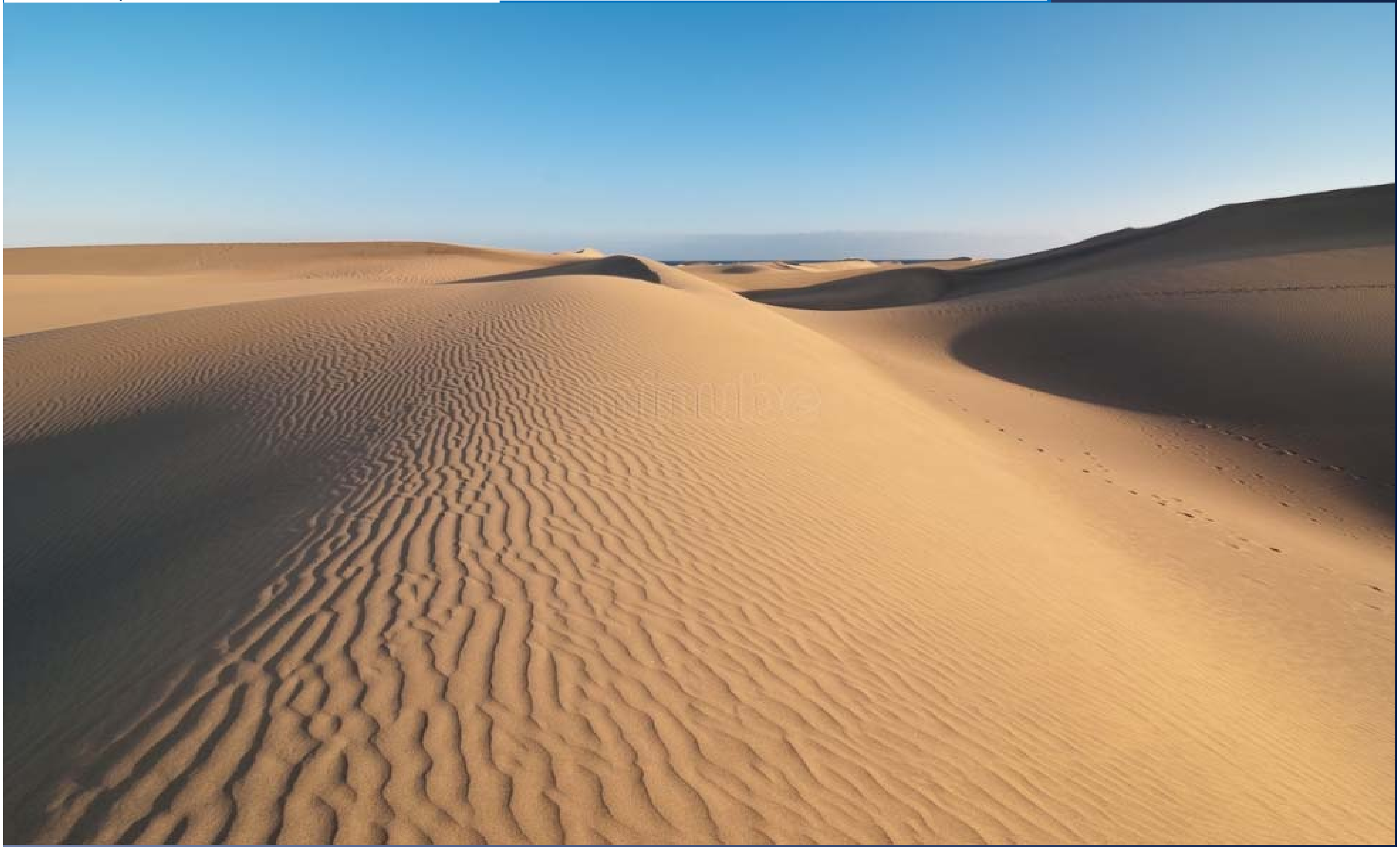
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
Escuela de Arquitectura



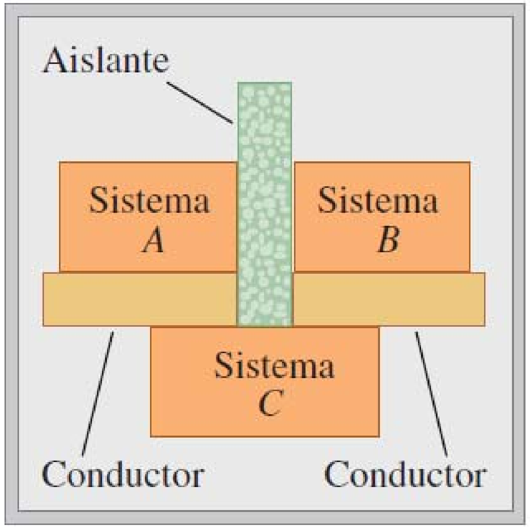
Física I Calor y temperatura. Tema 8

Objetivos

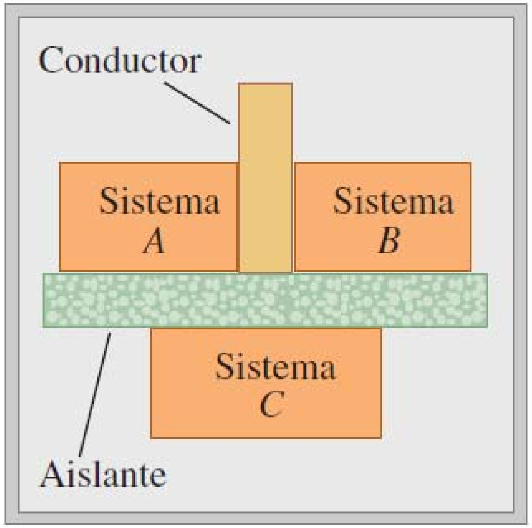
- Comprender el significado de equilibrio térmico
- Entender el funcionamiento de diferentes termómetros.
- Calcular la variación de las dimensiones de un objeto, como resultado del cambio de temperatura.
- Entender la diferencia entre calor y temperatura.
- Efectuar cálculos que incluyan flujo de calor, cambios de temperatura y cambios de fase.
- Aprender cómo se transfiere calor mediante conducción, convección y radiación.

Ley cero de la termodinámica

a) Si los sistemas A y B están cada uno en equilibrio térmico con el sistema C …



b) … los sistemas A y B están en equilibrio térmico entre sí.

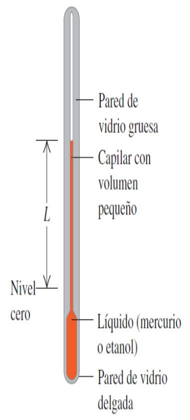


Si inicialmente C está en equilibrio térmico con A y con B, entonces A y B también están en equilibrio térmico entre sí. Este resultado se llama ley cero de la termodinámica.

