CAPITULO 6. PROPIEDADES TERMICAS DE LA MATERIA

La materia cualquiera sea la forma en que se manifieste es un conjunto de átomos en movimiento permanente. Asociado a este movimiento hay un conjunto de cantidades a nivel atómico y otras cantidades a nivel macroscópico, ambas pueden conocerse a través de un conjunto de modelos o con mediciones. En este capítulo estudiaremos estas cantidades y la relación entre ellas.

6.1 TEMPERATURA

Es una cantidad física escalar que cuantifica la energía interna de las sustancias.

Los termómetros son dispositivos que permiten medir la temperatura de los cuerpos a través de algún fenómeno físico, por ejemplo: dilatación, propiedades eléctricas, etc.

ESCALAS DE TEMPERATURA

- Escala Celsius o Centígrada (°C). Es la escala de medición que se define basándose en las propiedades del agua. A la presión atmosférica a nivel del mar, se tiene:

T=0°C, es la temperatura de fusión del hielo.

T=100°C, es la temperatura de ebullición del agua.

- Escala Absoluta o Escala Kelvin (K)

En esta escala la temperatura es proporcional a la energía interna de la sustancia. La temperatura teórica más baja es el Cero Absoluto o T = 0 K. Experimentalmente se obtiene:

$$T(K) = T(°C) + 273{,}15 \quad \text{--------------------------------------} \quad 6.1$$

- Escala Fahrenheit (°F)

Es la escala en el sistema inglés.

$$T(°F) = \frac{9}{5}T(°C) + 32{,}0 \quad \text{--------------------------------} \quad 6.2$$

Cambios de Temperatura.

$$\Delta T(°C) = \Delta T(K) \quad \text{--------------------------------------} \quad 6.3a$$

$$\Delta T(°C) = \frac{5}{9}\Delta T(°F) \quad \text{------------------------------------} \quad 6.3b$$

Conversión de Temperaturas

En vista de la proporcionalidad en la dilatación del mercurio con las temperaturas en un un termómetro, las escalas de temperatura se pueden relacionar de la siguiente forma:

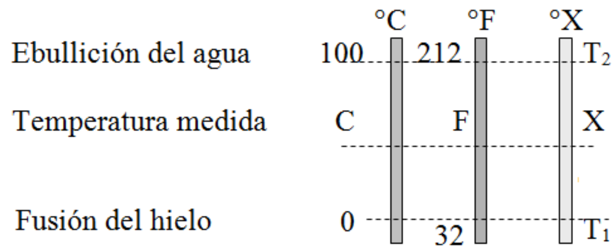


Fig.6.1 Relación entre las escalas de temperatura tomando como base las propiedades del agua

$$\frac{°C-0}{100-0}=\frac{°F-32{,}0}{212-32{,}0}=\frac{X-T_1}{T_2-T_1} \quad \text{--} \quad 6.4$$

EJEMPLO 6.1

Cierta sustancia se enfría en un proceso desde 350°C hasta -80,0°C. Halle el cambio de temperatura en K y °F.

6.2 DILATACIÒN TÈRMICA

Todas las sustancias están conformadas por un conjunto de átomos con movimiento vibracional alrededor de sus posiciones de equilibrio.

Cuando se incrementa la temperatura este movimiento de los átomos también se incrementa en magnitud, dando como resultado final macroscópico el incremento en las dimensiones de las sustancias, a la cual se le llama “Dilatación Térmica”

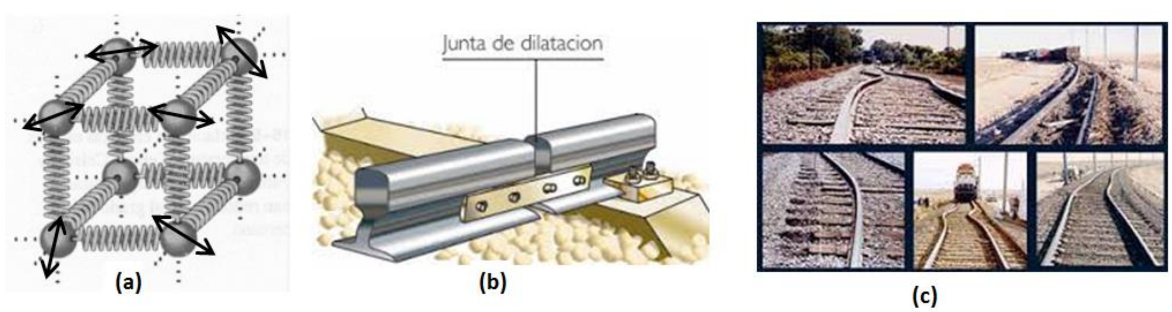


Fig.6.2. Expansión de las sustancias debido al incremento de temperaturas. (a) movimiento vibracional expandible; (b) espacio preventivo a la dilatación; (c) deformación por dilatación

Toda sustancia tiene sus dimensiones tridimensionales por consiguiente toda dilatación es volumétrica, sin embargo, en debido a ciertas características de su forma, pueden ser más apreciables los incremento en longitud, incremento en el área o en el volumen.

