Universidad Nacional de Río Negro Física III B - 2019

Unidad 04

Clase U04 C04

Fecha 11 Jun 2019

Cont Transferencia de calor, 2da parte

Cátedra Asorey

Web http://gitlab.com/asoreyh/unrn-f3b



Contenidos: Termodinámica, alias F3B

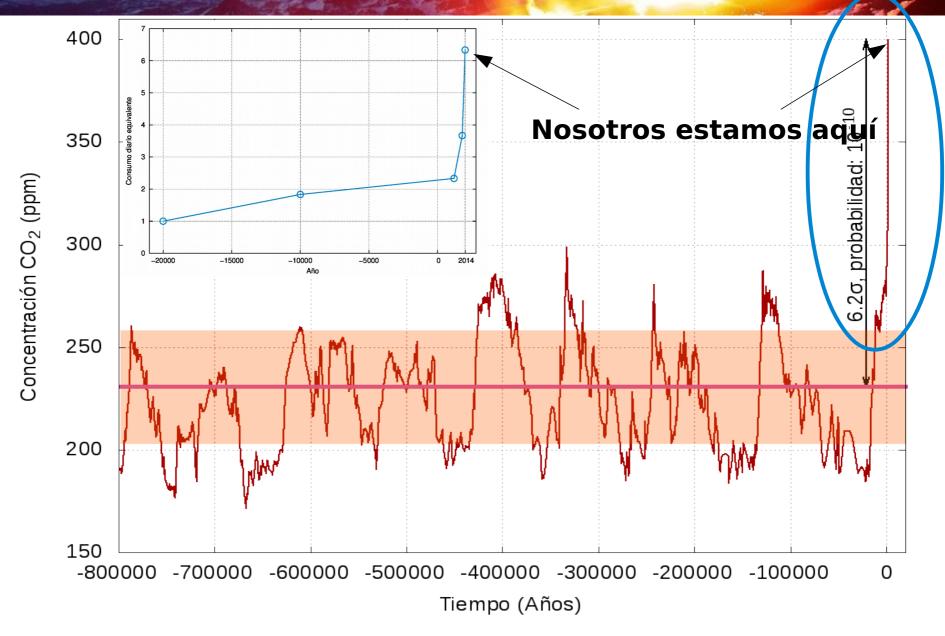
Unidad 2 Unidad 1 Unidad 4 Unidad 3 **El Calor** Primer principio Segundo Principio **Aplicaciones** Es lo que hay Todo se transforma Nada es gratis Hace calor

Bloque 2 - Unidad 4: Aplicaciones Del de 23/May al 21/Jun (8 encuentros)

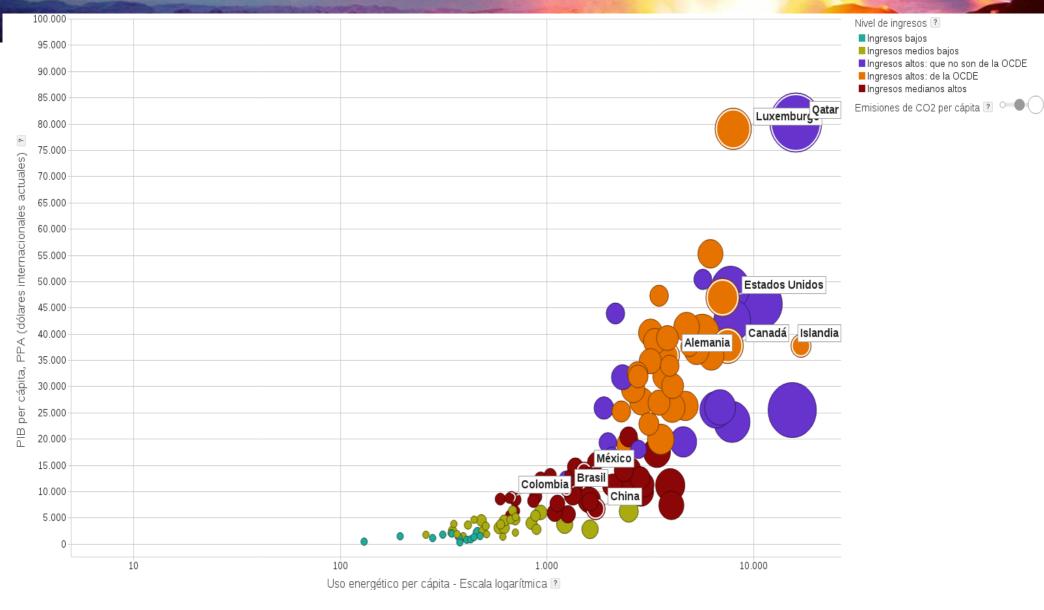
Transferencia de calor: radiación, conducción y convección. Ley de Newton. Conductores y aislantes del calor. Ley de Fourier. Aplicaciones hogareñas. Termodinámica de la vida. Energía y humanidad. Calentamiento global.

