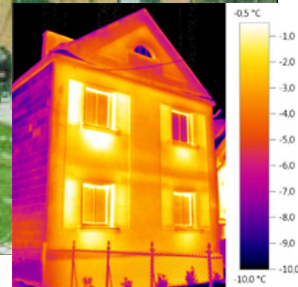
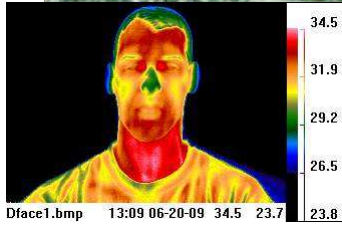
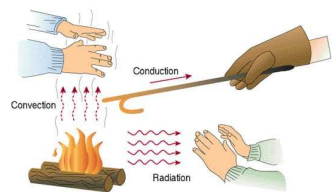


Termodinámica



Transferencia de Calor

Mecanismos de transferencia de calor

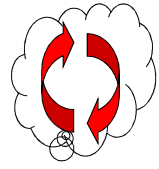


CONDUCCION



Propagación de calor a través de un sólido, líquido o gas por agitación térmica (líquidos y gases se asumen quietos)

CONVECCION

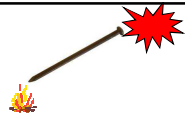


Propagación de calor por transporte de una sustancia caliente (líquidos o gases).

RADIACION



Ondas electromagnéticas (campos E y B). No necesitan de un medio material para propagarse (lo hacen aún en vacío)

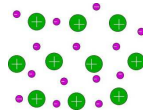


CONDUCCIÓN

la energía se trasmite a través de la materia, sin que haya desplazamiento de la misma



Puede haber conducción dentro de un mismo material y entre materiales diferentes que están en **contacto directo**.



Los materiales que conducen bien el calor se conocen como **conductores térmicos**. Los mejores conductores son los metales.



Hay materiales que *retardan* la transferencia de calor y se conocen como **aislantes térmicos**. La madera, el corcho, el papel, el telgopor son buenos aislantes.

En general, los líquidos y los gases son buenos aislantes térmicos.



Las personas sienten frío cuando ceden rápidamente calor hacia el ambiente. La alfombra no permite que los pies pierdan calor, por eso se siente más caliente que el piso.



Sentimos que algo está caliente cuando al tocarlo el calor fluye rápidamente desde el objeto hacia nosotros y sentimos que está frío cuando ocurre lo contrario.



Un acolchado no "da calor" simplemente retarda la transferencia de calor del cuerpo al entorno.

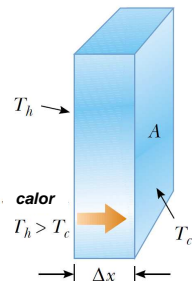


Si los utensilios de cocina son de metal, poseen asas de madera.



Para reducir la pérdida de calor los animales pueden ahuecar las plumas o erizar los pelos.

Conducción de Calor



Densidad de corriente de Energía (energía por unidad de área por unidad de tiempo).

$$\vec{J} = -K \nabla T$$

Ecuación del calor

GRADIENTE

La mayoría de los buenos conductores eléctricos son también buenos conductores térmicos. (una excepción: diamante)

Thermal Conductivities

Substance	Thermal Conductivity (W/m·°C)
<i>Metals (at 25°C)</i>	
Aluminum	238
Copper	397
Gold	314
Iron	79.5
Lead	34.7
Silver	427
<i>Nonmetals (approximate values)</i>	
Asbestos	0.08
Concrete	0.8
Diamond	2 300
Glass	0.8
Ice	2
Rubber	0.2
Water	0.6
Wood	0.08
<i>Gases (at 20°C)</i>	
Air	0.023 4
Helium	0.138
Hydrogen	0.172
Nitrogen	0.023 4
Oxygen	0.023 8