6.2.1 Dilatación Lineal

Es la expansión o compresión que ocurre en las dimensiones de los cuerpos longitudinales, (aquellos que se caracterizan por tener como dimensión principal la longitud y un área de sección transversal pequeña, pej. varillas, aros, etc.), al cambiar la temperatura. La dilatación en las otras dimensiones no es significativa.

Si una varilla a temperatura inicial $T_{0,}$ tiene longitud $L_{0,}$ al cambiar su temperatura (ΔT), se aprecia un cambio en su longitud (ΔL) el cual depende de su dimensión inicial, el cambio de temperatura y del material, según el siguiente comportamiento:

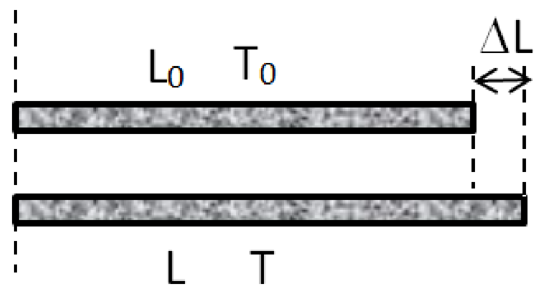


Fig.6.3. Dilatacio0n lineal de una varilla al incrementarse su temperatura

En la Fig.6.3 se aprecian las siguientes cantidades:

Lo = Longitud inicial

To: Temperatura inicial

ΔL = L-Lo: Cambio en la longitud (deformación)

ΔL/Lo: Deformación unitaria

ΔT = T – To: Cambio en la temperatura

Al incrementarse la temperatura sucesivamente, se apreciara un incremento continuo en la longitud de la varilla. (Fig. 6.4)

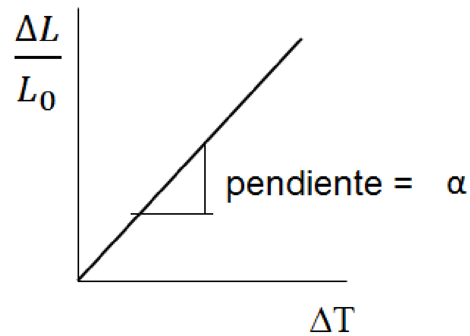


Fig.6.4. Grafica de la deformación unitaria ($\Delta L/L_0$) vs el cambio de temperatura (ΔT)

Por consiguiente, la ecuación de la gráfica corresponde a una recta:

$$\frac{\Delta L}{L_o} = \alpha \Delta T \text{ ó } \Delta L = L_0 \alpha \Delta T \quad \text{------------------------------------} \quad 6.5$$

Siendo: Coeficiente de Dilatación Lineal: $\alpha = \frac{\Delta L}{L_o \Delta T}$; la pendiente de la recta

Unidades: $[\alpha] = \frac{1}{℃} = \frac{1}{K}$

Donde [α] es una cantidad escalar que representa a la propiedad de los materiales en el fenómeno de dilatación térmica.

Tabla 6.1 Coeficientes de dilatación lineal para algunas sustancias

Material	α(1/ ℃)
Cobre	$17x10^{-6}$
Acero	$12x10^{-6}$
Aluminio	$24x10^{-6}$
Vidrio	$9x10^{-6}$
Hierro	$12x10^{-6}$

A partir de la ec. (6,5), se obtienen otras ecuaciones y graficas equivalentes.

$$L = L_0 + L_0 \alpha \Delta T \quad \text{--} \quad 6.6$$

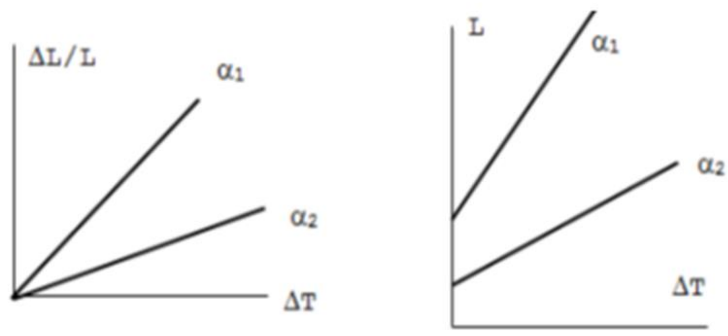


Fig. 6.5. Graficas de dilatación para diferentes materiales ($\alpha_1 > \alpha_2$)

Cinta Bimetálica

La cinta bimetálica es un dispositivo que consiste de dos materiales diferentes (α_1 y α_2), al calentarse o enfriarse, un material crece más que el otro y se arquea. Es utilizada en los termostatos para controlar la temperatura.

