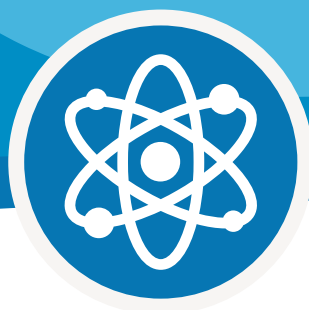
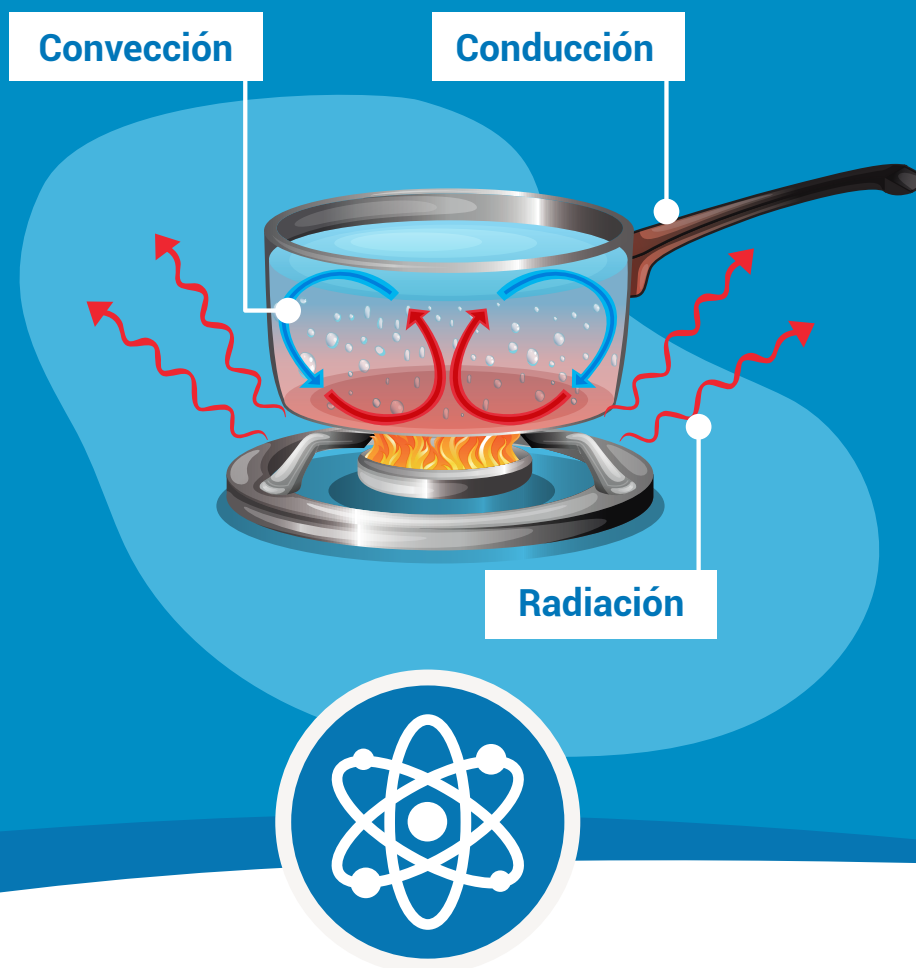




Transferencia de calor

Física

RUTA DE APRENDIZAJE

- Con este documento se espera reforzar los conceptos asociados a la transferencia de calor.
- Este tema está inserto en la unidad de termodinámica como es posible ver en el siguiente esquema.

