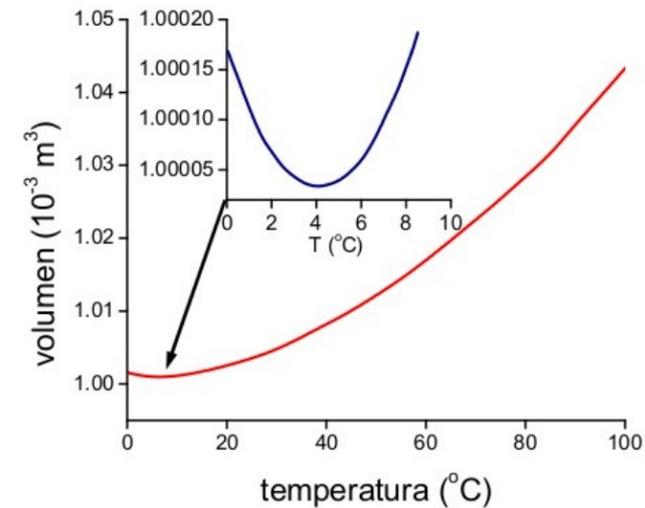
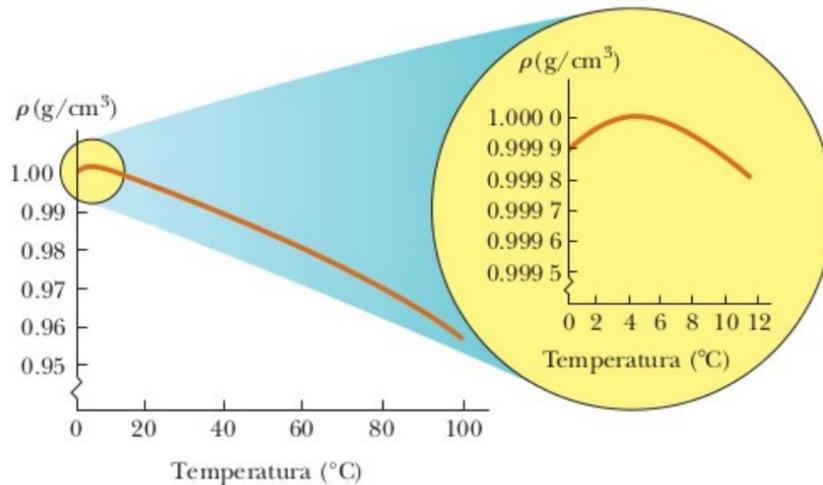
Posiblemente utilizar un coeficiente constante no es correcto con tales cambios.

# Clase 3: Dilatación térmica

- Dilatación térmica.
- Ejemplos.
- **Dilatación anómala del agua.**

# Dilatación anómala del agua

- Una **excepción** importante al aumento del volumen con la temperatura es el agua.
- El agua entre **0° y 4°** grados C **aumenta su densidad con la temperatura**.
- Es decir, **entre 0° y 4° el agua se contrae** al aumentar la temperatura, para luego expandirse a temperaturas mayores.



# Dilatación anómala del agua

- El agua líquida alcanza una **densidad máxima** de 1 g/ml a **4 grados Celsius**.
- Este aumento anómalo de la densidad del agua con la temperatura permite que el **hielo flote sobre el agua líquida**.



# Resumen

- Hemos revisado la **dilatación térmica**, incluyendo varios ejemplos.
- Vimos el caso especial de la **dilatación anómala del agua**.
- Próxima clase:
  - Presión.