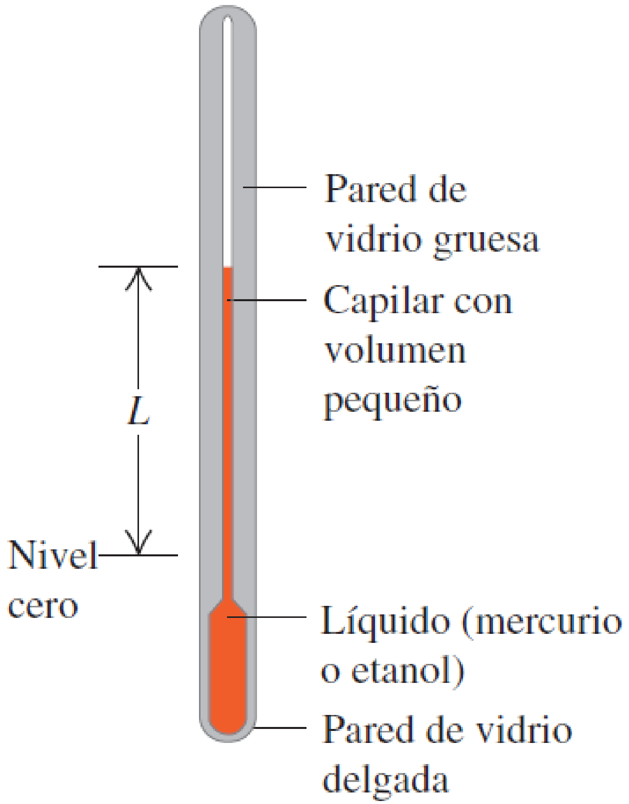
Dos sistemas están en equilibrio térmico si y sólo sí tienen la misma temperatura.

17.2 Termómetros y escalas de temperatura

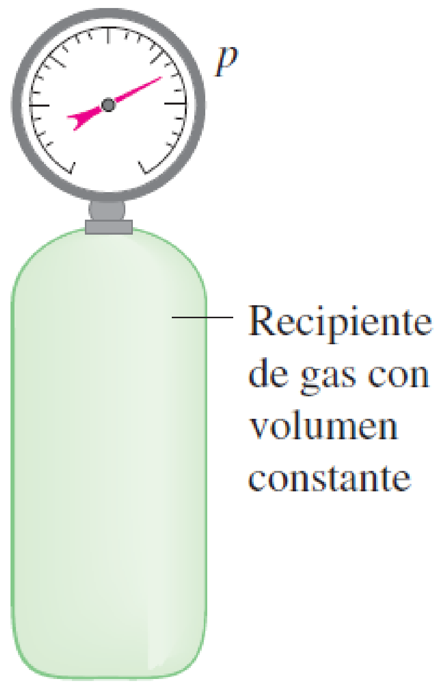
Para que el dispositivo de líquido en un tubo de la figura 17.1a sea un termómetro útil, necesitamos marcar una escala numerada en la pared del tubo. Esos números son arbitrarios, e históricamente se han usado muchos esquemas diferentes. Suponga que marcamos con "0" el nivel del líquido del termómetro a la temperatura de congelación del agua pura, y con "100" el nivel a la temperatura de ebullición, y luego dividimos la distancia entre ambos puntos en cien intervalos iguales llamados *grados*. El resultado es la **escala de temperatura Celsius** (antes llamada *centígrada*). La tempe-



TERMÓMETROS Y ESCALAS DE TEMPERATURA



b) Los cambios de temperatura hacen que cambie la presión del gas



En la **escala de temperatura Fahrenheit**, aún usada en la vida cotidiana en Estados Unidos, la temperatura de congelación del agua es de 32 °F (32 grados Fahrenheit) y la de ebullición es de 212 °F, ambas a presión atmosférica estándar. Hay 180 grados entre la congelación y la ebullición, en vez de 100 como en la escala Celsius, así que 1 °F representa un cambio de temperatura sólo $\frac{100}{180}$, o $\frac{5}{9}$ de 1 °C.

Para convertir temperaturas de Celsius a Fahrenheit, observamos que una temperatura Celsius T_C es el número de grados Celsius arriba de la temperatura de congelación del agua; el número de grados Fahrenheit arriba de dicha temperatura es $\frac{9}{5}$ de esa cantidad, pero la temperatura de congelación del agua en la escala Fahrenheit ocurre a 32 °F, así que, para obtener la temperatura Fahrenheit T_F, multiplicamos el valor Celsius por $\frac{9}{5}$ y le sumamos 32°. Con símbolos,

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32° \qquad (17.1)$$

la **escala de temperatura Kelvin**, así llamada por el físico inglés Lord Kelvin (1824-1907). Las unidades tienen el mismo tamaño que las de la escala Celsius, pero el cero se desplaza de modo que 0 K = −273.15 °C y 273.15 K = 0 °C; es decir,

