• Temperatura → energía cinética de las moléculas de un material.

• Temperatura → “frio” o “caliente” → escala de temperatura

• Medición de temperatura → Termómetro (variable termométrica)

• Equilibrio térmico entre el termómetro y sistema a medir

Temperatura y equilibrio térmico

Ley cero de la termodinámica

**Dos sistemas están en equilibrio térmico si y solo si tienen la misma temperatura.**

Aislante

Sistema

Sistema

*B*

Sistema

Conductor

Conductor

**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 termo dinámica.**

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Termómetro de mercurio

**Escala de temperatura Fahrenheit**

**Escala de temperatura Kelvin**

Termómetros y escalas de temperatura

к с F El agua hierve 373 + 100° + 2120+

K 100 C 180 F El agua se congela\_V\_273+ V-0° V-32°+

El CO2

—195 -78° |--109°+ se solidifica El oxígeno se licua — 90+--183° +--298°+

Cero absoluto

01-*-27*3° 1—–460°1

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

T2T1 = P2P1

Termómetro de gas a volumen constante, T en kelvins.

T Ttriple= P Ptriple Ttriple = 273.16 K (0.01 °C)

17.2 • BIO T**emperaturas en biomedicina. *a*) Temperatura co**rpo **ral normal.** La temperatura corporal normal promedio medida en la boca es de 310 K. ¿Cuál es la temperatura en grados Celsius y Fahrenheit? *b*) **Temperatura corporal elevada**. Durante el ejercicio muy vigoroso, la temperatura del cuerpo puede elevarse hasta 40°C. ¿Cuál es la temperatura en kelvins y en grados Fahrenheit? c) **Diferen cia de temperatura en el cuer**po. La temperatura de la superficie del cuerpo es aproximadamente 7 Co más baja que la temperatura interna. Exprese esta diferencia de temperatura en kelvins y en grados Fahren heit. *d*) **Almacenamiento d**e sangre. La sangre almacenada a 4.0°C dura aproximadamente 3 semanas, mientras que la sangre almacenada a –160°C tiene una duración de 5 años. Exprese ambas temperaturas en las escalas Fahrenheit y Kelvin. e) Insolación. Si la temperatura del cuerpo está arriba de 105°F durante un periodo de tiempo prolon gado, se puede sufrir insolación. Exprese esta temperatura en las es calas Celsius y Kelvin.

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

*1*7.5 • Se coloca una botella de bebida gaseosa en un refrigerador y se deja ahí hasta que su temperatura haya bajado 10.0 K. Calcule el cambio de temperatura en a) Fo y *b)* Co. 17.6 • Convierta las siguientes temperaturas Kelvin a las escalas Celsius y Fahrenheit: a) la temperatura al mediodía en la superficie de la Luna (400 K); *b*) la temperatura en la parte alta de las nubes de la atmósfera de Saturno (95 K); c) la temperatura en el centro del Sol (1.55 X 107K).

17.8 - Un termómetro de gas registra una presión absoluta corres pondiente a 325 mm de mercurio, estando en contacto con agua en el punto triple. ¿Qué presión indicará en contacto con agua en el punto de ebullición normal?

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

***17*.9 • Termómetro de gas de volumen constante**. Usando un ter mómetro de gas, un experimentador determinó que la presión en el punto triple del agua (0.01°C) era 4.80 X 104 Pa; y en el punto de ebu llición normal del agua (100°C) era 6.50 X 104 Pa. a) Suponiendo que la presión varía linealmente con la temperatura, use estos datos para calcular la temperatura Celsius en la que la presión del gas sería cero (es decir, obtenga la temperatura Celsius del cero absoluto)*. b*) ¿El gas de este termómetro obedece con precisión la ecuación (17.4)? Si es así y la presión a 100°C fuera 6.50 X 104 Pa, ¿qué presión habría medi do el experimentador a 0.01°C? [Como veremos en la sección 18.1, la ecuación (17.4) solo es exacta para gases a muy baja densidad].