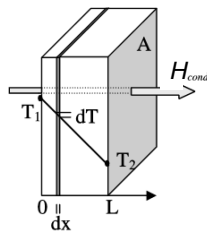
Conducción de calor

$$H = \int \vec{J} \cdot d\vec{A} = -K \int \nabla T \cdot d\vec{A}$$

Calor por unidad de tiempo

Hay que plantear la integral de superficie para la geometría dada

Geometría plana

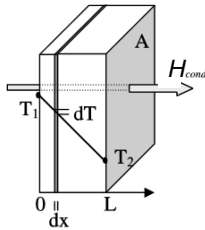


$$H = -K A \frac{dT}{dx} \rightarrow H = -\frac{K A \Delta T}{L}$$

Velocidad de transferencia de calor

Conducción de calor

Geometría plana



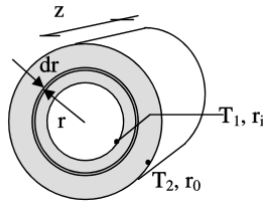
$$H = -K A \frac{dT}{dx} \rightarrow H = -\frac{K A \Delta T}{L}$$

Velocidad de transferencia de calor

Geometría esférica

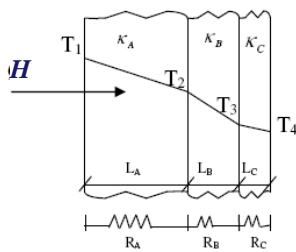
$$H = -K (4\pi r^2) \frac{dT}{dr}$$

Geometría cilíndrica



$$H = -K (2\pi r L) \frac{dT}{dr} \rightarrow H = -\frac{K 2\pi L \Delta T}{\ln(b/a)}$$

Conducción de calor en paredes PLANAS compuestas



$$(T_1 - T_2) = \frac{H L_A}{K_A A}$$

$$(T_2 - T_3) = \frac{H L_B}{K_B A}$$

$$(T_3 - T_4) = \frac{H L_C}{K_C A}$$

$$H_A = H_B = H_C = H [W]$$

$$(T_1 - T_4) = \frac{H}{A} \left[\frac{L_A}{K_A} + \frac{L_B}{K_B} + \frac{L_C}{K_C} \right]$$

$$H_A = -K_A A \frac{(T_2 - T_1)}{L_A},$$

$$H_B = -K_B A \frac{(T_3 - T_2)}{L_B},$$

$$H_C = -K_C A \frac{(T_4 - T_3)}{L_C}$$

$$H = \frac{A(T_1 - T_4)}{L_A / K_A + L_B / K_B + L_C / K_C}$$

$$= \frac{\Delta T}{\sum (L_i / A K_i)} = \frac{\Delta T}{\sum R_i}$$

RESISTENCIA TÉRMICA

$$R_i = \frac{L_i}{K_i A}$$

Una habitación cuadrada tiene paredes de ladrillo de 3m de alto por 5 de ancho y de 15cm de espesor, y el techo es de pino de 2cm de espesor. Si la Temperatura adentro de la habitación es de 20°C y afuera es de 8°C ¿Cuánta energía por hora tiene que entregar un calefactor para mantener el ambiente a la temperatura deseada?

Suponga ahora que el techo se aísla con lana de vidrio de 6cm de espesor. ¿cuánta energía por hora se estará ahorrando?

$$K_{\text{lana}} = 0,042 \text{ J/m.s.}^\circ\text{C}$$

$$K_{\text{madera}} = 0,12 \text{ J/m.s.}^\circ\text{C}$$

$$K_{\text{ladrillo}} = 0,8 \text{ J/m.s.}^\circ\text{C}$$

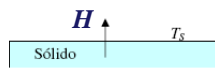


CONVECCIÓN

los líquidos y gases transmiten el calor principalmente por convección, que se trata de la transferencia de calor debida al movimiento del fluido mismo

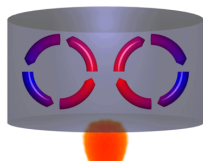
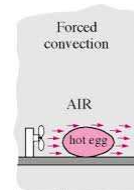


Flujo de gas o líquido a $T_{\text{fluido}} < T_s$



Convección Forzada

Se obliga al fluido a fluir mediante medios externos, como un ventilador o una bomba.