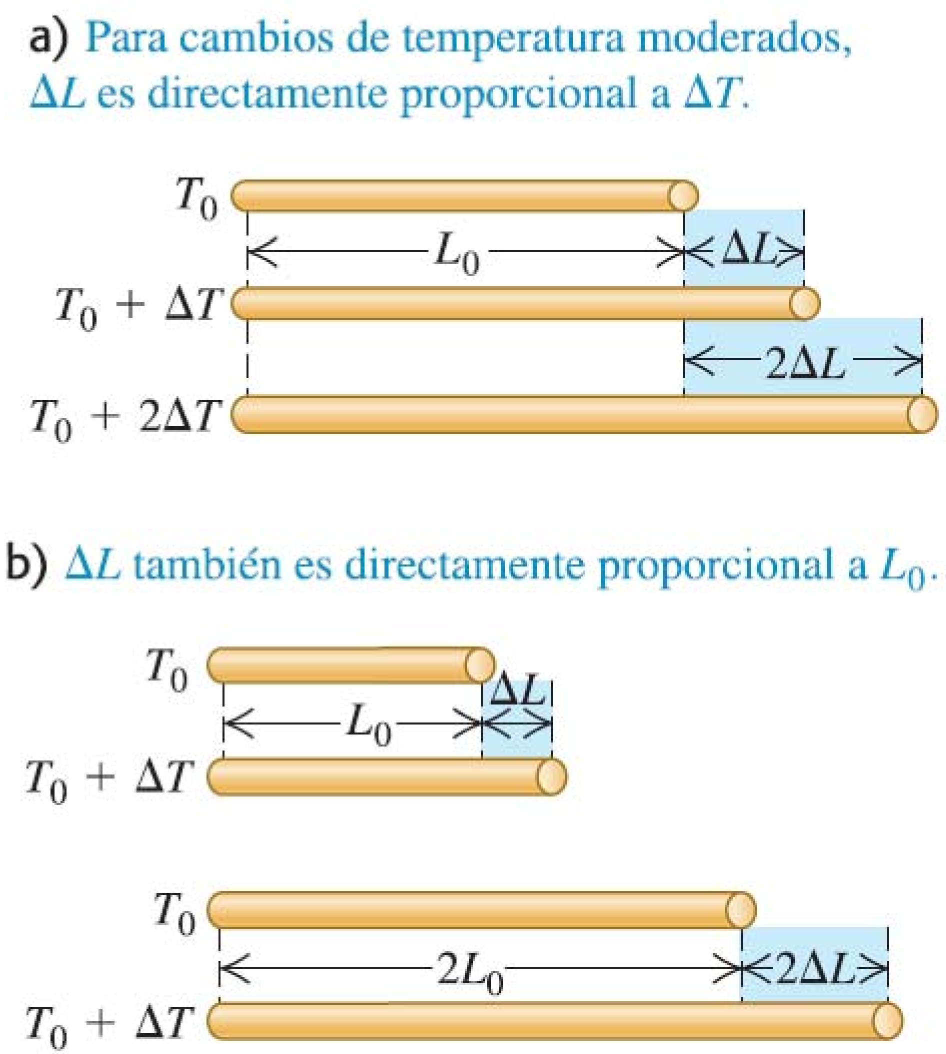
$$T_K = T_C + 273.15 \tag{17.3}$$

Ejemplo 8-1

Temperatura corporal

Imagine que coloca un trozo de hielo en la boca. En algún momento, toda el agua pasa de hielo a $T_1 = 32.00$ °F a la temperatura corporal $T_2 = 98.60$ °F. Exprese estas temperaturas como °C y K, y calcule $\Delta T = T_2 - T_1$ en ambos casos.

EXPANSIÓN TÉRMICA



$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \qquad \text{(expansión térmica lineal)}$$

$$\alpha = \frac{1}{L}\frac{dL}{dT}$$

Si un cuerpo tiene longitud L_o a la temperatura T_o su longitud L a la temperatura $T=T_o+\Delta T$ es:

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

Tabla 17.1 Coeficientes de expansión lineal

Material	$\alpha\,[\mathrm{K}^{-1}$ o $(\mathrm{C}°)^{-1}]$
Aluminio	2.4×10^{-5}
Latón	2.0×10^{-5}
Cobre	1.7×10^{-5}
Vidrio	$0.4\text{–}0.9 \times 10^{-5}$
Invar (aleación níquel-hierro)	0.09×10^{-5}
Cuarzo (fundido)	0.04×10^{-5}
Acero	1.2×10^{-5}

Expansión de volumen

Un aumento de temperatura suele aumentar el *volumen* de materiales tanto líquidos como sólidos. Al igual que en la expansión lineal, se ha visto experimentalmente que, si el cambio de temperatura ΔT no es muy grande (menos de 100 C°), el aumento de volumen ΔV es aproximadamente proporcional al cambio de temperatura ΔT y al volumen inicial V_0:

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T \qquad \text{(expansión térmica de volumen)} \qquad (17.8)$$

$$\beta = \frac{1}{V}\frac{dV}{dT}$$

$$\beta = 3\alpha$$

Tabla 17.2 Coeficientes de expansión de volumen

Sólidos	$\beta\,[K^{-1}\text{ o }(C°)^{-1}]$	Líquido	$\beta\,[K^{-1}\text{ o }(C°)^{-1}]$
Aluminio	7.2×10^{-5}	Etanol	75×10^{-5}
Latón	6.0×10^{-5}	Disulfuro de carbono	115×10^{-5}
Cobre	5.1×10^{-5}	Glicerina	49×10^{-5}
Vidrio	$1.2–2.7 \times 10^{-5}$	Mercurio	18×10^{-5}
Invar	0.27×10^{-5}		
Cuarzo (fundido)	0.12×10^{-5}		
Acero	3.6×10^{-5}		

Ejemplo 8-2

Un evaluador usa una cinta métrica de acero que tiene exactamente 50.000 m de longitud a una temperatura de 20 °C. ¿Qué longitud tiene en un día caluroso de verano en el que la temperatura es de 35 °C?

50,009 m

Ejemplo 8-3

En el ejemplo 17.2, el evaluador usa la cinta para medir una distancia cuando la temperatura es de 35 °C; el valor que lee es 35.794 m. Determine la distancia real. Suponga que la cinta está calibrada para usarse a 20 °C.

35,800 m

Ejemplo 8-4

Un frasco de vidrio con volumen de 200 cm^3 se llena hasta el borde con mercurio a 20 °C. ¿Cuánto mercurio se desbordará si la temperatura del sistema se eleva a 100 °C? El coeficiente de expansión lineal del vidrio es de 0.40×10^{-5} K^{-1}.

2,7 cm^3

Esfuerzo térmico

Si sujetamos rígidamente los extremos de una varilla para evitar su expansión o contracción y luego variamos la temperatura, aparecerán esfuerzos de tensión o compresión llamados **esfuerzos térmicos**. La varilla quiere expandirse o contraerse, pero las abrazaderas no la dejan. Los esfuerzos pueden ser tan grandes que deformen irreversiblemente la varilla o incluso la rompan. (Quizá sea conveniente repasar la explicación de esfuerzo y deformación en la sección 11.4.)

Los ingenieros deben tomar en cuenta el esfuerzo térmico al diseñar estructuras. Las autopistas de hormigón y las cubiertas de puentes suelen tener espacios entre secciones, llenos con material flexible o salvados por dientes que embonan (figura 17.13), con la finalidad de permitir la expansión y contracción del hormigón. Las tuberías de vapor largas tienen juntas de expansión o secciones con forma de U para evitar que se pandeen o estiren al cambiar la temperatura. Si un extremo de un puente de acero está fijo rígidamente a su estribo, el otro por lo regular descansa en rodillos.

$$\left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)_{térmico} = \alpha \Delta T$$

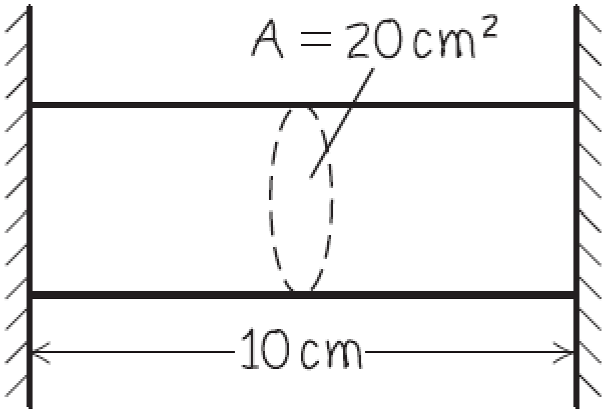
Módulo de Young $\quad Y = \dfrac{F/A}{\Delta L / L_0}; \quad \Rightarrow \left(\dfrac{\Delta L}{L_0}\right)_{tensión} = \dfrac{F}{AY}$

Si la longitud tiene que ser constante $\quad \left(\dfrac{\Delta L}{L_0}\right)_{térmico} + \left(\dfrac{\Delta L}{L_0}\right)_{tensión} = \alpha \Delta T + \dfrac{F}{AY} = 0$

$$\frac{F}{A} = -Y\alpha\,\Delta T \qquad \text{(esfuerzo térmico)}$$

Ejemplo 8-5 .-Esfuerzo térmico

Un cilindro de aluminio de 10 cm de longitud, con área transversal de 20 cm^2, se usará como espaciador entre dos paredes de acero. A 17.2 °C, el cilindro apenas se desliza entre las paredes. Si se calienta a 22.3 °C, ¿qué esfuerzo habrá en el cilindro y qué fuerza total ejercerá éste sobre cada pared, suponiendo que las paredes son perfectamente rígidas y están separadas por una distancia constante?