Escalas
Termométricas

Dilatación
Térmica

Calorimetría

Transferencia
de Energía
Calorífica

Leyes de la
Termodinámica

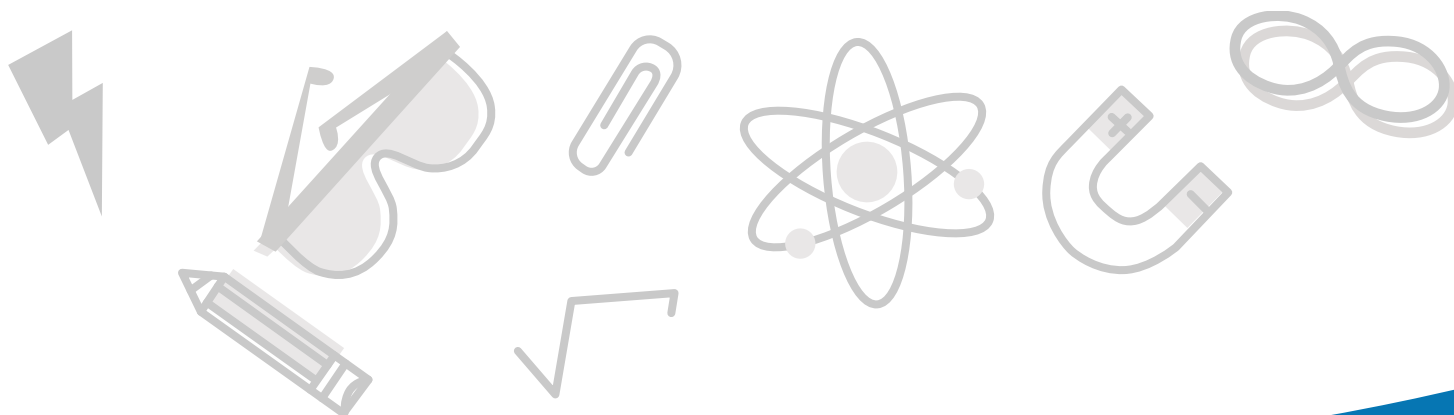
INDICE

Introducción
Transferencia de calor
o Conducción
o Convección
o Radiación
Problemas resueltos
Problemas propuestos
Síntesis
Referencia bibliográfica

INTRODUCCIÓN

Cuando un atizador metálico se coloca en el fuego, una cuchara de plata se introduce en un tazón de sopa caliente, una olla con agua se calienta y la energía nos llega desde el Sol, son todos ejemplos de diversas formas de transferencia de calor.

La energía calorífica se puede transferir hacia o desde un sistema por conducción, convección y radiación y este documento se presentarán estos conceptos y sus aplicaciones en problemas contextuales.



CONTENIDO

Transferencia de calor

El calor es energía transferida de un sistema que tiene una temperatura más elevada hacia un sistema con una temperatura más baja (con el cual está en contacto) a través de las colisiones de sus partículas constituyentes (Bueche & Hercht, 2007).

Conducción

La conducción ocurre cuando la energía calorífica pasa a través de un material como resultado de las colisiones entre los electrones, iones, átomos y moléculas del material. Cuanto más caliente esté un material, mayor será la energía cinética promedio de sus átomos. Cuando existe una diferencia de temperatura entre los materiales en contacto, los átomos con mayor energía en la sustancia más caliente transfieren energía a los átomos con menor energía en la sustancia más fría cuando las colisiones atómicas ocurren entre los dos. Por lo tanto, **el calor fluye de lo caliente a lo frío.**

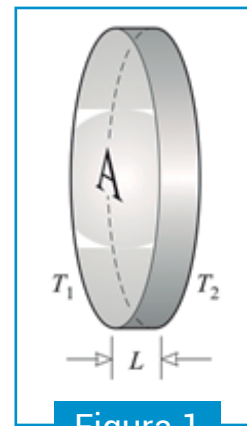


Figura 1

Consideremos la losa (plancha) de material que se muestra en la figura 1. Su espesor es L y su área de sección transversal es A . Las temperaturas de sus dos caras son T_1 y T_2 , de modo que la diferencia de temperatura a través de la losa es $\Delta T = T_1 - T_2$. **A la cantidad $\Delta T/L$ se le llama gradiente de temperatura y corresponde a la razón de cambio entre la temperatura y distancia.**

La cantidad de calor ΔQ transmitida de la cara 1 a la cara 2 en un tiempo Δt está dada por

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k_T A \frac{\Delta T}{L}$$

donde k_T depende del material de la losa y se llama **conductividad térmica del material**. En el sistema internacional (SI), k_T tiene unidades de $W/m \cdot K$ y $\Delta Q/\Delta t$ está en J/s (es decir, W).