Un "pequeño detalle" Quemar un barril de petróleo libera ~300 kg de CO₂ El año pasado quemamos ~70 mil millones de barriles y liberamos ~25 billones de kg de CO₂ que terminaron en la atmósfera

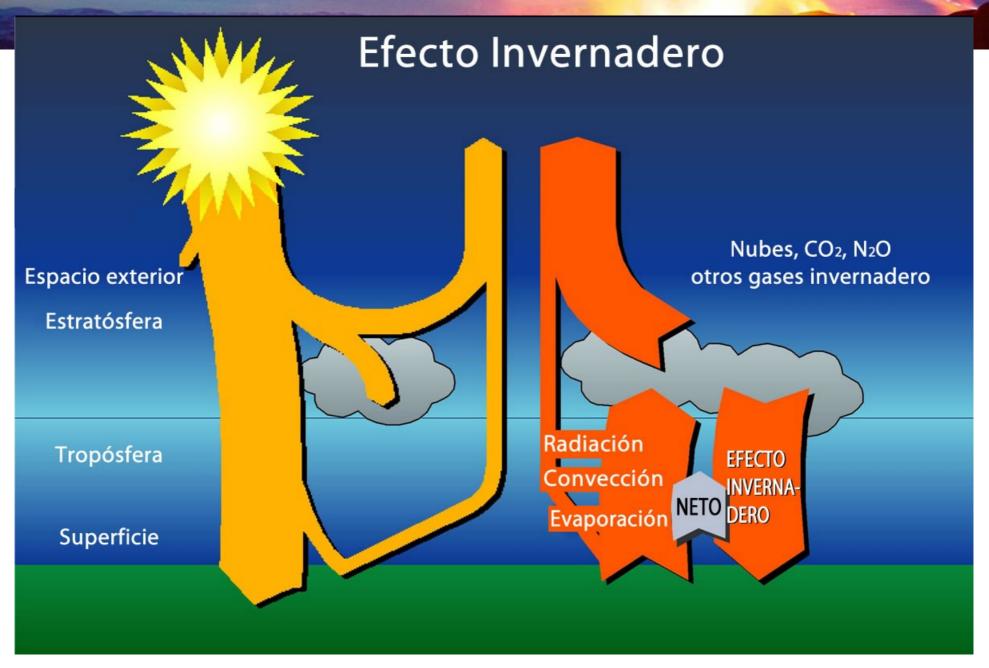
Todo junto.... ¿¿yo no fui??



Energía vs PIB vs CO₂ (per capita)

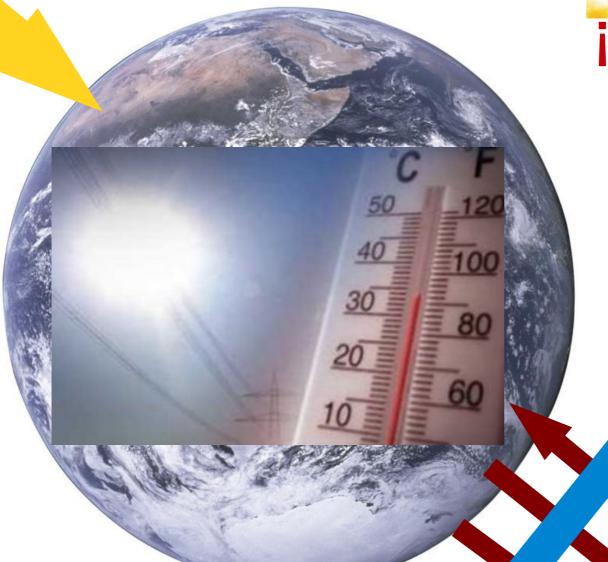


Efecto invernadero



Jun 11, 2019 H. Asorey - F3B 2019 7/40

Todo tiende al equilibrio



La Tierra se calienta y alcanza un nuevo equilibrio térmico!