Datos; para el aluminio:

$$\alpha = 2,4 \times 10^{-5} K^{-1} \; ; \; Y = 7,0 \times 10^{11} Pa$$

Cantidad de calor

Si metemos una cuchara fría en una taza con café caliente, la cuchara se calienta y el café se enfría para establecer el equilibrio térmico. La interacción que causa estos cambios de temperatura es básicamente una transferencia de *energía* de una sustancia a otra. La transferencia de energía que se da exclusivamente por una diferencia de temperatura se denomina *flujo de calor* o *transferencia de calor*, en tanto que la energía así transferida se llama **calor**.

Cuidado **Temperatura contra calor** Es absolutamente indispensable tener bien clara la distinción entre *temperatura* y *calor*. La temperatura depende del estado físico de un material y es una descripción cuantitativa de su calidez o frialdad. En física, el término "calor" siempre se refiere a transferencia de energía de un cuerpo o sistema a otro, a causa de una diferencia de temperatura, nunca a la cantidad de energía contenida en un sistema dado. Podemos modificar la temperatura de un cuerpo agregándole o quitándole calor, o agregándole o quitándole energía de otras formas, como trabajo mecánico (figura 17.15a). Si cortamos un cuerpo a la mitad, cada mitad tiene la misma temperatura que el todo; no obstante, para elevar la temperatura de una mitad un intervalo dado, le agregamos la *mitad* del calor que agregaríamos al todo.

Calor específico

Usamos el símbolo Q para cantidad de calor. Cuando el calor está asociado a un cambio de temperatura infinitesimal dT, lo llamamos dQ. Se observa que la cantidad de calor Q necesaria para elevar la temperatura de una masa m de cierto material de T_1 a T_2 es aproximadamente proporcional al cambio de temperatura $\Delta T = T_2 - T_1$ y a la masa m del material. Si calentamos agua para hacer té, necesitamos el doble de calor para dos tazas que para una, si el intervalo de temperatura es el mismo. La cantidad de calor requerida también depende de la naturaleza del material; se requieren 4190 J de calor para elevar la temperatura de 1 kilogramo de agua 1 C°, pero sólo 910 J para elevar en 1 C° la temperatura de 1 kilogramo de aluminio.

Juntando todas estas relaciones, tenemos

$$Q = mc\,\Delta T \quad \text{(calor requerido para cambiar la temperatura de la masa } m\text{)} \qquad (17.13)$$

donde c es una cantidad, diferente para cada material, llamada **calor específico** del material. Para un cambio infinitesimal de temperatura dT y la cantidad de calor correspondiente dQ,

Cambios de fase

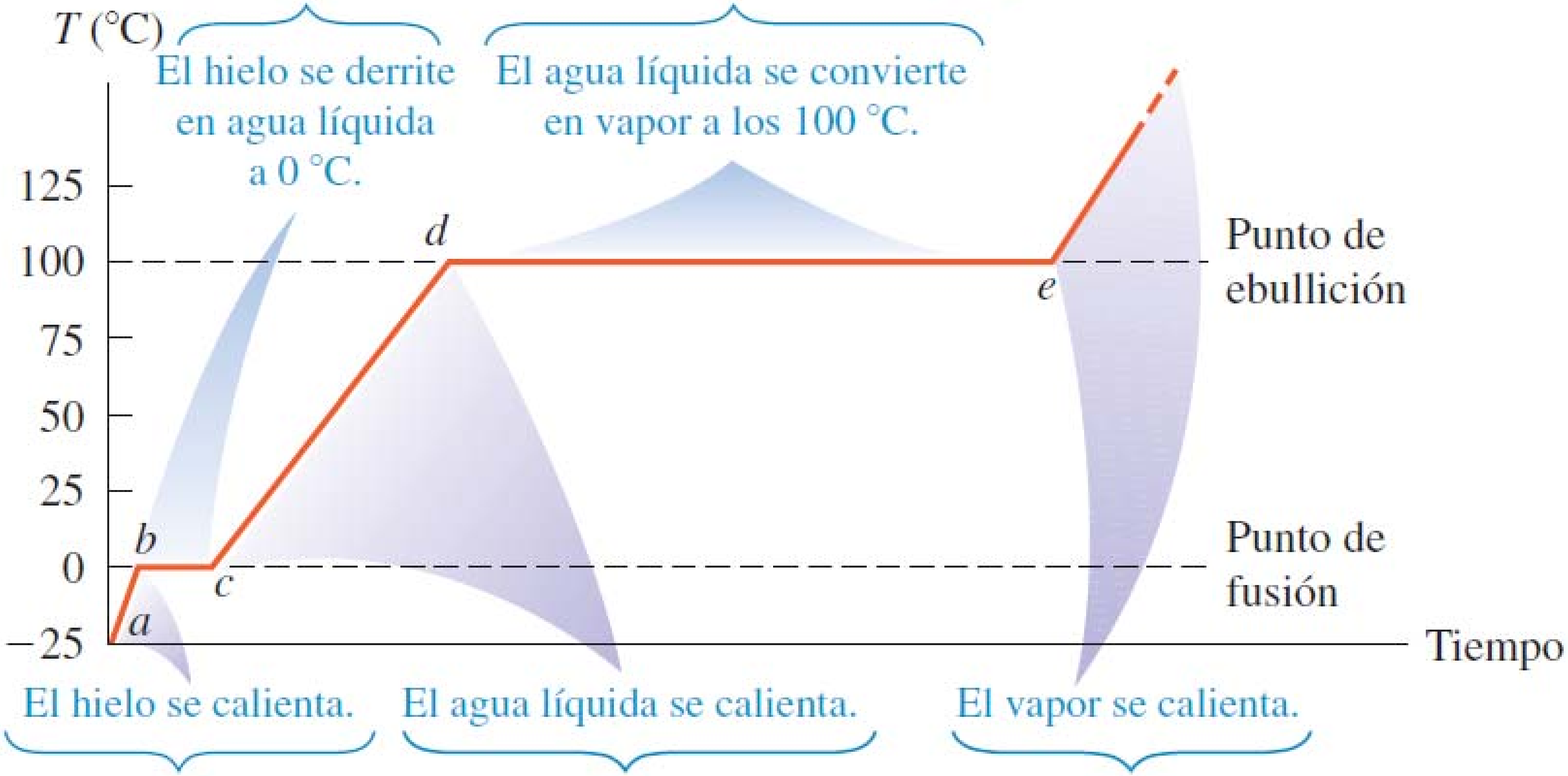
Usamos el término **fase** para describir un estado específico de la materia, como sólido, líquido o gas. El compuesto H_2O existe en la *fase sólida* como hielo, en la *fase líquida* como agua y en la *fase gaseosa* como vapor de agua. (También llamamos a éstos **estados de la materia**: el estado sólido, el estado líquido y el estado gaseoso.) Una transición de una fase a otra es un **cambio de fase**. Para una presión dada, los cambios de fase se dan a una temperatura definida, generalmente acompañada por absorción o emisión de calor, y un cambio de volumen y densidad.