Recordando

Significado de las unidades de medida

W: watt (unidad de medida de Potencia)
 m: metros (unidad de medida de distancia)
 K: kelvin (unidad de medida de temperatura)
 J: joule (unidad de medida de energía-calor)

Otras unidades que a veces se utilizan para expresar k_T se relacionan con de $W/m \cdot K$ de la siguiente manera:

$$1 \frac{cal}{s} \cdot cm \cdot ^\circ C = 418.4 W / m \cdot K$$

y

$$1 Btu \cdot \frac{pulg}{h} \cdot pie^2 \cdot ^\circ F = 0.144 W / m \cdot K$$



Recordando

Significado de las unidades de medida

cal: calorías (unidad de medida de energía-calor)
cm: centímetros (unidad de medida de distancia)
°C: grados celsius (unidad de medida de temperatura)
Btu: unidad térmica británica (unidad de medida de calor extraído)
h: hora (unidad de medida de tiempo)
pulg: pulgada (unidad de medida de distancia)
pie²: pie al cuadrado (unidad de medida de área)
°F: grados Fahrenheit (unidad de medida de temperatura)

Dato

Las siglas Btu quieren decir "British Thermal Unit". Un Btu mide la cantidad de calor que una unidad de aire acondicionado puede extraer de una habitación. A medida que la clasificación Btu aumenta, también lo hacen el tamaño, el peso y el costo del aire acondicionado.

La **resistencia térmica** (o valor R) de una losa se define por la ecuación de flujo de calor de la siguiente forma

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{A \Delta T}{R}$$

Donde

$$R = \frac{L}{k_T}$$

Sus unidades en el SI son $m^2 \cdot K/W$. Las unidades más comunes son $pie^2 \cdot h \cdot ^\circ F/Btu$, donde $1 \text{ pie}^2 \cdot h \cdot ^\circ F = 0.176 \text{ m}^2 \cdot K/W$. (Es improbable que tenga alguna ocasión para confundir este símbolo R con el símbolo de la constante universal de los gases.) Para varias losas de la misma área superficial en serie, el valor R combinado está dado por

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_N$$

Donde $R_1, \dots, R_n$ son los valores R de las losas individuales.

Algunos ejemplos de conducción son:

- A lo largo de los instrumentos para manipular carbón u otros objetos potencialmente muy calientes. Si su extensión fuera más corta, la transferencia de calor sería más rápida y no se podría tocar ninguno de los extremos.
- El hielo en una tasa de agua caliente se derrite por medio de la conducción.
- Al hervir agua, la llama conduce el calor al recipiente y al cabo de un tiempo permite calentar el agua.
- El calor que tiene una cuchara al dejarla en una recipiente y volcar una sopa extremadamente caliente sobre él.
- Los cuchillos y tenedores utilizan un mango de madera para romper con la conducción del calor.

Convección

La convección de la energía calorífica ocurre en un fluido cuando un material caliente fluye de tal forma que desplaza al material frío. Ejemplos típicos son el flujo de aire caliente desde una plancha en un sistema de calentamiento y el flujo de agua templada de la corriente del Golfo.

Otros ejemplos de convección son:

- La transferencia de calor de una estufa.
- Los globos aerostáticos, que se mantienen en el aire por medio del aire caliente. Si se enfría, inmediatamente el globo comienza a caer.
- Cuando el vapor de agua empaña los vidrios de un baño, por la temperatura del agua al bañarse.
- El secador de manos o de pelo, que transmiten calor por convección forzada.
- La transferencia de calor generada por el cuerpo humano cuando una persona está descalza.

