

Transferencia de Calor I

Introducción

En primer lugar tenemos que decir que la transferencia de calor es el área de la ingeniería que estudia los diferentes mecanismos de transferencia de calor.

Definición termodinámica de calor: Es la forma de energía en tránsito, que se manifiesta debido a una diferencia de temperaturas.

Nomenclatura.

En este curso emplearemos la letra q minúscula para designar el flujo de calor.

q : Flujo de calor [W]

y q doble prima, q'' para designar el flujo de calor por unidad de área,

q'' : Flujo de calor por unidad de área [W/m^2]

Mecanismos de transferencia de calor.

Existen tres mecanismos básicos de transferencia de calor, ellos son:

- Conducción
- Convección
- Radiación

Conducción: Se define a la transferencia de calor que ocurrirá a través del medio en el cual existe un gradiente de temperaturas. Puede tomar lugar en sólidos, líquidos y / o gases.

Convección: Se refiere a la transferencia de calor que ocurrirá entre una superficie y un fluido en movimiento como resultado de la diferencia de temperatura entre la superficie y el fluido.

Radiación: Las superficies emiten energía en forma de ondas electromagnéticas. A pesar que no exista un medio (vacío) se establecerá un intercambio de calor por radiación entre dos superficies a diferentes temperaturas. Esta característica que tiene la

radiación térmica de no necesitar de medio es precisamente la que la distingue de los dos mecanismos anteriores.

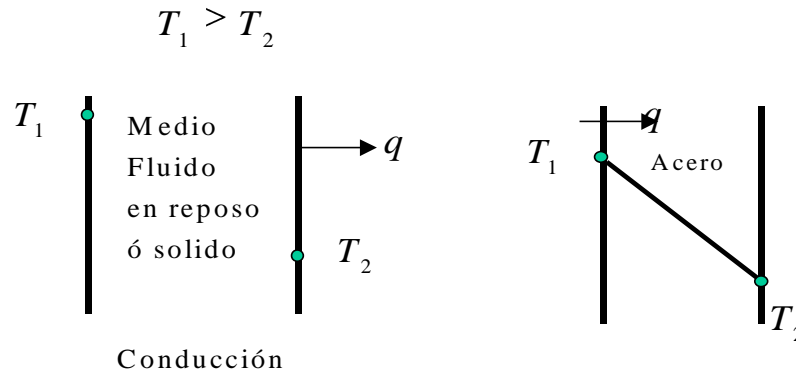


Figura 1.1 Ejemplo de conducción

En la Figura 1.1 se ilustra la situación en donde el mecanismo de conducción está presente, esta corresponde al caso de una pared plana que está expuesta a dos temperaturas, como consecuencia de esta diferencia de temperaturas se establecerá un flujo de calor a través de la pared. Es importante señalar que si se considera el flujo de calor unidimensional y la conductividad térmica constante, la distribución de temperaturas en la pared será lineal.

Leyes y ecuaciones que gobiernan los Mecanismos de Transferencia de Calor.

- Ley de Fourier. Conducción
- Ecuación de enfriamiento de Newton. Convección
- Ley de Stefan-Boltzmann. Radiación

Ley de Fourier.

Es la ley física que describe matemáticamente el mecanismo de transferencia de calor por conducción.

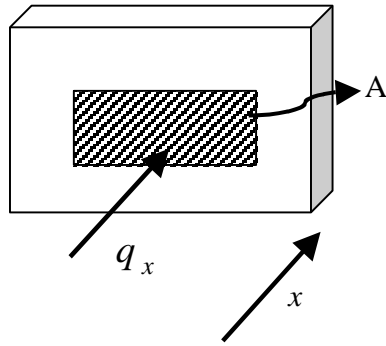


Figura 1.2 Ley de Fourier

Con referencia a la figura 1.2, la ley de Fourier establece:

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx}$$

donde:

q_x : Flujo de calor por conducción

A : área transversal [m^2]

$\frac{dT}{dx}$: gradiente de temperaturas $\frac{K}{m}$

k : conductividad, [W/mK]

En la ley de Fourier, la conductividad Térmica, k , es una propiedad del medio. En general, la conductividad térmica, k , es una propiedad que depende de la temperatura.

A continuación se presenta una Tabla 1.1 representativa de la conductividad térmica de diferentes materiales.

Tabla 1.1 Conductividad Térmica de diferentes materiales a 300 K

Material	W / mK
Plata	427
Cobre	400
Aluminio	236
Hierro	80
Madera	0,15

Agua	0,60
Aire	0,025

En el signo menos que aparece en la ley de Fourier, es una consecuencia de satisfacer la segunda Ley de la Termodinámica que para este caso impone que el flujo de calor debe darse siempre, desde la región de mayor temperatura hacia la región de menor temperatura.

En la figura 1.3 se ilustra que si el gradiente de temperaturas es negativo el flujo de calor, según el sistema de coordenadas señalado debe ser positivo, y en caso de ser el gradiente de temperaturas positivo, el flujo de calor debe ser negativo.