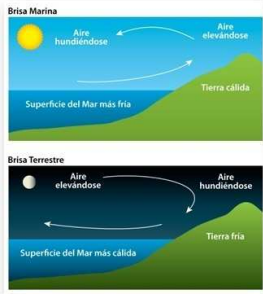


Convección Natural:

Cuando un líquido o un gas se calienta, se dilata, se hace menos denso, sube y su lugar es ocupado por material más frío y más denso. El proceso se repite dando lugar a corrientes de convección.



CONVECCIÓN



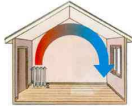
Brisa Marina_ Brisa terrestre



Dentro de las nubes de tormenta se producen corrientes intensas ascendente, que en su ascenso se enfría produciéndose la condensación de su contenido de vapor de agua que adoptan forma de inmensas torres en forma de coliflor, antes de que sus topos comiencen a helarse y adoptar la forma de yunque.

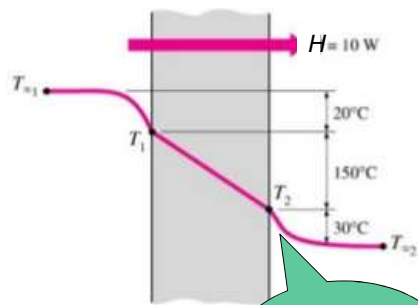


Gran parte del calor de una casa se pierde por el techo



El aire puede transmitir calor por convección. En los copos de nieve o en el telgopor el aire está atrapado y no puede fluir, conformando buenos materiales aislantes.

Convección de calor



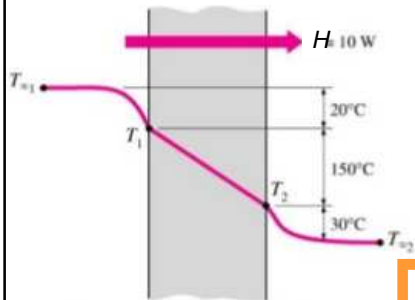
La primera capa ($v=0$) se calienta por conducción

$$H = -h A \Delta T$$

Coefficiente de convección del medio ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

Flujo y fluido	h (W/m^2K)
Convección libre, aire	3-25
Convección libre, agua	15-100
Convección forzada, aire	10-200
Convección forzada, agua	50-10000
Ebullición de agua	3000-100000

$$(T_i - T_0) = \frac{H}{A} \left[\frac{1}{h_i} + \frac{L_A}{\kappa_A} + \frac{L_B}{\kappa_B} + \frac{L_C}{\kappa_C} + \frac{1}{h_0} \right]$$



$$H = \frac{(T_i - T_0)}{R}$$

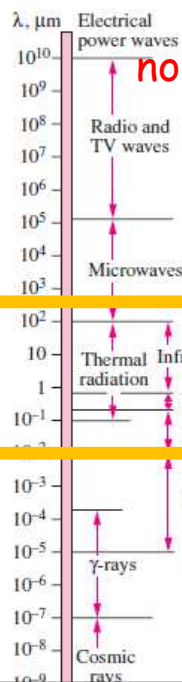
$$R = \left[\frac{1}{h_i A} + \sum \frac{L}{\kappa A} + \frac{1}{h_0 A} \right]$$

En geometrías no planas hay que identificar bien cuál es la superficie

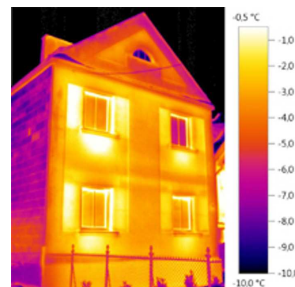
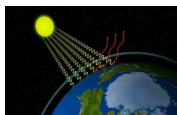
RADIACIÓN TÉRMICA

no necesita materia para transferirse

La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas, como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. En los estudios de transferencia del calor es de interés la radiación térmica, que es la forma de radiación emitida por los cuerpos debido a su temperatura.