Radiación

La radiación es el modo de transporte de la energía en forma de ondas electromagnéticas producidas por vibraciones térmicas de las moléculas.

Un cuerpo negro es un cuerpo que absorbe toda la energía radiante que incide sobre él. En equilibrio térmico, un cuerpo emite tanta energía como la que absorbe. Por tanto, **un buen captador de radiación es también un buen emisor de radiación.**

Supongamos que una superficie de área A tiene una temperatura absoluta T y radia sólo una fracción ϵ de la energía que emitiría una superficie negra. La cantidad ϵ se llama emisividad de la superficie, y **la energía por segundo** (es decir, la potencia) **radiada por la superficie está dada por la ley de Stefan-Boltzmann:**

$$P = \epsilon A \sigma T^4$$

Donde $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ es la constante de Boltzmann y T la temperatura absoluta. La emisividad de un cuerpo negro es igual a uno ($\epsilon = 1$). Todos los objetos cuya temperatura está por arriba del cero absoluto radian energía. Cuando un objeto con temperatura absoluta T está en una región donde la temperatura es T_e , la energía neta radiada por segundo por el objeto es

$$P = \epsilon A \sigma (T^4 - T_e^4)$$

Algunos ejemplos de radiación son:

- La transmisión de ondas electromagnéticas a través del horno microondas.
- El calor emitido por un radiador.
- La radiación ultravioleta solar, precisamente el proceso que determina la temperatura terrestre.
- La luz emitida por una lámpara incandescente.
- La emisión de rayos gamma por parte de un núcleo.

PROBLEMAS RESUELTOS

A continuación, se presentan tres problemas resueltos con sus procedimientos, en estos problemas se sugiere hacer lo siguiente:

- Lee comprensivamente.
- Revisa el paso a paso.
- Destaca lo que te resulte importante.
- Destaca lo que te genere dudas y luego consulta al tutor.

Problema nº1 (Bueche & Hetch, 2007)

Una placa de hierro de 2 cm. de espesor tiene un área de 5000 cm² en su sección transversal. Una de las caras está a 150°C y la otra está a 140°C. ¿Cuánto calor fluye a través de la placa cada segundo? Para el hierro, $k_T = 80 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

Solución

Paso 1: identificar los datos.

$$L = 0.02 \text{ m}$$

$$A = 0.50 \text{ m}^2$$

$$T_1 = 150^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 140^\circ\text{C}$$

$$k_T = 80 \text{ W/mK}$$

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 150 - 140 = 10^\circ\text{C}$$

Paso 2: plantear ecuación de conducción y reemplazar los datos.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k_T A \frac{\Delta T}{L}$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 80 \cdot 0.50 \frac{10}{0.02}$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 20\,000 \text{ J/s}$$

Paso 3: responder.

La cantidad de calor que fluye es de 200000 J/s.

Problema n°2 (Bueche & Hetch, 2007)

Dos placas de metal están soldadas una a la otra como se muestra en la figura 2. Se sabe que $A=80 \text{ cm}^2$, $L_1=L_2=3.0 \text{ mm}$, $T_1=100^\circ\text{C}$, $T_2=0^\circ\text{C}$. Para la placa de la izquierda, $K_{T1}=48.1 \text{ W/mK}$; para la placa de la derecha, $K_{T2}=68.2 \text{ W/mK}$. Calcule la tasa de flujo de calor a través de las placas y la temperatura T del empalme soldado.