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Expansión térmica

Expansión lineal

***L***

**K** *To* + A*TC*

**-**

**\*A*L*>**

*L = L*o + A*L* A*L = alo*A*T*

K2A*L*

*T*o + 2A*T Ć*

**coeficiente de expansión lineal**

*U*(x)

Distancia promedio entre átomos

x = distancia entre átomos

• = distancia promedio

entre átomos

... venner

-

...A

NN*O.*

Al aumentar la energía de *E, a E, a Ez,* se incrementa la distancia media entre los átomos.

1

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Expansión térmica

Expansión de volumen

AV = BV, A*T*

**coeficiente de expansión volumétrica**

**Tabla 17.1 Coeficientes de expansión lineal**

**Material**

a [K-10 (Co)-1]

**Aluminio**

2.4 x 10-5

**Latón**

2.0 x 10-5

**Cobre**

1.7 x 10-5

Vidrio

0.4-0.9 X 10-5 Invar (aleación níquel-hierro) 0.09 x 10-5

**Cuarzo (fundido)**

0.04 x 10-5

Acero

1.2 x 10-5

Tabla 17.2 **Coeficientes de expansión volumétrica**

**Sólidos**

*B*[K-10(Co)-1] **Líquidos**

**Aluminio**

*7.2* x 10

**Etanol**

**Latón**

6.0 x 10-5

**Disulfuro de carbono** Cobre

5.1 x 10-5

**Glicerina**

**Vidrio**

1.2-2*.7 x* 10-5

**Mercurio**

**Invar**

0.27 x 10-5

*B [*K-10 (Co)-1]

*75* x 10-5 115 X 10-- 49 x 10-5 18 x 10-5

**Cuarzo (fundido)**

0.12 x 10-5

Acero

3.6 X 10-5

*B* = 3a

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Expansión térmica

***17*.11** • El puente Humber de Inglaterra tiene el claro individual más largo del mundo (1410 m). Calcule el cambio de longitud de la cubier ta de acero del claro, si la temperatura aumenta de -5.0 a 18.0°C.

*1*7.12 • Uno de los edificios más altos del mundo, de acuerdo con ciertos estándares arquitectónicos, es el Taipei 101 en Taiwán, con una altura de 1671 ft. Suponga que esta altura se midió en un fresco día primaveral, cuando la temperatura era de 15.5°C. Este edificio podría utilizarse como una especie de termómetro gigante en un día caluroso de verano, midiendo con cuidado su altura. Suponga que usted realiza esto y descubre que el Taipei 101 es 0.471 ft más alto que su altura ofi cial. ¿Cuál es la temperatura, suponiendo que el edificio está en equi librio térmico con el aire y que toda su estructura está hecha de acero?

**L**

**!**

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Vhemisferio = 23πR3

6. Las secciones de concreto de cierta superautopista están di

señadas para tener una longitud de 25.0 m. Las secciones se vierten y curan a 10.0°C. ¿Qué espaciamiento mínimo debe dejar el ingeniero entre las secciones para eliminar el pandeo

si el concreto alcanzará una temperatura de 50.0°C? 7. El elemento activo de cierto láser se fabrica de una barra de

vidrio de 30.0 cm de largo y 1.50 cm de diámetro. Si la tempe ratura de la barra aumenta en 65.0°C, ¿cuál es el aumento en a) su longitud, b) su diámetro y c) su volumen? Suponga que el coeficiente de expansión lineal promedio del vidrio es 9.00 x 10-6 (°C)-1.

Expansión térmica Esfuerzo térmico

*ZAL*

= a A*T*

*Lo )* térmico

*L*o) tensión

(location = ast (e (a certen + ( a hacerlo = + “s=0

=-Ya AT

= -Ya A*T*

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Y = 0.9 × 1011 Pa; α = 2 × 10−5 °C−1

Y = 2.0 × 1011 Pa; α = 1.2 × 10−5 °C−1

Intercambio infinitesimal

Caloría → cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 g de agua de 14.5 a 15.5°C.