Steffan-Boltzman

 $L = A \sigma T^4$

19

Mayor Más evaporación de agua

Avalancha del Efecto Invernadero

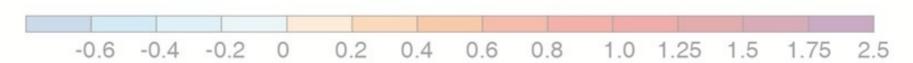
Más absorción en el aire



Más vapor de agua

Cambio observado en el promedio de la Temperatura en superficie (1901-2012)

"El calentamiento del sistema climático es inequívoco, y desde 1950s, muchos de los cambios observados no tienen precedentes en tiempos de décadas a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, las cantidades de nieve y hielo se han reducido, el nivel del mar ha aumentado, y las concentraciones de gases invernadero se han incrementado." AR5 WG1, IPCC, 2013



Tendencia (°C sobre todo el período)

¿¿¿YO NO FUJ???? ¿En serio?

La influencia humana ha sido detectada en el calentamiento de la atmósfera y del océano, en cambios en el ciclo global del agua, en las reducciones de la nieve y del hielo, en el aumento medio global del nivel del mar y en algunos climas extremos [...] Es extremadamente posible (95%-100%) que la influencia humana haya sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX.





Fuente: IPCC (2013) http://www.ipcc.ch//⁴⁰

Analice su huella de carbono y actúe en consequencia

http://www.carbonfootprint.com/

Vivienda	0.33 toneladas de CO ₂
✓ Vuelos	2.17 toneladas de CO ₂
✓ Coche	0.00 toneladas de CO ₂
✓ Moto	0.00 toneladas de CO ₂
Autobús/Tren	0.27 toneladas de CO2
✓ Otros combustibles	0.00 toneladas de CO ₂
Secundaria	2.31 toneladas de CO ₂

Total = 5.08 toneladas de CO₂

0.3 Toneladas por año en la respiración



e tu huella de carbono, o toda ella, marca las secciones de la lista anterior que desees compensar y haz clic en el botón Compensar aho

Total a compensar = 5.08 toneladas de CO₂

Compensar ahora



- Tu huella es de 5.08 toneladas al año
- La huella media por persona en Colombia es de 1.21 toneladas
- La media de los países industrializados es de unas 11 toneladas
- La huella de carbono media mundial es de unas 4 toneladas
- · El objetivo mundial para combatir el cambio climático es de unas 2 toneladas

Estamos a tiempo

Recicla

Reforesta

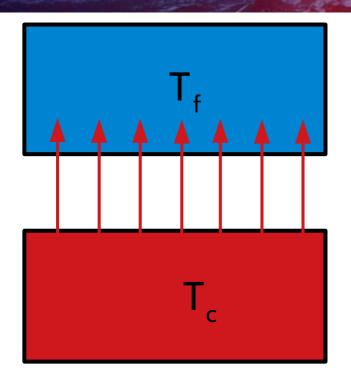
Responsabilízate

Reusa

Reduce

Reflexiona

Ley de enfriamiento



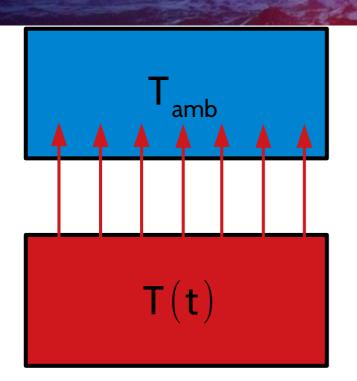
$$\frac{dQ}{dt} \propto A \left(T_c - T_f \right)$$

$$\frac{dQ}{dt} = -hA(T_c - T_f)$$

- Imaginemos una región caliente y una fría
- ¿Qué variables determinan el flujo de calor?
 - ¿Área de contacto? A dt
 - ¿Diferencia de temperatura?
 - ¿Materiales?
 - h es el coeficiente de transferencia de calor: [h] = W / (m² K)

El signo - aparece porque miramos el enfriamiento!