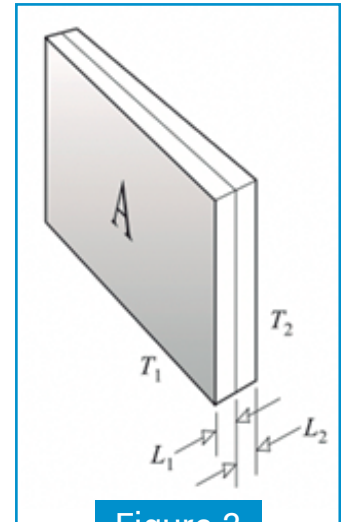


Figura 2

Solución

Paso 1: identificar los datos.

$A=80 \text{ cm}^2$
 $L_1=L_2=3.0 \text{ mm}$
 $T_1=100^\circ\text{C}$
 $T_2=0^\circ\text{C}$
 $K_{T1}=48.1 \text{ W/mK}$
 $K_{T2}=68.2 \text{ W/mK}$

Paso 2: igualar el flujo de calor de la placa 1 con la placa 2, ya que están en equilibrio químico.

Se suponen condiciones de equilibrio de modo que el flujo de calor a través de la placa 1 es igual al flujo de calor a través de la placa 2. Entonces

$$k_{T1}A \frac{T_1 - T}{L_1} = k_{T2}A \frac{T - T_2}{L_2}$$

pero $L_1=L_2$, y las áreas son iguales (se simplifican), así queda

$$k_{T1}(100 - T) = k_{T2}(T - 0)$$

de donde

$$T = 100 \left(\frac{k_{T1}}{k_{T1} + k_{T2}} \right)$$
$$T = 100 \left(\frac{48.1}{48.1 + 68.2} \right)$$
$$T = 41.4^\circ\text{C}$$

Entonces, la tasa de flujo de calor es

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k_{T1}A \frac{T_1 - T}{L_1}$$
$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 48.1 \cdot 0.0080 \frac{100 - 41.4}{0.0030}$$
$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 7516 \text{ J/s}$$

Paso 3: responder.

La temperatura del empalme es de 41.4°C y la tasa de flujo de calor es de 7516 J/s .

Problema n°3 (Bueche & Hetch, 2007)

Una persona desnuda cuyo cuerpo tiene un área superficial de 1.40 m^2 con una emisividad de 0.85 tiene una temperatura en la piel de 37°C y está parada en una habitación a 20°C . ¿Cuánta energía por minuto pierde la persona a través de la radiación?

Solución

Paso 1: identificar los datos.

$$A = 1.40 \text{ m}^2$$

$$\epsilon = 0.85$$

$$T = 37 + 273 = 310 \text{ K}$$

$$T_e = 20 + 273 = 293 \text{ K}$$

$$\sigma = 5.57 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

Se suman 273, para realizar la transformación a Kelvin

Paso 2: plantear el problema y reemplazar los datos.

Energía es potencia (P) multiplicada por el tiempo (Δt). De $P = \epsilon A \sigma (T^4 - T_e^4)$ se tiene la pérdida de energía

$$\begin{aligned} P &= \epsilon A \sigma (T^4 - T_e^4) \\ P &= 0.85 \cdot 1.40 \cdot (5.57 \times 10^{-8})(310^4 - 293^4) \\ P &= 124 \text{ J} \end{aligned}$$

Como se solicita la energía por minuto, entonces se multiplica por 60 s que equivale a 1 min.

$$P = 124 \cdot 60 = 7440 \text{ J}$$

Paso 3: responder

La energía que se pierde por minuto corresponde a 7440 J.

PROBLEMAS PROPUESTOS

A continuación, se presentan tres problemas propuestos para que puedas resolver y practicar, recuerda hacer lo siguiente:

- Resuélvelos siguiendo los pasos utilizados en los problemas resueltos.
- Si es necesario apóyate con los apuntes.
- Si surgen dudas, registrarlas para luego consultar con el tutor.
- ¡Buen trabajo!