Cantidad de calor Capacidad calorífica molar

*m = nM*

*masa molar*

*Q=mc* A*T* =

Q *= nMc* A*T* **capacidad calorífica molar**

*Q=nC* A*T* C = 1dQ – MC

*n dT*

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Cantidad de calor

Capacidad calorífica molar

Tabla 17.3 **Valores aproximados de calor específico y capacidad calorífica molar (a presión constante)**

**Calor específico, Masa molar, M Capacidad calorífica molar, *C***

(J*/*kg. K)

(kg*/*mol)

**(J/mol. K)**

**Sustancia**

Aluminio

910

0*.*0270

24.6

Berilio

1970

0.00901

*17.7*

Cobre

0.0635

24.8

390 2428

Etanol

0.0461

111.9

Etilenglicol

**2386**

0.0620

148.0

Hielo (cerca de 0°C)

2100

0.0180

37.8

Hierro

4*70*

0.0559

26.3

Plomo

130

0.207

26.9

879

0.100

87.9

Mármol (CaCO3)

Mercurio

138

0.201

*27.7*

Sal (NaCl)

879

0.0585

51.4

Plata

234

0.108

25.3

0.0180

75.*4*

Agua (líquida)

4190 Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Cantidad de calor

*1*7.26 • Tratando de mantenerse despierto para estudiar toda la noche, un estudiante prepara una taza de café colocando una resistencia eléc trica de inmersión de 200 W en 0.320 kg de agua. *a*) ¿Cuánto calor debe agregarse al agua para elevar su temperatura de 20.0 a 80.0°C? *b*) ¿Cuánto tiempo se requiere? Suponga que toda la potencia se in vierte en calentar el agua. *17.27* . Una tetera de aluminio de 1.50 kg que contiene 1.80 kg de agua se coloca sobre la estufa. Si no se transfiere calor al entorno, ¿cuánto calor debe agregarse para elevar la temperatura de 20.0 a 85.0°C?

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Cantidad de calor

17.28 • BIO Pérdi**da de calor al respirar.** Cuando hace frío, un mecanismo importante de pérdida de calor del cuerpo humano es la energía invertida en calentar el aire que entra en los pulmones al res pirar. a) En un frío día de invierno cuando la temperatura es de -20°C, ¿cuánto calor se necesita para calentar a la temperatura corporal (37°C) los 0.50 L de aire intercambiados con cada respiración? Su ponga que el calor específico del aire es de 1020 J/kg.Ky que 1.0 L de aire tiene una masa de 1.3 X 10^okg. *b*) ¿Cuánto calor se pierde por hora si se respira 20 veces por minuto?

17.29 · Imagine que le dan una muestra de metal y le piden determi nar su calor específico. Pesa la muestra y obtiene un valor de 28.4 N. Agrega con mucho cuidado 1.25 X 10+ J de energía calorífica a la muestra, y observa que su temperatura aumenta en 18.0 Co. ¿Qué calor específico tiene la muestra?

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Solido

Liquido Gaseoso

Ebullición *Q*>0

Condensación *Q*<0

Calor latente

L: calor requerido por unidad

de masa.

Calorimetría y cambios de fase

Cambios de fase

*= +mL*

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.*

*T(*°C)

El agua líquida se convierte

en vapor a los 100°C.

El hielo se

derrite en agua 125 líquida a 0°C.

L-\_-\_L\_\_ *d*

Punto de ebullición

—

—

—

—

**—**

-

-

Punto de fusión

Tiempo

-25 la

El hielo se calienta. El agua líquida se calienta.

El vapor se calienta.