Ley de enfriamiento de Newton



$$\frac{dT(t)}{dt} = -r(T(t) - T_{amb}) = -r\Delta T(t)$$

$$r = \left(\frac{hA}{mC_{V}}\right) > O \quad \tau \stackrel{\text{def}}{=} r^{-1} = \left(\frac{mC_{V}}{hA}\right)$$

$$[r] = s^{-1} \quad [\tau] = s$$

$$\tau \text{ es un tiempo caracteristico}$$

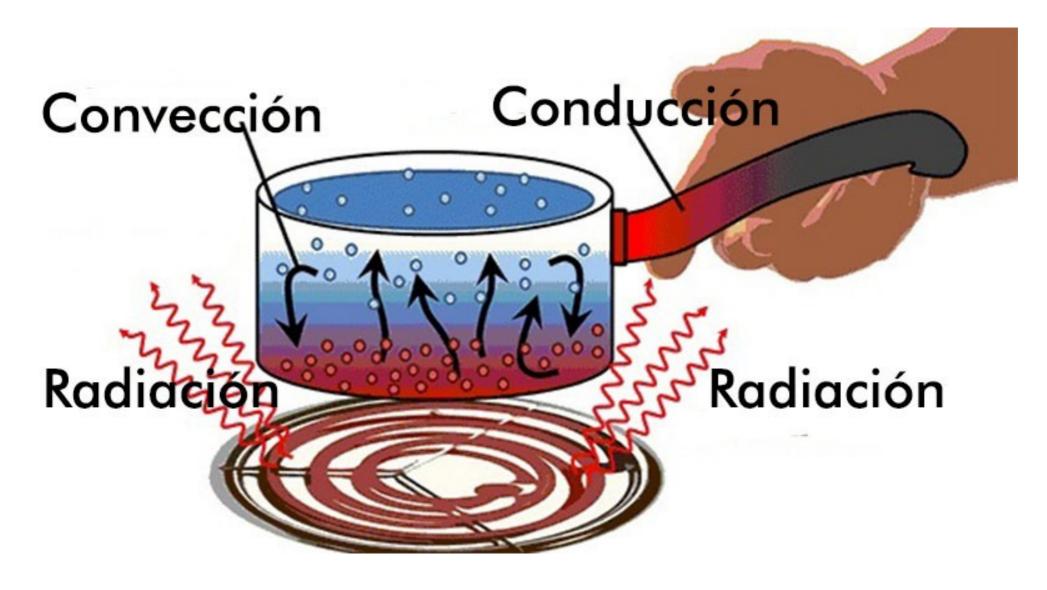
$$(\text{depende del sistema})$$

$$\frac{dT(t)}{dt} = -r\Delta T(t)$$

$$\Delta T(t) = \Delta T(0)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

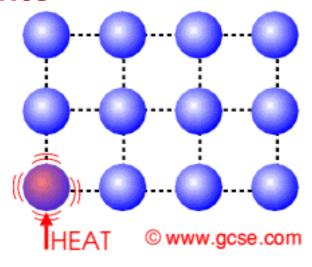
$$T(t) = T_{amb} + (T(0) - T_{amb})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Conducción, convección y radiación