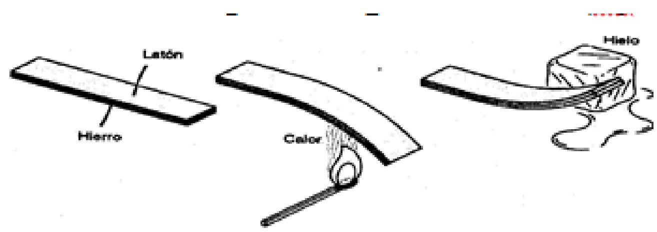


Fig.6.6. Cinta bimetálica utilizada en termostatos

6.2.2 Dilatación Superficial

Es la expansión o contracción que ocurre con los cuerpos superficiales al cambiar su temperatura. La dilatación superficial se considera en aquellos cuerpos que se caracterizan por una superficie y un grosor pequeño (p.ej. hojas, láminas, cascarones, etc.),

$$\Delta S = S_0 \beta \Delta T, \quad \text{o también: } S = S_0(1 + \beta \Delta T) \quad \text{-------} \ 6.7$$

Coeficiente de Dilatación Superficial: $\beta = \frac{\Delta S}{S_0 \Delta T} = 2\alpha$

Fig. 6.7. Al calentarse la espátula el agujero se agranda.

6.2.3 Dilatación Volumétrica

Es la dilatación que ocurre con los cuerpos al cambiar su temperatura. Se considera dilatación volumétrica para los cuerpos que se caracterizan por tener sus tres dimensiones apreciables, (P.ej. esferas, cilindros, etc.),

Siendo: Coeficiente de Dilatación Volumétrica: $\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T} = 3\alpha$

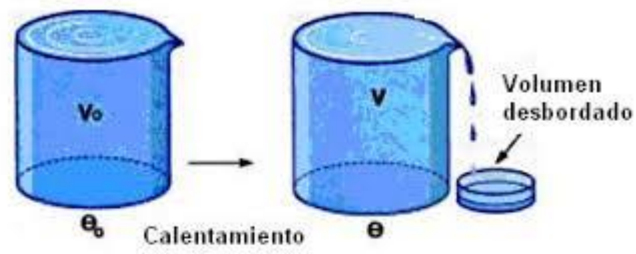


Fig. 6.8. Un recipiente cilíndrico conteniendo cierto líquido. Al calentarse se incrementa la capacidad del recipiente así como también el volumen del líquido. Hay derrame si el volumen del líquido aumenta más que la capacidad del recipiente.

EJEMPLO 6.2

Se desea colocar un tapón de aluminio en un anillo de cobre. A temperatura de 20,0°C el diámetro del tapón es 8,756cm y el diámetro interno del anillo es 8,746cm. ¿A qué temperatura pueden quedar ajustados?

EJERCICIOS DE APLICACIÓN

EJERCICIO 6.1

Un sistema de dos barras de igual longitud L = 1,20 m, una de acero (α = 12 x 10^{-6} /Cº) y la otra de aluminio (α = 24 x 10^{-6} /Cº), fijas en uno de sus extremos se encuentran a una temperatura de 20,0ºC con una separación Δ=0,950 cm.

a) Si la temperatura del sistema cambia y el acero incrementa su longitud en 0,250%, determine la temperatura final y la nueva separación Δ.
b) ¿Cuál será su separación a 210ºC?

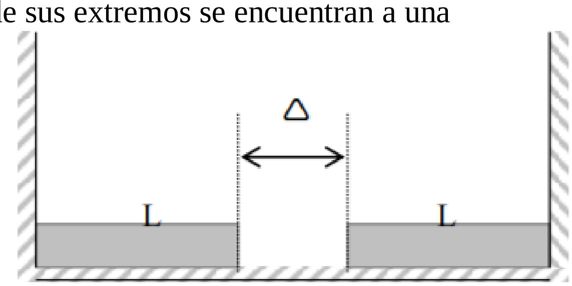


Fig. 6.9 Barras solidas separadas cierta distancia que varía con la temperatura. Ejercicio 6.1

Solución

a) Acero: $\Delta L = Lo\alpha\Delta T$; $(0,250/100)x1,20 = 1,20x12x10^{-6}$ (T-20,0);
Temperatura final: T = 228°C
ΔLacero = 0,250x1, 20/100 = $3,00x10^{-3}$ m; $\Delta L_{Al} = 1,20x24x10^{-6}x (228-20) = 6,00x10^{-3}$ m Nueva separación: Δ = 0,00950 – 0,003 -0,006 = 0,00050 m
b) ΔLacero = $1,20x12x10^{-6}x (210 -20,0) = 2,74x10^{-3}$m; $\Delta L_{Al} = 1,20x24x10^{-6}x (210-20,0) = 5,47x10^{-3}$m. Separación: $\Delta = 0,00950 – 2,74x10^{-3} - 5,47x10^{-3} = 1,29x10^{-3}$ m

EJERCICIO 6.2

Dos vigas metálicas, de coeficientes de dilatación lineal $\alpha_1=2x10^{-5}$ /℃ y $\alpha_2=3x10^{-5}$ /℃, se encuentran en contacto a la temperatura de 120℃.

a) A que temperatura las vigas se separan 4,60 mm en sus extremos que se tocan.
b) A la temperatura final de separación, ¿qué deformación experimenta cada viga y cuál es la longitud final de cada una de ellas?