Un ejemplo conocido de cambio de fase es la fusión del hielo. Si agregamos calor al hielo a 0 °C y a presión atmosférica normal, la temperatura del hielo *no* aumenta. En vez de ello, parte de él se funde para formar agua líquida. Si agregamos calor lentamente, manteniendo el sistema muy cerca del equilibrio térmico, la temperatura seguirá en 0 °C hasta que todo el hielo se haya fundido (figura 17.19). El efecto de agregar calor a este sistema no es elevar su temperatura sino cambiar su *fase* de sólida a líquida.

Para convertir 1 kg de hielo a 0 °C en 1 kg de agua líquida a 0 °C y a presión atmosférica normal, necesitamos 3.34×10^5 J de calor. El calor requerido por unidad de masa se llama **calor de fusión** (o *calor latente de fusión*), denotado con L_f. Para el agua a presión atmosférica normal, el calor de fusión es

$$L_f = 3.34 \times 10^5 \text{ J/kg} = 79.6 \text{ cal/g} = 143 \text{ Btu/lb}$$

Cambios de fase del agua. Durante estos periodos, la temperatura se mantiene constante y ocurre un cambio de fase conforme se agrega calor: $Q = +mL$.



Cambios de la temperatura del agua. Durante este periodo, la temperatura aumenta al agregarse calor: $Q = mc\Delta T$.

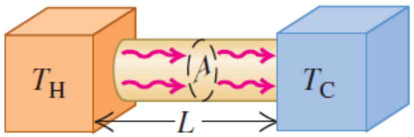
Mecanismos de transferencia de calor

Los tres mecanismos de transferencia de calor son conducción, convección y radiación. Hay *conducción* dentro de un cuerpo o entre dos cuerpos que están en contacto. La *convección* depende del movimiento de una masa de una región del espacio a otra. La *radiación* es transferencia de calor por radiación electromagnética, como la luz del Sol, sin que tenga que haber materia en el espacio entre los cuerpos.

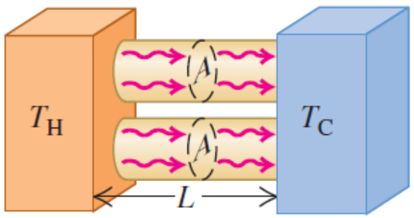
Conducción

17.23 Flujo de calor en estado estable debido a conducción en una varilla uniforme.

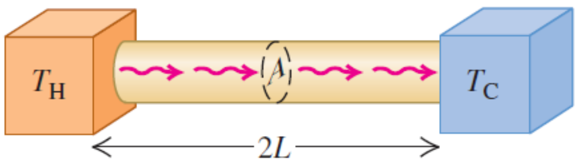
a) Corriente de calor H.



b) Al duplicar el área transversal del conductor, se duplica la corriente de calor (H es proporcional a A).



c) Al duplicar la longitud del conductor, se reduce a la mitad la corriente de calor (H es inversamente proporcional a L).



$$H = \frac{dQ}{dt} = kA\frac{T_H - T_C}{L}$$

k Conductividad térmica [$Wm^{-1}K^{-1}$]

$$H = \frac{dQ}{dt} = kA\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Esta ecuación puede ser escrita como:

$$\Delta T = H\frac{\Delta x}{kA} = HR$$

Siendo $$R = \frac{\Delta x}{kA}$$

Ejemplo 8-6

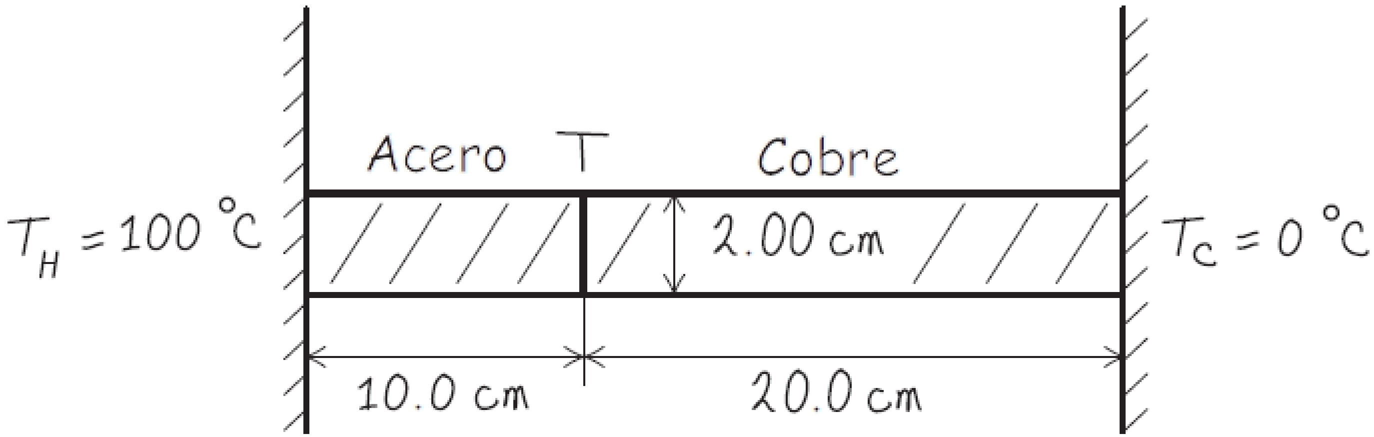
Una caja de espuma de poliestireno para mantener frías las bebidas en un día de campo (figura 17.25a) tiene un área de pared total (incluida la tapa) de 0.80 m^2 y un espesor de pared de 2.0 cm, y está llena con hielo, agua y latas de Omni-Cola a 0 °C. Calcule la tasa de flujo de calor hacia el interior de la caja, si la temperatura exterior es de 30 °C. ¿Cuánto hielo se derrite en un día?

Datos: Calor latente de fusión del hielo 3,34 x 10^5 J/kg
Conductividad térmica del poliestireno k=0,010 $Wm^{-1}K^{-1}$

Solución: 3,1 kg

Ejemplo 8-7 Conducción a través de dos barras I

Una barra de acero de 10.0 cm de longitud se suelda extremo con extremo a una barra de cobre de 20.0 cm de longitud. Ambas están perfectamente aisladas por sus costados. Las barras tienen la misma sección transversal cuadrada de 2.00 cm por lado. El extremo libre de la barra de acero se mantiene a 100 °C poniéndolo en contacto con vapor de agua, y el de la barra de cobre se mantiene a 0 °C poniéndolo en contacto con hielo. Calcule la temperatura en la unión de las dos barras y la tasa de flujo de calor total.