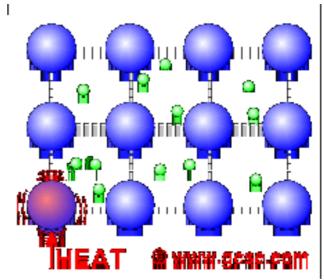


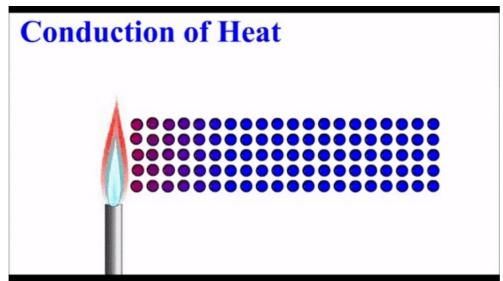
Conducción

Aislante



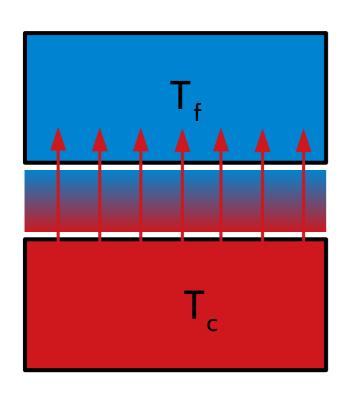
Conductor





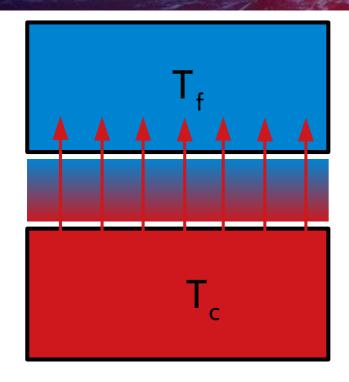
Conducción de calor

Conductividad térmica



- Imaginemos una región caliente y una fría, separadas por una región de transición
- ¿Qué variables determinan el flujo de calor?
 - ¿Área de contacto? A
 - ¿Diferencia de temperatura? (T_c T_f)
 - ¿Materiales? (k)
 - ¿Espesor de la transición? (d)

Conductividad térmica



$$\frac{dQ}{dt} \propto \frac{A}{d} (T_c - T_f)$$

$$\frac{dQ}{dt} = \kappa \frac{A}{d} (T_c - T_f)$$

 Imaginemos una región caliente y una fría...

...separadas por una región de transición

- ¿Qué variables determinan el flujo de calor?
 - ¿Área de contacto? A
 - ¿Diferencia de temperatura? (T_c T_f)
 - ¿Materiales? (κ)
 - ¿Espesor de la región de transición? (d)

 El flujo de calor por conducción entre una región caliente (T_c) y una fría (T_f) está dado por:

$$I_{Q} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{dQ}{dt} = \kappa \frac{A}{d} (T_{c} - T_{f}) \rightarrow I_{Q} = \kappa \frac{A}{d} (T_{c} - T_{f})$$

κ es el coeficiente de conductividad térmica

$$[\kappa] = \frac{Jm}{m^2 s K} = \frac{W}{mK}$$

 cantidad de calor transferida por unidad de área, unidad de tiempo por un material de espesor unitario cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es de 1 K.

κ → sólo depende del material

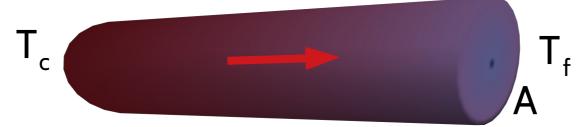
$k>10 \rightarrow conductores, k<1 \rightarrow aislantes$

Material	k	Material	k	Material	k
Acero	47-58	Corcho	0,03-0,04	Mercurio	83,7
Agua	0,58	Estaño	64,0	Mica	0,35
Aire	0,02	Lana de vidrio	0,03-0,07	Níquel	52,3
Alcohol	0,16	Glicerina	0,29	Oro	308,2
Alpaca	29,1	Hierro	80,2	Parafina	0,21
Aluminio	209,3	Ladrillo	0,80	Plata	406,1-418,7
Amianto	0,04	Ladrillo refractario	0,47-1,05	Plomo	35,0
Bronce	116-186	Latón	81-116	Vidrio	0,6-1,0
Zinc	106-140	Litio	301,2	Cobre	372,1-385,2
Madera	0,13	Tierra húmeda	0,8	Diamante	2300

Jun 11, 2019 H. Asorey - F3B 2019 21/40

Aplicación: resistencia térmica

 Barra de longitud L, sección A y de conductividad k, aislada en su superficie salvo en los extremos