Solución

a) $\Delta L_1 = 1,00x2x10^{-5}x\Delta T$; $\Delta L_2 = 2,00x3x10^{-5}x\Delta T$; $\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 = 8x10^{-5}\Delta T = -4,60x10^{-3}$: ΔT = -57,5°C; Temperatura: T = 120 – 57,5 = 62,5°C
b) Material (1): $\Delta L_1 = 2x10^{-5}x (-57,5) = -1,15x10^{-3}$ m;
Material (2): $\Delta L_2 = 6,00x10^{-5}x (-57,5) = -3,45x10^{-3}$ m;
$L_1 = 1,00(1+2x10^{-5}x (-57,5)) = 0,999$ m; $L_2 = 2,00(1+2x10^{-5}x (-57,5)) = 1,997$ m

EJERCICIO 6.3

Un cubo de hierro ($\alpha = 12x10^{-6}$ /℃, $\rho=7,80x10^3$ kg/m^3) flota en una bandeja con cierto liquido (α= 180x10-6 /℃) con 60,0% de su volumen sumergido a la temperatura de 10,0℃. Si la temperatura del sistema se incrementa hasta 240 ℃, Calcule los nuevos valores de:

a) La densidad del líquido a la temperatura inicial de 10,0°C.
b) A la temperatura final los materiales se han dilatado, encuentre las nuevas densidades
c) La fracción de volumen del cubo sumergido, a la temperatura final

Solución

a) W = E; $\rho_h Vg = \rho_l V_s g$;
Densidad del líquido: $\rho_l = \rho_h(V/V_s) = 7,80x10^3x(1/0,60) = 13,0x10^3$ kg/m^3
b) $\rho = m/V = m/V_0(1+\gamma\Delta T) = \rho_0(1+\gamma\Delta T)$;
Densidad del hierro: $\rho_h = 7,8x10^3 / (1 + 3x12x10^{-6}x230) = 7,74x10^3$ kg/m^3;
Densidad del líquido: $\rho_l = 13,0x10^3 /(1+180x10^{-6}x230) = 12,5x10^3$ kg/m^3
c) W = E; $\rho_h Vg = \rho_l V_s g$; $\rho_l = \rho_h(V/V_s)$;
Fracción de volumen del cubo sumergido: $f = V_s/V = \rho_h/\rho_l$= 7,74/12,5 = 0,619 o 61,9%

EJERCICIO 6.4

Un recipiente cilíndrico de aluminio de 35,0 cm de altura tiene una capacidad interna de 2,500 L a 10,0 ºC. Está lleno completamente con trementina, y luego se calienta hasta 90,0 ºC. Coeficiente de expansión volumétrica de la trementina es $\gamma = 9,0 \text{ x}10^{-4}$ ºC^{-1}; $\alpha_{Al} = 24 \text{ x } 10^{-6}$ ºC^{-1}. Se pide:

a) El incremento en los volúmenes del cilindro y de la trementina y la cantidad de trementina que se derrama
b) Si ésta se enfría después hasta 10,0 ºC. ¿a qué distancia debajo de la superficie del borde del cilindro estará la superficie de la trementina?

Solución

a) Volúmenes iniciales a 10,0°; $V_0 = V_c = V_t = 2,500$ L;
Incremento volumen del cilindro: $\Delta V_c = 2,500(3\text{x}24\text{x}10^{-6}) \text{ x } (90,0\text{-}10,0) = 14,4\text{x}10^{-3}$L;
Incremento de volumen de la trementina: $\Delta V_t = 2,500(9,00\text{x}10^{-4}) \text{ x } (90,0\text{-}10,0) = 180\text{x}10^{-3}$L;
Volumen de trementina derramada: $V_d = 180\text{x}10^{-3} - 14,4\text{x}10^{-3} = 167\text{x}10^{-3}$ L
b) Volúmenes a los 90,0 °C: $V_1 = V_c = V_t = 2,500\text{x } (1+3\text{x}24\text{x}10^{-6}\text{x}80,0) = 2,514$ L;
Nuevos Volúmenes a los 10,0°C; $V_{2,c} = 2,514\text{x}(1+3\text{x}24\text{x}10^{-6}\text{x}(10,0\text{-}90,0)) = 2,500$ L; $V_{2,t} = 2,514\text{x}(1+9,00\text{x}10^{-4}\text{x}(10,0\text{-}90,0)) = 2,332$ L; Volumen vacío en el recipiente: $V_3 = 2,500 - 2,332 = 0,168$ L $= 0,168\text{x}10^{-3}$ m^3 ;Radio del cilindro a 10,0°: $R = 28,2\text{x}10^{-3}$m;
Distancia por debajo del borde del cilindro = $V_3/\pi R^2 = 0,0672$ m

EJERCICIO 6.5

Dos vigas metálicas, de coeficientes de dilatación lineal $\alpha_1 = 2\text{x}10^{-5}$ /℃ y $\alpha_2 = 3\text{x}10^{-5}$ /℃, se encuentran en contacto a la temperatura de 120℃; si las paredes son indeformables.

a) A que temperatura las vigas se separan 4,60 mm en sus extremos que se tocan.
b) A la temperatura final de separación, ¿cuál es la longitud de cada una de ellas y qué deformación experimenta cada viga?