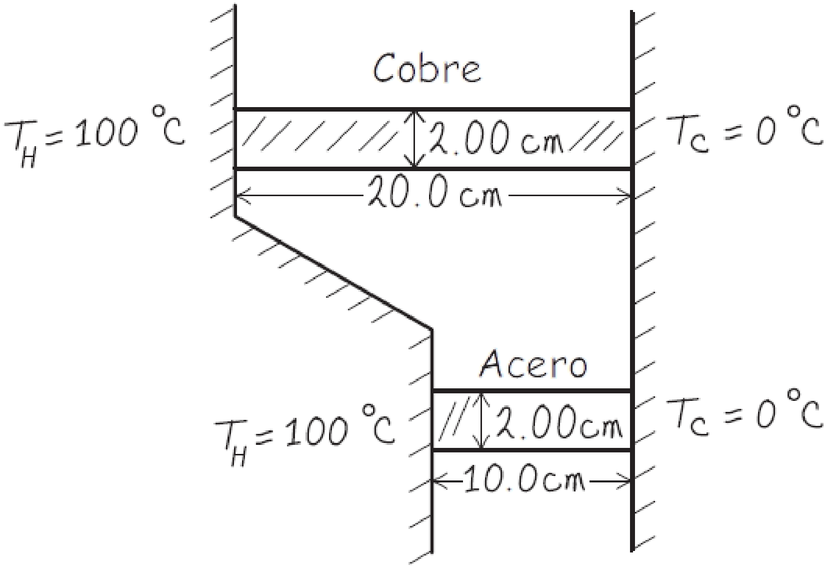
Datos: Conductividad térmica del acero $k=50{,}2\ Wm^{-1}K^{-1}$

Conductividad térmica del cobre $k=385\ Wm^{-1}K^{-1}$

Solución: 15,9 W

Ejemplo 8-8 Conducción a través de dos barras II

En el ejemplo 17.13, suponga que las dos barras se separan. Un extremo de cada una se mantiene a 100 °C, y el otro, a 0 °C. Determine la tasa *total* de flujo de calor en las dos barras.



Solución: 97,1 W

Convección

La **convección** es transferencia de calor por movimiento de una masa de fluido de una región del espacio a otra. Como ejemplos conocidos tenemos los sistemas de calefacción domésticos de aire caliente y de agua caliente, el sistema de enfriamiento de un motor de combustión y el flujo de sangre en el cuerpo. Si el fluido circula impulsado por un ventilador o bomba, el proceso se llama *convección forzada*; si el flujo se debe a diferencias de densidad causadas por expansión térmica, como el ascenso de aire caliente, el proceso se llama *convección natural* o *convección libre* (figura 17.28).

La convección libre en la atmósfera desempeña un papel dominante en la determinación del estado del tiempo, y la convección en los océanos es un mecanismo importante de transferencia global de calor. En una escala menor, los halcones que planean y los pilotos de planeadores, aprovechan las corrientes térmicas que suben del suelo caliente. El mecanismo de transferencia de calor más importante dentro del cuerpo humano (necesario para mantener una temperatura casi constante en diversos entornos) es la convección *forzada* de sangre, bombeada por el corazón.

La transferencia de calor convectiva es un proceso muy complejo, y no puede describirse con una ecuación simple. Veamos algunos hechos experimentales:

Radiación

La **radiación** es la transferencia de calor por ondas electromagnéticas como la luz visible, el infrarrojo y la radiación ultravioleta. Todos hemos sentido el calor de la radiación solar y el intenso calor de un asador de carbón, o las brasas de una chimenea. Casi todo el calor de estos cuerpos tan calientes no nos llega por conducción ni por convección en el aire intermedio, sino por *radiación*. Habría esta transferencia de calor aunque sólo hubiera vacío entre nosotros y la fuente de calor.

Todo cuerpo, aun a temperaturas ordinarias, emite energía en forma de radiación electromagnética. A temperaturas ordinarias, digamos 20 °C, casi toda la energía se transporta en ondas de infrarrojo con longitudes de onda mucho mayores que las de la luz visible (véanse las figuras 17.4 y 17.29). Al aumentar la temperatura, las longitudes de onda se desplazan hacia valores mucho menores. A 800 °C, un cuerpo emite suficiente radiación visible para convertirse en objeto luminoso "al rojo vivo", aunque aun a esta temperatura la mayoría de la energía se transporta en ondas de infrarrojo. A 3000 °C, la temperatura de un filamento de bombilla incandescente, la radiación contiene suficiente luz visible para que el cuerpo se vea "al rojo blanco".

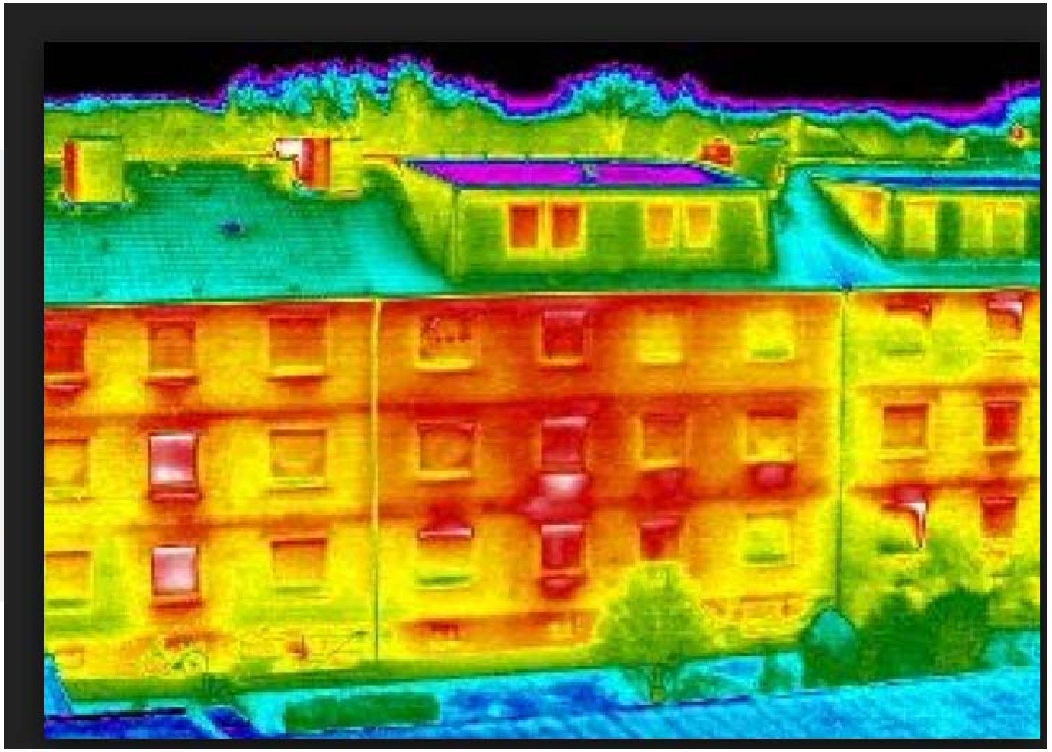
La tasa de radiación de energía de una superficie es proporcional a su área superficial A, y aumenta rápidamente con la temperatura, según la cuarta potencia de la temperatura absoluta (Kelvin). La tasa también depende de la naturaleza de la superficie; esta dependencia se describe con una cantidad e llamada **emisividad**: un número adimensional entre 0 y 1 que representa la relación entre la tasa de radiación de una superficie dada y la de un área igual de una superficie radiante ideal a la misma temperatura. La emisividad también depende un poco de la temperatura. Así, la corriente de calor $H = dQ/dt$ debida a radiación de un área superficial A con emisividad e a la temperatura absoluta T se puede expresar como

$$H = Ae\sigma T^4 \quad \text{(corriente de calor por radiación)} \qquad (17.25)$$