Cambios de la temperatura del agua. Durante estos periodos, la temperatura aumenta al agregarse calor: Q *= mc AT.*

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Calorimetría y cambios de fase

Cambios de fase

**Punto de fusión**

**normal**

**Punto de ebullición**

**normal**

**Calor de fusión*, LE* (J*/*kg)**

**Sustancia**

°C

°C

Helio

4.216

-268.93 -252.89

Hidrógeno

13.84

20.26

Nitrógeno

63.18

77.34

-195.8

Oxígeno

54.36

-259.31 -209.*9*7 -218.79

-114 -39

90.18

-183.0

Etanol

**159**

351

7*8*

Mercurio

234

630

357

**Calor de vaporización*, Ly***

(J/kg) 20.9 X 103 452 x 103 201 x 10 213 x 10 854 X 103 2*7*2 x 103 2256 x 103

326 X 103 871 X 103 561 X 103 2336 X 103 1578 X 103 5069 X 103

**Agua**

273.15

**0.00**

373.15

58.6 x 10 25.5 X 102 13.8 X 103 104.2 x 103 11.8 X 103 334 X 103 38.1 x 103 24.5 X 103

165 X 103 88.3 x 103 64.5 X 103 134 x 103

100.00

**Azufre**

*7*17*.75*

444.60

392

600.5

Plomo

119 327.3 630.50

2023

1750

**Antimonio**

**1440**

903.65 1233.95

1713 2466

Plata

960.80

**2193**

1336.15

2933

2660

**Oro** Cobre

1063.00

1083

1356

1460

1187

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

**17.38** Imagine que trabaja como físico e introduce calor en una muestra sólida de 500.0 g a una tasa de 10.0 kJ/min mientras registra su temperatura en función del tiempo. La gráfica de sus datos se mues tra en la figura E17.38. *a*) Calcule el calor latente de fusión del sólido. ***b*) Determine los calores específicos de los estado**s sólido y líquido del **material.**

Figura E17.38

*T*(C*)*

TTTTTTTTTTT

\_\_L

t

(min)

2

3

4

1 Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

I.

**17.39**Un trozo de 500.0 g de un metal desconocido, que ha estado en agua hirviente durante varios minutos, se deja caer rápidamente en un vaso de espuma de poliestireno, que contiene 1.00 kg de agua a tem peratura ambiente (20.0°C). Después de esperar y agitar suavemente durante 5.00 minutos, se observa que la temperatura del agua ha alcan zado un valor constante de 22.0°C. *a)* Suponiendo que el vaso absorbe una cantidad despreciable de calor y que no se pierde calor al entorno, ¿qué calor específico tiene el metal*? b*) ¿Qué es más útil para almace nar energía térmica: este metal o un peso igual de agua? Explique su respuesta. c) Suponga que el calor absorbido por el vaso no es des preciable. ¿Qué tipo de error tendría el calor específico calculado en el inciso *a)? ¿*Sería demasiado grande, demasiado pequeño o correcto*?* Explique su respuesta.

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

**17.40 • BIO Tratamiento de un ACV**. Un tratamiento sugerido para una persona que ha sufrido un accidente cerebrovascular es la inmer sión en un baño de hielo y agua a 0°C para reducir la temperatura cor poral, lo que evita daños en el cerebro. En un conjunto de pruebas, los pa cientes se enfriaron hasta que su temperatura interna alcanzó los 32.0°C. Para tratar a un paciente de 70.0 kg, ¿cuál es la cantidad mínima de hielo (a (°C) que se necesita en el baño para que su temperatura se mantenga a 0°C? El calor específico del cuerpo humano es 3480 J/kg.Co, y re cuerde que la temperatura normal del cuerpo es 37.0°C. ***17*.41** .. Una olla de cobre con una masa de 0.500 kg contiene 0.170 kg de agua, y ambas están a una temperatura de 20.0°C. Un bloque de 0.250 kg de hierro a 85.0°C se deja caer en la olla. Encuen tre la temperatura final del sistema, suponiendo que no hay pérdida de calor a los alrededores.