El flujo de calor está dado por la Ley de Fourier

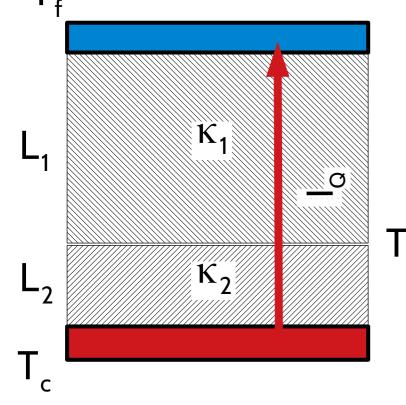
$$I_{Q} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{dQ}{dt} = \underbrace{\left(\kappa \frac{A}{L}\right)}_{\text{def}} \Delta T \rightarrow I_{Q} = \Delta T \frac{1}{R}$$

$$\Delta T = I_Q R$$
H. Asorey - F3B 2019

Ley de Ohm V=iR

Aplicación: aislación en paredes

Pared de área A compuesta por dos placas de espesores
 L₁ y L₂ y materiales k₁ y k₂., a temperaturas T_c y T_f.

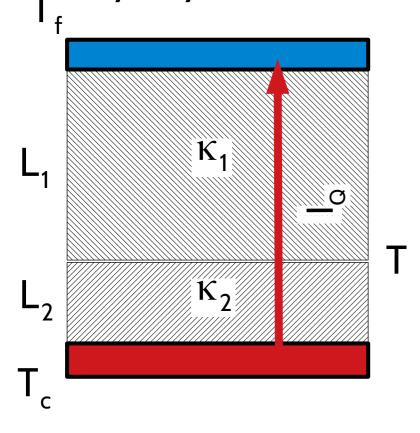


- Las T_c y T_f se mantienen constantes (fuentes de calor)
- ¿Cuál es la temperatura T en la región de transición una vez se alcanzó el estado estacionario?

Resistencia en serie

Aplicación: aislación en paredes

 Pared de área A compuesta por dos placas de espesores L_1 y L_2 y materiales k_1 y k_2 , a temperaturas T_c y T_f .



$$R_{i} = \frac{L_{i}}{\kappa_{i} A} \rightarrow T = \frac{T_{c} R_{1} + T_{f} R_{2}}{R_{1} + R_{2}}$$

$$L_{c} = \frac{\Delta T}{\Lambda T} \rightarrow \Lambda T = L_{c} R$$

$$I_{Q} = \frac{\Delta T}{R_{1} + R_{2}} \rightarrow \Delta T = I_{Q} R_{eq}$$

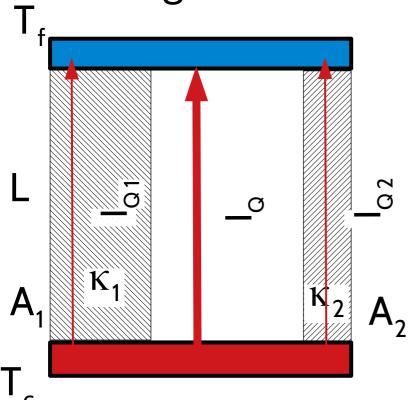
Resistencias térmicas en serie

$$R_{eq} = \sum_{i=1}^{N} R$$

H. Asorey - F3B 2019

Aplicación: conductos de calor

 Conector térmico entre T_c y T_f compuesto por dos barras de longitud L, áreas A₁ y A₂ y materiales k₁ y k₂



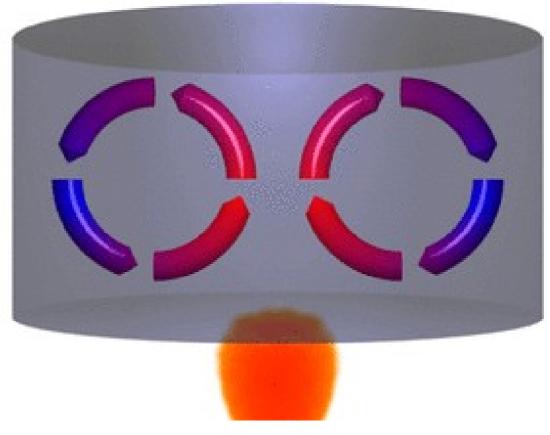
$$R_i = \frac{L_i}{\kappa_i A}$$
, $I_{Qi} = \frac{\Delta T}{R_i}$, $I_{Q} = \sum_{i=1}^{N} I_{Qi}$