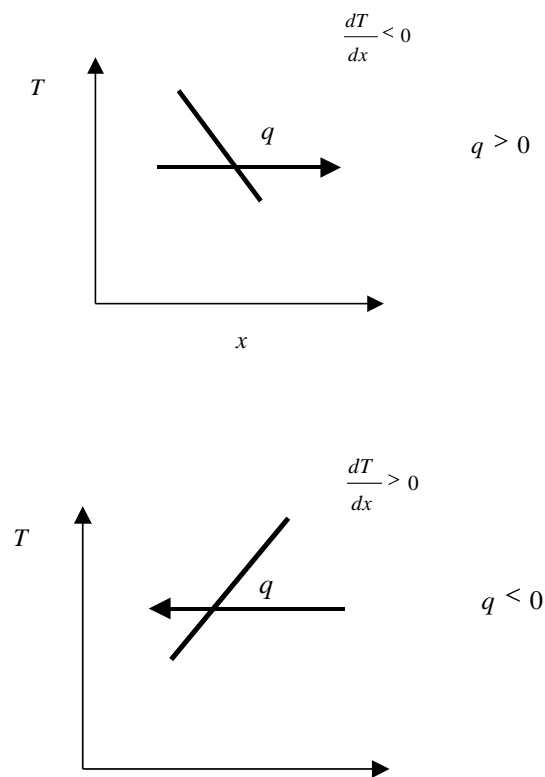


Figura 1.3 Justificación del signo menos en la Ley de Fourier

Ecuación de enfriamiento de Newton .

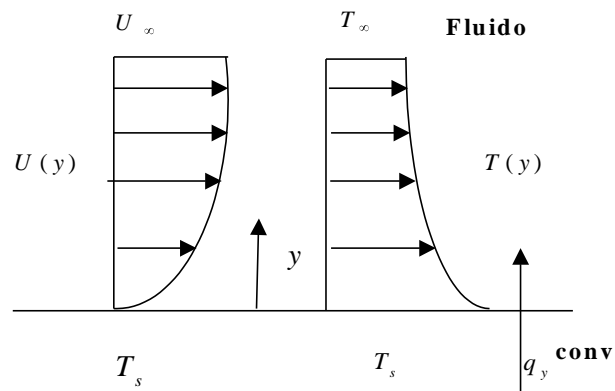


Figura 1.4 Ecuación de enfriamiento de Newton.

Las condiciones de corriente libre se suceden en donde los valores de U_∞ y T_∞ se hacen independientes de y .

Es importante señalar la naturaleza empírica que tiene la ecuación de Newton, la cual haciendo referencia a la Figura 1.4, se establece lo siguiente:

$$q^{conv} = h A (T_s - T_\infty)$$

donde:

q^{conv} : Flujo de calor por convección [W]

h : coeficiente de transferencia de calor por convección [$W / m^2 K$]

A : área de contacto entre el fluido y la pared [m^2]

En la ecuación de Newton, h no es una propiedad termofísica ya que depende de una gran variedad de factores tanto geométricos como fluidodinámicos.

Ley de Stefan- Boltzmann

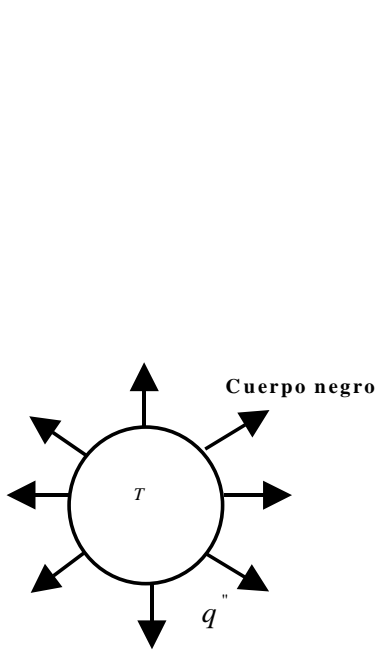


Figura 1.5 Ley de Stefan- Boltzmann

La ley de Stefan- Boltzmann, establece que si un cuerpo se encuentra a una determinada temperatura, este emite calor que viene cuantificado por:

$$q^{rad} = \sigma AT^4$$

Donde:

q^{rad} = Flujo de calor por radiación, [W]

T = Temperatura absoluta, [K]

σ = Constante de Stefan - Boltzmann, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} [W / m^2 K^4]$

La ley de Stefan-Boltzmann, aplica a los denominados cuerpos negros, que son aquellos cuerpos que emiten la mayor cantidad de calor posible.

En la práctica los cuerpos negros son una idealización, en realidad los cuerpos reales solamente emiten una fracción de la energía que emite un cuerpo negro. A dichos cuerpos se les denominan **cuerpos grises**.

Flujo de calor en cuerpos grises

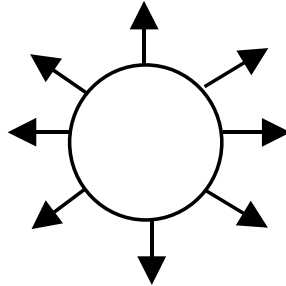


Figura 1.6 Flujo de calor en cuerpos grises

Para el caso de cuerpos grises la ecuación de Stefan- Boltzmann se modifica, incluyendo la emisividad Térmica, ε , de forma que para un cuerpo gris, el flujo de calor viene dado por:

$$q^{rad} = \varepsilon \sigma AT^4$$

ε = Emisividad (adimension al)

La Emisividad depende de la temperatura y el acabado superficial y varía entre

$$0 < \varepsilon < 1.$$

A continuación se presenta en la Tabla 1.2 los valores característicos de la emisividad para una temperatura de 300 K

Tabla 1.2 Emisividad de diversos materiales a 300 K

Material	ε (300 K)
<i>Aluminio</i>	
Pulido	0,04
Anodizado	0,82
<i>Acero</i>	
Pulido	0,17
Oxidado	0,87
Asfalto	0,87 -0,93
Madera	0,82 – 0,92
<i>Pintura</i>	
Negra	0,98
Blanca	0,90
Piel	0,95