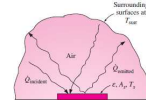
0.1 hasta 100 μm
infrarrojo,
visible,
ultravioleta



El calor que nos llega del Sol no puede hacerlo ni por conducción ni por convección (pues hay vacío entre el Sol y la Tierra), llega por radiación térmica.

Radiación térmica y emisividad

La cantidad máxima de calor por unidad de tiempo emitida en forma de radiación, está dada por los denominados "cuerpos negros" .



$$H_{\max} = \sigma AT^4$$

Ley de Stefan-Boltzmann

$$\sigma = 5,669 \times 10^{-8} \text{ W / m}^2 \text{ K}^4$$

Radiación de un cuerpo negro

La emisividad es una medida de cuan próxima está una superficie de ser un cuerpo negro. Depende de la temperatura, acabado, ángulo de emisión, longitud de onda, etc. ($0 < e < 1$)

Tipo de superficie	ϵ (a 300K)
Aluminio pulido	0.09
Aluminio anodizado	0.77
Pintura negra	0.98
Pintura blanca	0.90
Piel humana	0.95
tierra	0.94

Radiación de un cuerpo real

$$H_{\text{corporeal}} = e\sigma AT^4$$

Absorbancia

Irradiación: energía incidente por unidad de área y tiempo

$$I = \alpha I + rI + tI = \sigma T_{\text{amb}}^4$$

$$\alpha + r + t = 1$$

energía reflejada

energía absorbida

energía transmitida

La energía absorbida eleva la temperatura del cuerpo

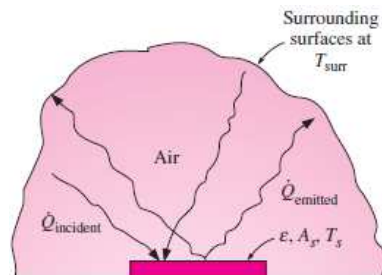
Un mal absorbente, es un buen reflector, por eso los objetos de color claro reflejan más luz y calor que los objetos oscuros.

Un buen absorbente de radiación no refleja casi nada ni siquiera la luz, por eso parece oscuro a la vista. La **absorción** y la **emisión** de radiación son procesos opuestos, sin embargo un buen absorbente, es un buen emisor ($e \cong 1$).



RADIACIÓN TÉRMICA

Todos los cuerpos emiten y absorben radiación térmica, si hay un desbalance cambian su temperatura.



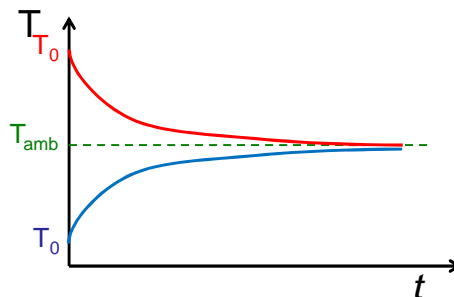
$$H_{neta} = H_{emitida} - H_{absorbida} = \sigma A e (T^4 - T_{amb}^4)$$

Ley de enfriamiento de Newton

"La rapidez de la variación de la temperatura en un cuerpo es proporcional a la diferencia de temperatura con el medio ambiente"

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{amb})$$

$$T(t) = T_{amb} + (T_0 - T_{amb})e^{-kt}$$



Una taza de café cuya temperatura es de 80°C se sirve en una habitación donde la temperatura es de 20°C . Si luego de transcurridos 2 minutos el café estaba a 70°C , cuánto tiempo deberá esperarse desde que se sirvió para que alcance los 50°C ?