Resistencias térmicas en paralelo

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{R_i}$$

Convección

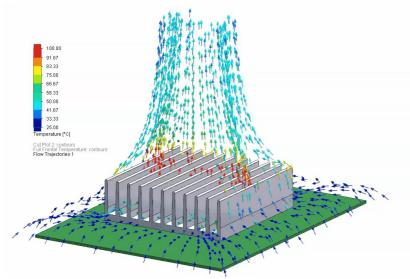
Transferencia de calor mediante el movimiento de un fluido en contacto con zonas a diferentes temperaturas calor → cambio de densidad → empuje → flotación

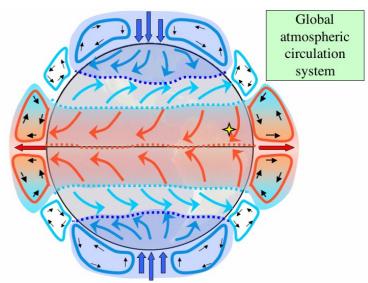


Celdas convectivas



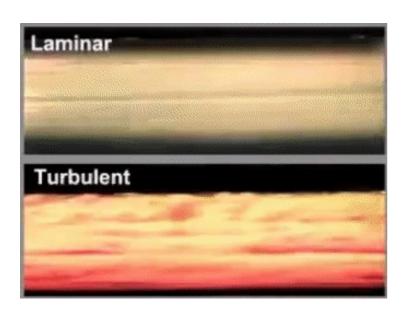


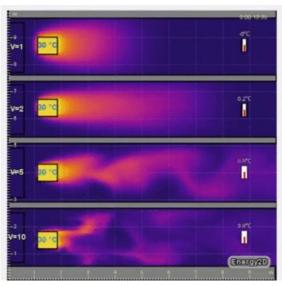


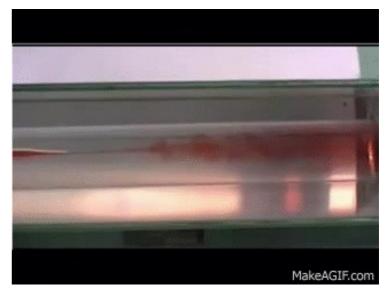


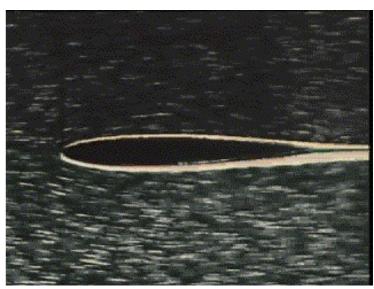
Jun 11, 2019 H. Asorey - F3B 2019 28/40

Flujo laminar y turbulento









Transición a flujo turbulento

30/40



H. Asorey - F3B 2019

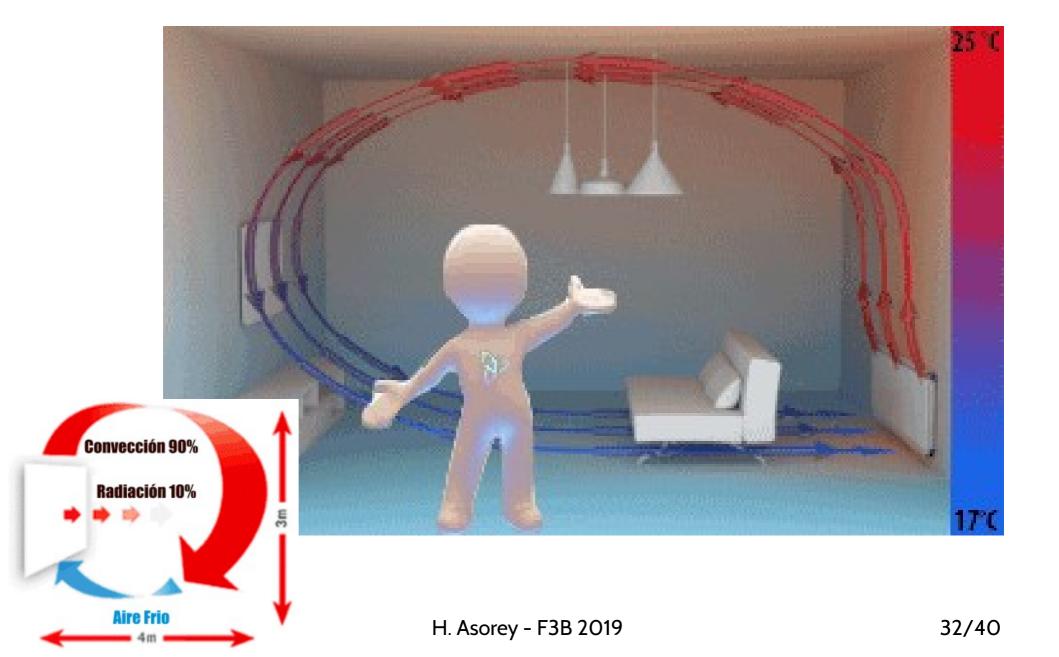
Aplicación: radiadores de calefacción



- ¿Son radiadores?
- En realidad son
 "conductores+radiadores+convectores"
- ¿Cuánto radian? Acordarse de T4.



Convección