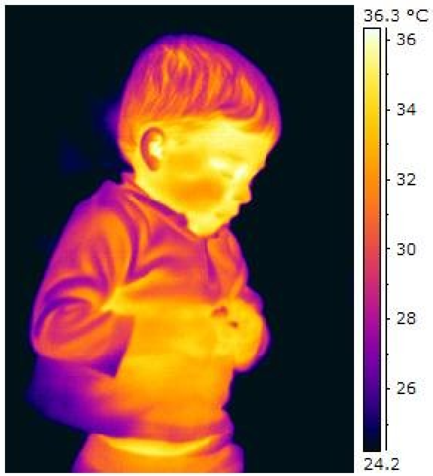
donde σ es la constante física fundamental llamada **constante de Stefan-Boltzmann**. Esta relación se llama **ley de Stefan-Boltzmann** en honor de sus descubridores de finales del siglo XIX. El mejor valor numérico actual de σ es

$$\sigma = 5,670400 \times 10^{-8} \ Wm^{-2}K^{4}$$


1280 × 688 – dcine.org




SCHWARZENEGGER
PREDATOR


36.3 °C
36
34
32
30
28
26
24.2

Problema 8-1.- La cantidad de calor emitida por un cuerpo viene dada por la expresión:

$$Q=\mu A(T-T_0)t$$

Siendo μ el coeficiente de emisión ,que se puede suponer constante para temperaturas inferiores a 30 ºC, T la temperatura del cuerpo , T_0 la temperatura del medio y t el tiempo. Calcular la cantidad de calor emitida en 1 minuto por una esfera metálica de 1m de diámetro cuya temperatura es de 30ºC rodeada por un medio a 20ºC

(Dato $\mu=1{,}39$ cal $m^{-2}s^{-1}$ $ºC^{-1}$)

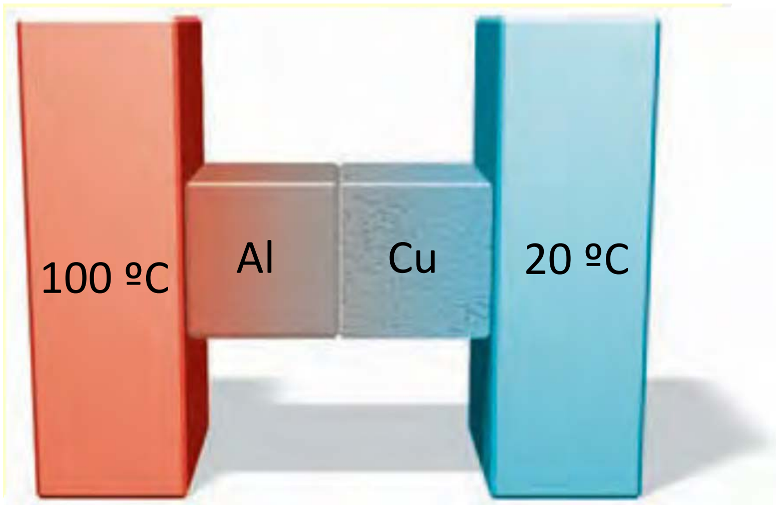
Solución: 2,62kcal

Problema 8-2

En un país muy frío cuya temperatura media anual es de 0 ºC, se dispone de una casa de piedra con una superficie total de contacto con el aire de 500 m^2, cuyas paredes tienen un espesor de 40 cm. Admitiremos un coeficiente medio de conducción de 2,9 kcal $m^{-1}h^{-1}$ $ºC^{-1}$. Debido al enorme gasto de calefacción, se sustituye dicha casa por otra de madera, cuyas paredes tienen un espesor de 30 cm e igual superficie, con un coeficiente medio de conducción igual a 0,13 kcal $m^{-1}h^{-1}$ $ºC^{-1}$. Calcular el ahorro anual en pesetas si se desea mantener en el interior de la casa una temperatura de 20 ºC. El combustible empleado es líquido de 10500 Kcal./kg de poder calorífico y de 360 €/Tm.

Solución: 20482 €

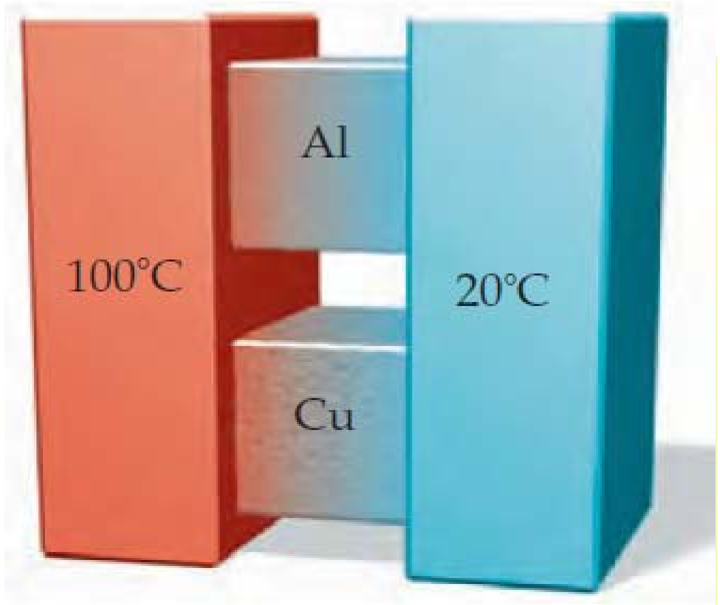
Problema 8-3



Se disponen de dos cubos metálicos de 3cm. de lado, uno de cobre y otro de aluminio de la manera que se indica en la figura 1. Calcular a) La resistencia térmica de cada uno de los cubos. b) La resistencia total del sistema. c) el flujo de energía I d) la temperatura T en la superficie de contacto entre los dos cubos. (Los coeficientes de conductividad térmica en el S.I. para el Al y el Cu son respectivamente: 237 y 401.)