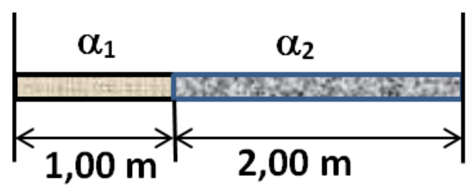


Fig. 6.10 Barras de diferente material en contacto sujetas a la dilatación lineal. Ejercicio 6.5

Solución

a) $\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$; $-4,60\text{x}10^{-3} = 1,00\text{x}2\text{x}10^{-5}\text{x}(T\text{-}120) + 2,00\text{x}3\text{x}10^{-5}\text{x}(T\text{-}120)$;
Temperatura de separación: T = 62,5°C
b) $L_1 = 1,00(1+2\text{x}10^{-5}\text{x } (62,5 - 120)) = 0,999$ m; $\Delta L_1 = 1,15\text{x}10^{-3}$ m;
$L_2 = 2,00(1+ 3\text{x}10^{-5} \text{ x } (62,5\text{-}120)) = 1,997$ m; $\Delta L_2 = 3,45\text{x}10^{-3}$ m

EJERCICIO 6.6

Se tiene un cilindro de aluminio de sección circular, con un radio interior de 12,0 cm y una altura de 28,0 cm. El cilindro está lleno de mercurio y la temperatura de ambos es de 95,0ºC. Determine:

a) Si la temperatura desciende a 3,50°C que ocurre con el mercurio: ¿se derrama o desciende el nivel de mercurio? Haga sus cálculos y sustente.
b) En el primer caso ¿cuánto se derrama? En el segundo caso: ¿Cuál es desnivel del mercurio dentro del cilindro? ($\alpha_{aluminio} = 24x10^{-6}$ /C $\gamma_{mercurio} = 1,84x10^{-4}$ /C)

Solución

a) $V_0 = \pi R^2 h = \pi\ (0,12)^2 x0, 28 = 1,27x10^{-2} m^3$; $\Delta V_a = V_0 \gamma_a \Delta T = 1,27x10^{-2} x3x24x10^{-6} x\ (95-3,5) = 8,37x10^{-5} m^3$; $\Delta V_m = V_0 \gamma_m \Delta T = 1,27x10^{-2} x1, 84x10^{-4} x\ (95-3,5) = 2,14x10^{-4} m^3$.
Siendo: $\Delta V_m > \Delta V_a$, por tanto desciende el nivel del mercurio y no se derrama.
b) $\Delta V = \Delta V_m - \Delta V_a = \pi R^2 x$;
Desnivel del mercurio: $x = 2,14x10^{-4} - 8,37x10^{-5}\ (0,120)^2 = 2,88\ m$

EJERCICIO 6.7

Las vías del tren se construyen con barras de acero, dejando una separación entre cada barra para evitar los efectos de la dilatación al cambiar la temperatura de la zona. Durante el año, las barras consiguen desde la temperatura mínima de 5,0°C hasta la temperatura máxima de 70,0°C. En el otoño cuando la temperatura es de 15,0°C, se colocan barras de 25,00 m de longitud. (α_{acero}= $2,00x10^{-5}$ C^{-1}), hallar :

a) la mínima separación que se debe poner entre barras contiguas a fin de evitar deformaciones. Responda dibujando las barras.
b) la máxima longitud que alcanza cada barra
c) Cuál será la separación entre las barras en la época de invierno.

Solución

a) Otoño a Verano: $\Delta L = 25,00*2,00x10^{-5}*(70,0 - 15,0) = 0,0275$ m
b) Otoño a Verano: $L = 25,00*(1+2,00x10^{-5}*55,0) = 25,0275$ m
c) Verano a invierno: $\Delta L = 25,0275*2,00x10^{-5}*(70,0 - 5,0) = 0,03254$ m

EJERCICIO 6.8

Un anillo de aluminio de radio inicial R_1 = 10.00 cm, no deja pasar una esfera maciza de fierro de radio inicial R_2 =10,05 cm. ambas son medidas a 25,0 °C. Todo el conjunto es colocado dentro de un horno con una temperatura regulable. α_{Al} = 23,8x10^{-6} °C^{-1} , α_{Fe} = 12,1x10^{-6}°C^{-1}

a) Escriba una expresión para los radios de cada cuerpo $R_1(T)$ y $R_2(T)$ en función de la temperatura (T)
b) En un mismo sistema coordenado, grafique los radios de cada cuerpo (R_1 y R_2) vs. la temperatura.
c) Obtenga el valor de la temperatura para la cual pasa la esfera por el anillo

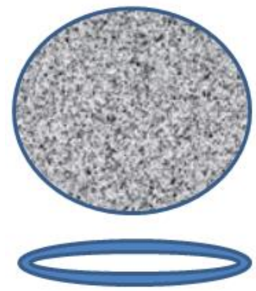


Fig. 6.11 Anillo y esfera. Ejercicio 6.8

SOLUCION

a) $R_1 (T) = 10,00 (1 + 23,8x10^{-6} (T – 25))$
$R_2 (T) = 10,05 (1+ 12,1x10^{-6} (T – 25))$

b)