1. ¿Qué gradiente de temperatura debe existir en una barra de aluminio para que transmita 8.0 cal por segundo por cm^2 de sección transversal a lo largo de la barra? k para el aluminio es 210 W/Km (**Bueche & Hetch, 2007**)

2. En una casa, el vidrio de una ventana tiene en realidad capas de aire estancado en sus dos superficies. Pero si no existieran, ¿cuánto calor fluiría hacia afuera por una ventana de 80 cm x 40 cm x 3.00 mm cada hora, en un día cuando la temperatura exterior fuera precisamente de 0°C y la del interior de 18°C? Para el vidrio, k_T es 0.84 W/Km (**Bueche & Hetch, 2007**)

3. El filamento de una lámpara incandescente tiene un área de 50 mm^2 y opera a una temperatura de 2127°C. Suponga que toda la energía suministrada al bulbo es radiada por él. Si la emisividad del filamento es 0.83, ¿cuánta potencia se debe suministrar al bulbo cuando está en operación? (**Bueche & Hetch, 2007**)

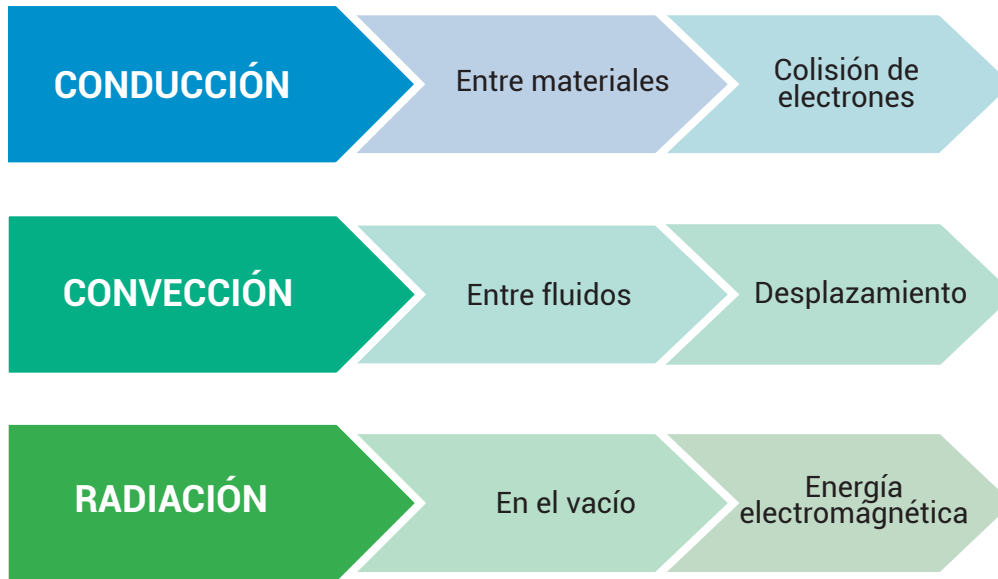
Solucionario

1. 16 °C/cm
2. 1.4×10^3 kcal/h
3. 78 W

Síntesis

En este documento se estudió la transferencia de calor, que consiste en una transmisión de energía desde un cuerpo de mayor temperatura a uno de menor temperatura.

El calor se puede transmitir por conducción, convección y radiación. La conducción se caracteriza por ser una transmisión de calor entre materiales, debido a la colisión de electrones, iones, átomos y moléculas del material. La convección ocurre al transmitirse calor entre fluidos cuando un material caliente fluye de tal forma que desplaza al material frío. La radiación es el transporte de energía electromagnética radiada a través del vacío.



BIBLIOGRAFÍA

Bueche, F., Hecht, E. (2007). *Física General*. México: McGraw-Hill.

¿Quieres recibir orientación para optimizar tu estudio en la universidad?

CONTAMOS CON PROFESIONALES EXPERTOS EN EL APRENDIZAJE QUE TE PUEDEN ORIENTAR

SOLICITA NUESTRO APOYO



Sitio Web de CIMA



Ver más fichas



Solicita más información



CIMA UNIDAD DE
ACOMPANAMIENTO
ESTUDIANTIL