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

***17.*44** • En un recipiente de masa despreciable, 0.200 kg de hielo a una temperatura inicial de -40.0°C se mezclan con una masa *m* de agua que tiene una temperatura inicial de 80.0°C. No se pierde calor al entorno. Si la temperatura final del sistema es 20.0°C, ¿cuál es la masa m del agua que estaba inicialmente a 80.0°C?

17*.*45 . Una pieza metálica de 6.00 kg de cobre sólido a una tempe ratura inicial *T* se coloca con 2.00 kg de hielo que se encuentran ini cialmente a -20.0°C. El hielo está en un contenedor aislado de masa despreciable y no se intercambia calor con el entorno. Después de que se alcanza el equilibrio térmico, hay 1.20 kg de hielo y 0.80 kg de agua líquida. Cuál era la temperatura inicial de la pieza de cobre?

**FIL**

**FIT**

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Calorimetría y cambios de fase

Cambios de fase

Ejemplo 17.8

Cambios tanto de temperatura como de fase

Un vaso contiene 0.25 kg de Omni-Cola (constituida sobre todo por agua) inicialmente a 25°C. *¿*Cuánto hielo, inicialmente a -20°C, se debe agregar para obtener una temperatura final de 0°C con todo el hielo derretido? Desprecie la capacidad calorífica del vidrio.

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Resistencia térmica

H = A TH − TC

R

k:Conductividad térmica

**IL**

*1*7.62 . Dos barras, una de bronce y otra de cobre, están unidas extremo con extremo. La longitud de la barra de latón es 0.200 m y la de cobre es 0.800 m. Cada segmento tiene un área de sección transver sal de 0.00500 m2. El extremo libre del segmento de latón está en agua hirviendo y el extremo libre del segmento de cobre se encuentra en una mezcla de hielo y agua, en ambos casos a la presión atmosférica nor mal. Los lados de las varillas están aislados, por lo que no hay pérdida de calor a los alrededores. *a) ¿*Cuál es la temperatura del punto en el que los segmentos de latón y cobre se unen? *b*) ¿Qué masa de hielo se funde en 5.00 min por el calor conducido por la varilla compuesta?

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

**LO**

*1*7.64 - Un extremo de una varilla metálica aislada se mantiene a 100.0°C, y el otro se mantiene a 0.00°C con una mezcla de hielo-agua. La varilla tiene 60.0 cm de longitud y área de sección transversal de 1.25 cm2. El calor conducido por la varilla funde 8.50 g de hielo en 10.0 min. Calcule la conductividad térmica k del metal. 17.65 . Un carpintero construye una pared exterior con una capa ex terna de madera de 3.0 cm de espesor y una capa interna de espuma de poliestireno de 2.2 cm de espesor. La madera tiene k=0.080 W/m•K y el poliestireno *k* = 0.010 W/m.K. 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 rapidez de flujo de calor por metro cuadrado a través de esta pared.

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

Mecanismos de transferencia de calor

Conducción

Ejemplo 17.11 Conducción a través de una hielera portátil

Una hielera de poliestireno (figura 17.24*a*) tiene un área de pared total (incluida la tapa) de 0.80 m2 y un espesor de pared de 2.0 cm; 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 de la pared exterior es de 30°C. ¿Cuánto hielo se derrite en 3 horas?

a) Una hielera en la playa

*b*) Nuestro diagrama para este problema

§

§

§ -0.50mA

A-0.80m2

*T*H=3fc

a *= d*oc

Hielo

Ky 2.0 cm

Copyright © 2012 Pearson Education Inc.

La radiación es la transferencia de calor por ondas electromagnéticas como la luz visible, los rayos infrarrojos y la radiación ultravioleta

e:emisividad.0 < e < 1

σ = 5.67 × 10−8 W m2 ∙ K4 σ:

*Definición: Un cuerpo negro es un objeto teórico o ideal de la Física que absorbe toda la luz y la energía radiante que incide sobre él. Nada de la radiación incidente*

*se refleja o pasa a través del cuerpo negro*. e = 1

A = 4πr2