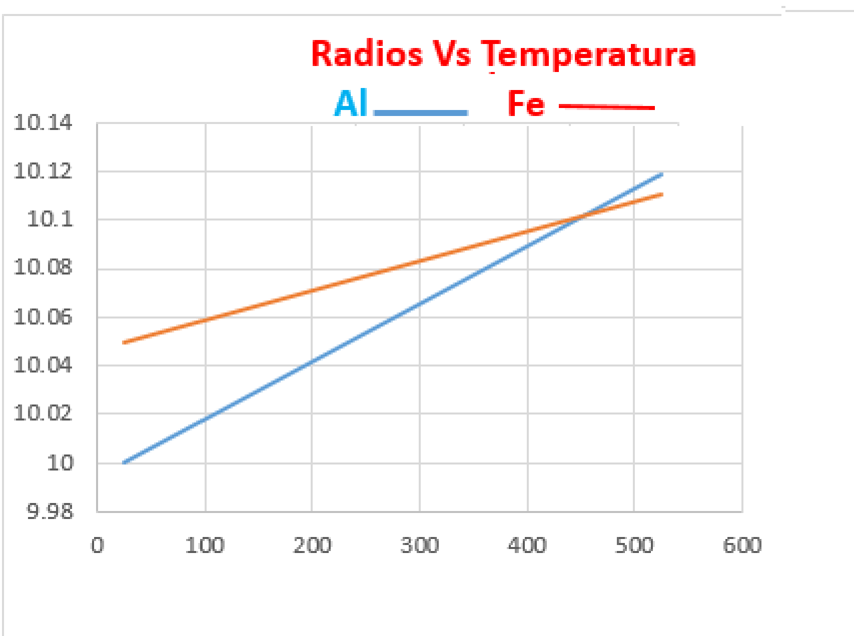


Fig. 6.12 Grafica Radios de anillo y esfera vs. Temperatura. Ejercicio 6.8

c) De la gráfica se extrapola que la temperatura en que la esfera pasa por el anillo es aproximadamente 450°C

EJERCICIO 6.9

Calcular la relación de longitudes que deben cumplir dos varillas cuyos coeficientes de dilatación son de $9,70x10^{-6}/°C$ y $11,7x10^{-6}/°C$, para que a cualquier temperatura la relación de los incrementos de longitud sea de 1,50.

$\Delta L_{v1} = \alpha_{v1} \cdot L_{v1} \cdot \Delta T_{v1}$
$\Delta L_{v2} = \alpha_{v2} \cdot L_{v2} \cdot \Delta T_{v2}$

Siendo la diferencia de temperaturas de ambas varillas iguales:
$\Delta T_{v1} = \Delta T_{v2}$

Siendo la relación de los incrementos en las longitudes:
$\Delta L_{v1} / \Delta L_{v2} = 1,5$ ------------------------- (6.8)

Relación de longitudes, de ec (6.8)

$$r = \frac{L_{v1}}{L_{v2}} = \frac{\Delta L_{v1} \alpha_{v2}}{\Delta L_{v2} \alpha_{v1}} = 1,81$$

EJERCICIO 6.10

Una regla de acero de aproximadamente 1,00 m de longitud, mide exactamente 1,00 m a la temperatura de 0 ºC. Otra regla mide exactamente 1,00 m a 25 ºC. Cuál será la diferencia en la lectura de las reglas a la temperatura de 20 ºC. $\alpha ac= 12x10^{-6}$ $ºC^{-1}$.

EJERCICIO 6.11

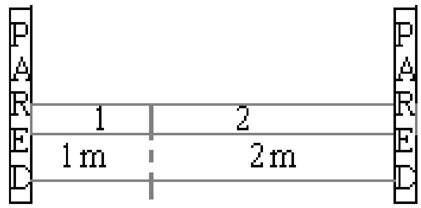
Un alambre de aluminio tiene un diámetro de 1,50 mm, y se mide la longitud con una regla de acero en un ambiente a 25,0 °C resultando ser de 75,20 cm. (aluminio: densidad = 2700 kg/m^3; Coeficiente de expansión lineal = $24 \times 10^{-6}/◦C$); Coeficiente de expansión lineal del acero = $11,0x10^{-6}/◦C$. Se pide:
La lectura en la regla para la longitud de la varilla cuando la temperatura sea de – 12,0◦C.
Solución

$\Delta L = 75,20x(24x10^{-6} – 11,0x10^{-6})x(-12,0 – 25,0) = -0,0362$ cm

Lectura nueva = 75,20 – 0,0362 = 75,16 cm

EJERCICIO 6.12

Dos vigas metálicas, de coeficientes de dilatación lineal α_1=2,0x10^{-5}/°C y α_2=3,0x10^{-5}/°C, se encuentran en contacto a la temperatura de 120°C.



a) A que temperatura las vigas se separan 4,60 mm en sus extremos que se tocan.
b) A la temperatura final de separación, ¿qué deformación experimenta cada viga y cuál es la longitud final de cada una de ellas?

