

# TRANSFERENCIA DE CALOR

Fís. Carlos Adrián Jiménez Carballo  
Escuela de Física  
Instituto Tecnológico de Costa Rica

## Objetivos

Al finalizar esta sección el estudiante deberá ser capaz de

- Identificar los tres tipos de transferencia de calor.
- Identificar el concepto de conductividad térmica.
- Identificar la ley de Fourier para flujos de calor estacionarios.
- Calcular el flujo de calor por conducción usando la Ley de Fourier.
- Identificar la ley de Stefan-Boltzmann.
- Interpretar el concepto de emisor ideal.
- Calcular el flujo de calor por radiación usando la Ley de Stefan-Boltzmann

## Conocimientos previos

Para esta sección los estudiantes deben tener conocimientos previos en

- Matemática básica.
- Cálculo diferencial, principalmente los conceptos de derivada e integral
- Física general, principalmente los conceptos de mecánica clásica, como por ejemplo las leyes de newton, los conceptos de posición, distancia, velocidad y aceleración, las definiciones de energía cinética, energía potencial y energía mecánica.

## Contenido

Transferencia de calor por conducción

Transferencia de calor por convección

Transferencia de calor por radiación

## Contenido

Transferencia de calor por conducción

Transferencia de calor por convección

Transferencia de calor por radiación

## Transferencia de calor por conducción

La **transferencia de calor por conducción** es el resultado de interacciones moleculares. Las moléculas de un objeto que está a una temperatura más alta vibran con mayor rapidez, estas chocan contra las moléculas menos energéticas situadas en la parte de menor temperatura del objeto. Como resultado del choque las moléculas que se mueven a mayor velocidad transfieren una parte de su energía a las que se mueven mas despacio. De esta forma se dice que la transferencia de calor por conducción siempre se da de una región con temperatura más alta hacia una región con temperatura más baja. Se trata de una transferencia como resultado de una diferencia de temperaturas.

## Conductores y aislantes térmicos

Dentro de los sólidos se tienen dos categorías generales: **metales**, los cuales, por lo general, son buenos conductores del calor, y esto se debe a que estos tienen un gran número de electrones que pueden moverse libremente. La segunda categoría son **no metales** (tela, madera), los cuales tienen un número relativamente pequeño de electrones libres lo que hace que estos sean malos conductores del calor. Un mal conductor del calor se denomina **aislante térmico**.

En general, la capacidad de una sustancia para conducir calor depende de su fase. Los gases son malos conductores térmicos; sus moléculas están relativamente separadas y por ello los choques son poco frecuentes. Los líquidos y sólidos son mejores conductores térmicos que los gases, ya que sus moléculas están más juntas y pueden interactuar con mayor facilidad.

## Ley de Fourier

Si existe una diferencia de temperaturas en un material, el calor fluirá de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura. La ley de Fourier sirve para cuantificar la conducción y dice que la tasa a la cual el flujo es transferido por conducción,  $H = \frac{Q}{\Delta t}$ , es proporcional al gradiente de temperaturas  $\frac{dT}{dx}$  y al área transversal  $A$  a la dirección de flujo

$$H = -kA \frac{dT}{dx},$$

donde  $k$  es la conductividad térmica del material y el signo *menos* es una consecuencia de la segunda ley de la termodinámica, la cual requiere que el calor fluya de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura. Por otro lado hay que tener presente que el gradiente de temperatura  $\frac{dT}{dx}$  indica que la temperatura  $T$  es función de  $x$ , por lo tanto, un gradiente de temperatura negativo indica que la temperatura decrece al aumentar los valores de  $x$ .