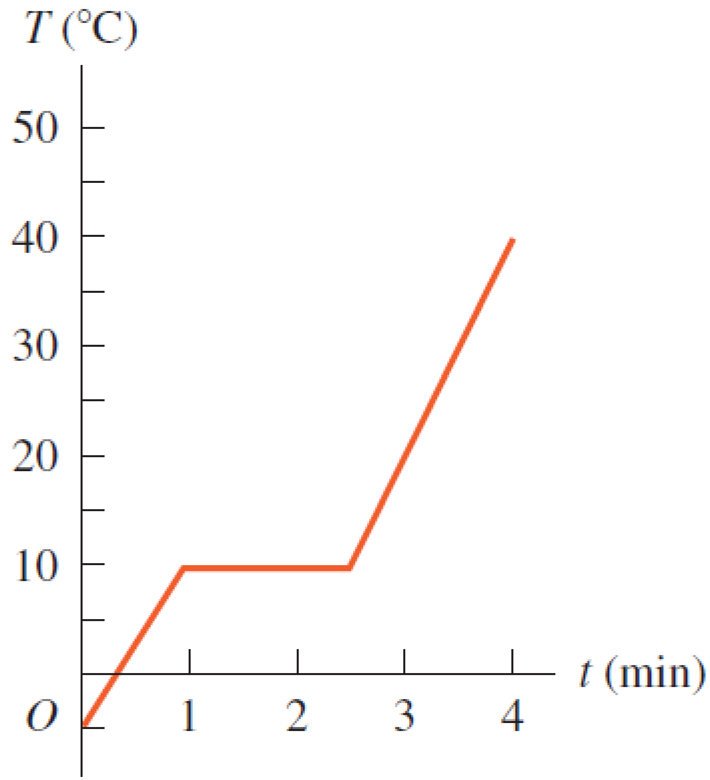
Problema 8-4

-Los mismos cubos empleados en el problema anterior se disponen ahora de la forma indicada en la figura 2. Hallar a)La corriente térmica que atraviesa cada cubo de un lado a otro. b) la corriente térmica total. c) la resistencia térmica equivalente de los dos cubos.



Problema 8-5

Imagine que trabaja como físico e introduce calor en una muestra sólida de 500 g a una tasa de 10.0 kJ/min mientras registra su temperatura en función del tiempo. La gráfica de sus datos se muestra en la figura 17.30. *a*) Calcule el calor latente de fusión del sólido. *b*) Determine los calores específicos de los estados sólido y líquido del material.



Solución: a) L=3,00 x 10^4 J/kg
b) 1,33x 10^4 J/kg K;) 1,00x 10^4 J/kg K

Problema 8-6

Un carpintero construye una pared exterior con una capa de madera ($k = 0.080\ \mathrm{W/m \cdot K}$) de 3.0 cm de espesor externa y una capa de espuma de poliestireno ($k = 0.010\ \mathrm{W/m \cdot K}$) de 2.2 cm de espesor interna. La temperatura de la superficie interior es de 19.0 °C, y la exterior, −10.0 °C. *a*) Calcule la temperatura en la unión entre la madera y la espuma de poliestireno. *b*) Calcule la tasa de flujo de calor por metro cuadrado a través de esta pared.

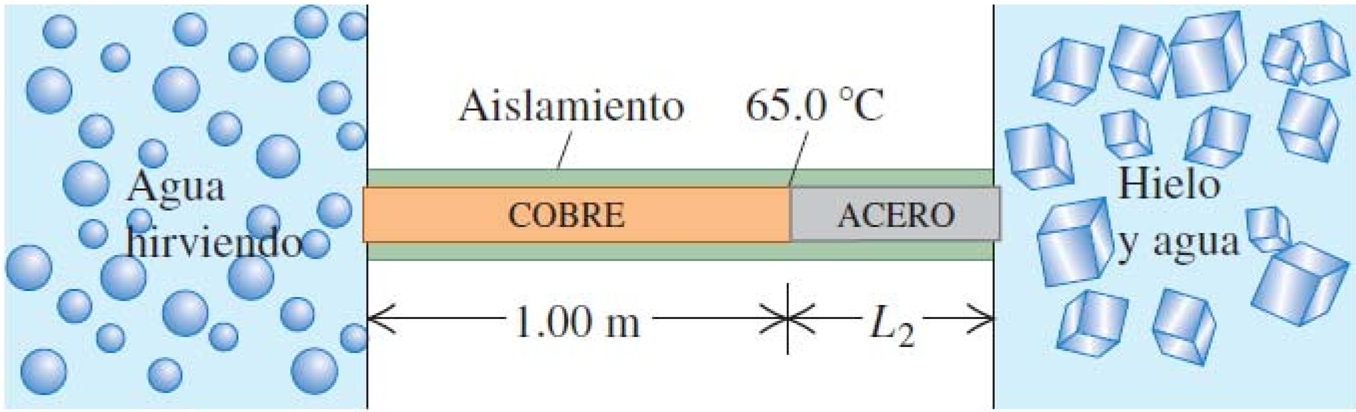
Solución: a) -5,8 ºC
b) 11 W m^{-2}

Tabla 17.5 Conductividades térmicas

Sustancia	k (W/m · K)
Metales	
Aluminio	205.0
Latón	109.0
Cobre	385.0
Plomo	34.7
Mercurio	8.3
Plata	406.0
Acero	50.2
Sólidos (valores representativos)	
Ladrillo, aislante	0.15
Tabique (ladrillo rojo)	0.6
Concreto (hormigón)	0.8
Corcho	0.04
Fieltro	0.04
Fibra de vidrio	0.04
Vidrio	0.8
Hielo	1.6
Lana mineral	0.04
Espuma de poliestireno	0.01
Madera	0.12–0.04

Problema 8-7

Una varilla, larga y aislada está en contacto térmico perfecto para evitar pérdidas de calor por sus costados, en un extremo con agua hirviendo (a presión atmosférica) y con una mezcla agua-hielo en el otro (figura 17.31). La varilla consiste en un tramo de 1.00 m de cobre (con un extremo en contacto con vapor de agua) y el otro, unido a tope con un tramo L_2 de acero (con un extremo en contacto con la mezcla hielo-agua). Ambos tramos tienen una área transversal de 4.00 cm^2. La temperatura en la unión cobre-acero es de 65.0 °C una vez que se alcanza el estado de equilibrio. *a*) ¿Cuánto calor por segundo fluye del baño de vapor a la mezcla hielo-agua? *b*) ¿Qué longitud L_2 tiene el tramo de acero?



Problema 8-8

Una cabaña rústica tiene un piso cuya área es de 3.50 m $\times$ 3.00 m. Sus paredes, que miden 2.50 m de alto, están hechas de madera (conductividad térmica de 0.0600 W/m · K) de 1.80 cm de grosor y están aisladas con 1.50 cm de un material sintético. Cuando la temperatura exterior es de 2.00 °C, es necesario calentar la habitación a una tasa de 1.25 kW para mantener su temperatura a 19.0 °C. Calcule la conductividad térmica del material aislante. Desprecie la pérdida de calor a través del techo y el piso. Suponga que las superficies interna y externa de la pared tienen la misma temperatura que el aire en el interior y afuera de la cabaña.

Problema 8-9

Efecto de una ventana en una puerta. Un carpintero construye una puerta de madera sólida de 2.00 m $\times$ 0.95 m $\times$ 5.0 cm. Su conductividad térmica es $k = 0.120$ W/m $\cdot$ K. Las películas de aire en las superficies interior y exterior de la puerta tienen la misma resistencia térmica combinada, que un espesor adicional de 1.8 cm de madera sólida. La temperatura interior es de 20.0 °C, y la exterior, de -8.0 °C. *a*) Calcule la tasa de flujo de calor a través de la puerta. *b*) ¿En qué factor aumenta el flujo de calor, si en la puerta se coloca una ventana cuadrada de 0.500 m por lado? El vidrio tiene un espesor de 0.450 cm y una conductividad térmica de 0.80 W/m $\cdot$ K. Las películas de aire junto al cristal tienen una resistencia térmica total igual a la de otros 12.0 cm de vidrio.