Fig. 6.13 Varillas empotradas. Ejercicio 6.12

Solución

a) ΔL_1 = 1,00x2x10^{-5}xΔT; ΔL_2 = 2,00x3x10^{-5}xΔT;
$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$ = 8x10$^{-5}\Delta T$ = -4,60x10^{-3}: ΔT = -57,5°C; T = 120 – 57,5 = 62,5°C

b) ΔL_1 = 2x10^{-5}x (-57,5) = -1,15x10^{-3} m; ΔL_2 = 6,00x10^{-5}x (-57,5) = -3,45x10^{-3} m
L_1 = 1,00(1+2x10-^{5}x (-57,5)) = 0,999 m; L_2 = 2,00(1+2x10-^{5}x (-57,5)) = 1,997 m

EJERCICIO 6.13

Una pieza de acero de 1,5 cm^2 de sección transversal, ha sido empotrada en invierno, a una temperatura de -10 ºC, entre dos muros de mampostería, separados 5,0 m. La temperatura cambia desde -10º C hasta 50º C. (Y_{acero} = 20x10^{10} N/m^2. α_{acero} = 12x10^{-6} /ºC). Se pide:

a) Si la pieza de acero estuviese libre, calcule la dilatación máxima que sufriría.
b) Encuentre el esfuerzo máximo al que está sometido la pieza de acero al calentarse, debido a su empotramiento.
c) Encuentre una expresión del esfuerzo en la pieza de acero en función de la temperatura y haga una gráfica en un sistema coordenado del esfuerzo vs. la temperatura.

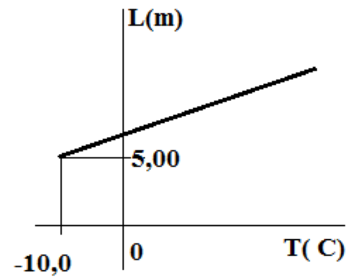
Solución

a) ΔL = 5,00x12x10^{-6}x60 = 3,6x10^{-3} m

b) ΔL = SL/Y; S = 3,6x10^{-3}x20x10^{10}/5,00 = 1,44x10^{8} N/m^2

c) ΔL = 5,00x12x10^{-6}x(T+10,0) = L – 5,00; L(T) = 5,00 + 60,0x10^{-6}(T + 10,0)

Fig. 6.14 Varillas empotradas. Ejercicio 6.13



EJERCICIO 6.14

El coeficiente de dilatación lineal del acero es $\alpha = 12.10^{-6}$ ºC^{-1}. ¿Qué holgura habrá que dejar en una estructura de acero para permitir la dilatación lineal de una viga de 20 m de longitud? Considera que la longitud de la viga se ha medido a 20ºC y que la estructura puede llegar a soportar 70 ºC. (R: 1,2 cm)

PROBLEMAS PROPUESTOS

PROBLEMA 6.1

Dos rieles de acero de 10 metros de largo cada uno, se colocan tocándose uno a otro, a la temperatura de 40°C. A que separación se encontrarán los extremos de la dos rieles cuando la temperatura baja a -10 °C. α ac = 13x10-6 °C^{-1} .

PROBLEMA 6.2

La sección transversal de una barra de acero es de 30 mm^2. Cuál será la fuerza mínima necesaria para evitar su contracción cuando se enfría desde 520°C hasta la temperatura de 20°C. Eac = 2,1x10^6 kg/cm^2.

PROBLEMA 6.3

A la temperatura de 20 °C el volumen de cierto matraz de vidrio es exactamente de 100cm^3 hasta la señal de referencia que lleva su cuello. El matraz está lleno hasta dicha señal con un líquido cuyo α = 120 x 10 $^{-5}$ /° C - . La sección transversal del cuello es de 1cm^2 y puede considerarse constante. Qué volumen ascenderá o descenderá de líquido en el cuello cuando la temperatura se eleve a 40°C. α_V = 8 x 10 $^{-6}$ /° C .

PROBLEMA 6.4

Un frasco de vidrio de un volumen de 1000 cm^3 a 20°C está lleno de mercurio que se derramará cuando la temperatura se eleva a 50°C, siendo el coeficiente de dilatación lineal del vidrio $\alpha_V = 9 \times 10^{-6}$ /°C y el coeficiente de dilatación cúbica del mercurio $\alpha_{Hg} = 1{,}82 \times 10^{-4}$ /° C, calcular el volumen de mercurio derramado.

PROBLEMA 6.5

Una regla de acero tiene una longitud de 1,20 m a 0˚C con igual que otra regla del mismo material a 60,0˚C. Cuál es la diferencia de sus longitudes a 35,0 ˚C

PROBLEMA 6.6

Cuando la temperatura de una moneda metálica se eleva en 100ºC, su diámetro aumenta en 0,150%, determine:

a) El coeficiente de dilatación lineal.
b) El porcentaje de aumento en el área de una cara.
c) Si su volumen inicial es de 9,00 cm^2, halle el incremento en el volumen

PROBLEMA 6.7

La longitud de la columna de mercurio en cierto termómetro es 1,30 cm cuando está en agua con hielo y 12,0 cm cuando está en agua hirviente. En la mesa del laboratorio, la longitud de la columna es 4,3 cm. Halle:

a) La temperatura del laboratorio
b) La longitud de la columna de mercurio cuando la temperatura sea 40 °C
c) Una expresión para la temperatura (T) marcada por el termómetro en función de la longitud de la columna (x) y grafique T vs x