**Nota:** La unidad de  $H$  en el SI es el Watt  $1W = J/s$



## Conductividades térmicas (Valores representativos)

Sustancia	$k$ (W/m·K)	Sustancia	$k$ (W/m·K)
Aluminio	205,0	Concreto	0,8
Latón	109,0	Corcho	0,04
Cobre	385,0	Fieltro	0,04
Plomo	34,7	Fibra de vidrio	0,04
Mercurio	8,3	Vidrio	0,8
Plata	406,0	Hielo	1,6
Acero	50,2	Lana mineral	0,04
Ladrillo aislante	0,15	Poliestireno	0,027
Ladrillo rojo	0,6	Madera	0,12 – 0,04

## Flujo de calor $H$ : Paredes planas

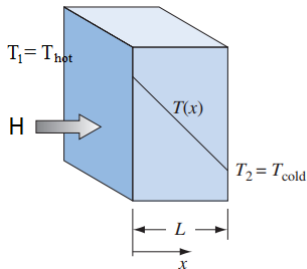
El caso más simple en el estado estacionario en una dimensión es el del flujo de calor en una pared plana, en donde se considera que el gradiente de temperatura y el flujo de calor no varían con el tiempo, y además el área de la sección transversal permanece invariante.

Se puede demostrar que el flujo calor de dicha pared plana se determina

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

donde la resistencia térmica se define como

$$R = k/L$$



## Contenido

Transferencia de calor por conducción

Transferencia de calor por convección

Transferencia de calor por radiación

## Transferencia de calor por convección

La **transferencia de calor por convección** consiste de dos mecanismos los cuales operan simultáneamente. El primer mecanismo es debido al movimiento molecular, el mismo que en la transferencia debido a conducción. El segundo mecanismo es de la transferencia de energía debido al movimiento macroscópico de “paquetes” del fluido. El movimiento del fluido es el resultado de paquetes de líquido, cada uno de los cuales consiste en un gran número de moléculas, que se mueven en virtud de una fuerza externa. Esta fuerza extraña puede deberse a un gradiente de densidad, como en la convección natural, o debido a una diferencia de presión generada por una bomba o un ventilador, o posiblemente a una combinación de los dos.

La transferencia de calor por convección depende de la densidad, viscosidad y velocidad del fluido a si como de sus propiedades térmicas (calor específico y conductividad térmica).

## Convección forzada y convección natural

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.

Por otro lado 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**.

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.

## Contenido

Transferencia de calor por conducción

Transferencia de calor por convección

Transferencia de calor por radiación

## Transferencia de calor por radiación

La **radiación** es la transferencia de calor por ondas electromagnéticas como la luz visible, el infrarrojo y la radiación ultravioleta. La tasa de radiación de energía de una superficie es proporcional a su área superficial  $A$ , y aumenta rápidamente con la temperatura  $T$ , según la cuarta potencia de la temperatura absoluta (Kelvin). El flujo de calor para cuerpos que están calientes a una temperatura  $T$  se define como

$$H = eA\sigma T^4,$$

donde  $e$  es la emisividad del material, que es 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  $e$  suele ser mayor para superficies oscuras que claras. Para un radiador ideal la emisividad tiene un valor igual a 1. Por otro  $\sigma$  es la constante física fundamental llamada constante de *Stefan – Boltzmann*, la cual tiene el valor de

$$\sigma = 5,670 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4.$$

## Radiación y absorción

Un cuerpo que emite radiación a una temperatura  $T$  también absorbe radiación del entorno el cual se encuentra a temperatura  $T_s$ . Un cuerpo que irradia y absorbe tiene un flujo de calor neto, el cual se determina

$$H_{neto} = eA\sigma (T^4 - T_s^4) .$$

En esta ecuación, un valor positivo de  $H$  implica salida neta de calor del cuerpo.



## Bibliografía

- Sears, F.W., Zemansky, M.W., Young, H.D., Freedman, R.A. (2013). *Física Universitaria*. Volumen I. Décimo tercera edición. México: Pearson Education.
- Resnick, R., Halliday, D., Krane, K. (2013). *Física*. Volumen I. 5ta. Edición. México: Grupo Editorial Patria.
- Wilson, J.D., Buffa, A.J. y Lou, B. (2007). *Física*. 6ta Edición. México: Pearson educación.
- Kreith, F., Manglik, R. M., Bohn, M. S. (2012). *Principles of Heat Transfer*. 7ma Edición. Cengage Learning.

## Créditos

- Vicerrectoría de Docencia
- CEDA - TEC Digital
- Proyecto de Virtualización 2016-2017
- Física General III
- Fís. Carlos Adrián Jiménez Carballo (profesor)
- Ing. Paula Morales Rodríguez (coordinadora de diseño)
- Andrés Salazar Trejos (Asistente)