PROBLEMA 6.8

Una esfera de diámetro 20,0 cm, flota entre dos líquidos de densidades 0,800 g/cm^3 y 1,10g/cm^3, sabiendo que la línea de separación de los dos líquidos pasa por el centro de la esfera, determine:

a) La fuerza de empuje sobre la esfera
b) la densidad de la esfera
c) el peso de la esfera

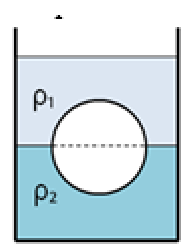


Fig. 6.15 Varillas empotradas. Problema 6.8

PROBLEMA 6.9

La plataforma (P) de la figura es horizontal, se encuentra a 2,00°C y está apoyada en 2 columnas; una de Aluminio ($\alpha_{aluminio} = 24 \times 10^{-6}$ 1/°C) y otra de Hierro ($\alpha_{hierro} = 12 \times 10^{-6}$ 1/°C). Al calentarse las columnas, estas sufren un proceso de dilatación.

a) Determine las longitudes iniciales de ambas columnas a 0 °C para que la plataforma (P) ascienda horizontalmente a cualquier temperatura, sabiendo que el nivel del puntos A se mantiene constante a 50 cm

b) Considerando la parte (a), calcule la altura que asciende la plataforma (P) si la temperatura se incrementa hasta 10°C

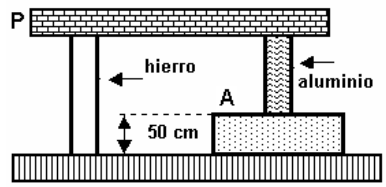


Fig. 6.16 Varillas empotradas. Problema 6.9

PROBLEMA 6.10

Una ampolla de vidrio se llena completamente con 170,5 mL de mercurio a la temperatura de 10,0 ºC. En la boca de la ampolla está soldado un tubo de vidrio de 2,4 mm de diámetro interno como se muestra en la figura. Si la temperatura del sistema inicia a 0,0 ºC y se eleva hasta 60,0 ºC, se pide determinar: (El cambio en el área del tubo puede despreciarse.)

a) El volumen final del mercurio en el tubo de vidrio.
b) Encuentre una expresión para la altura h del mercurio en el tubo de vidrio en función de la temperatura T y grafique h vs T.
c) La altura del mercurio en el tubo.

Los coeficientes de dilatación volumétrica del vidrio y del mercurio son respectivamente: $2{,}2 \times 10^{-5}$ ºC^{-1} y 18×10^{-5} ºC^{-1}

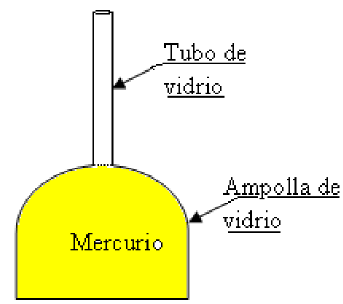


Fig. 6.17 Varillas empotradas. Problema 6.10

PROBLEMA 6.11

En un laboratorio un científico estudia el fenómeno de dilatación, en su experimento desea encajar perfectamente un anillo de cobre en un cilindro. El anillo tiene un radio de 2,00 cm a 20°C y un coeficiente de dilatación lineal de 17×10^{-6}°C^{-1}; determine a que temperatura el anillo debe ser calentado para que sea introducido en un cilindro cuya área de base es igual a 15cm².

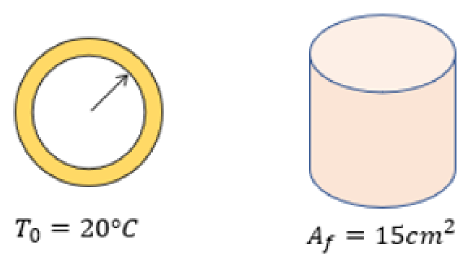


Fig. 6.18 Varillas empotradas. Problema 6.11

PROBLEMA 6.12

Se tiene una cinta métrica de acero calibrada a 25,0ºC y con esta se mide una varilla de aluminio, resultando 5,00 m de longitud. Si se realiza otra medición cuando ambas están a 0ºC, halle la medida que se obtiene. $\alpha_{Acero} = 11 \times 10^{-6}$ ºC^{-1}, $\alpha_{aluminio} = 24 \times 10^{-6}$ ºC^{-1}.
Rpta. 4,99 m

PROBLEMA 6.13

Un cubo de aluminio (α = 2,4 x10^{-5}/ºC) de 0,150 m por lado se calienta desde 20,0 ºC a 80,0 ºC. Calcule:

a) la variación (cambio) de su volumen

b) la variación porcentual de su densidad.

Rpta. 1,46x10^{-5} m^3; b) -0,432%

PROBLEMA 6.14

Un aro de acero sólido de radio 0,450 m gira alrededor de su eje en rodamientos sin fricción con una velocidad angular ω = 32,8 rad/s. Si luego se eleva su temperatura de 20,0 ºC a 80,0 ºC, ($E_c = I\omega^2/2$, $I = MR^2/2$, α = 1,2 x10^{-5}/ ºC)¿cuál es el cambio fraccional en ω?
Rpta. 1,44x10^{-3}