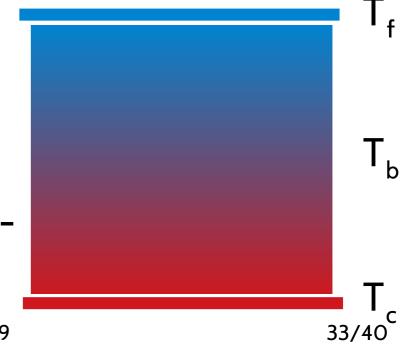


Transferencia por convección: ¿de qué depende?

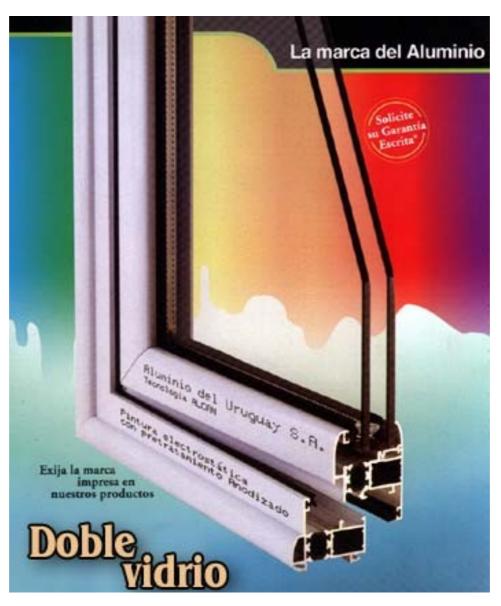
- Tasa de transferencia: $\frac{dQ}{dt}$
- ¿Qué pasa si aumento el área de contacto?
- ¿Qué pasa si aumento la diferencia de temperatura?
- ¿de qué más dependerá? Ignorancia → Lew de Newton

$$\frac{dQ}{dt} = hA(T_c - T_b)$$

 h depende del fluído, de las superficies de contacto, de las diferencias de temperura, del flujo...



Aplicación -> Termopaneles

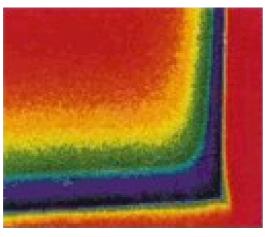


Termopaneles

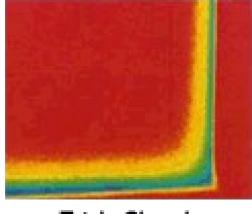
- Es una armadura de vidrios dobles usada en los climas fríos.
- El calor se transfiere de un ambiente hacia el exterior por:
 - Conducción en el vidrio interior
 - Conducción y convección en el aire intermedio
 - Conducción en el vidrio exterior

Triple vidrio

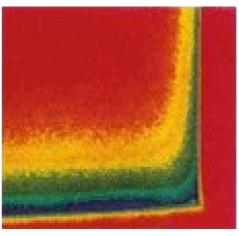
36/40



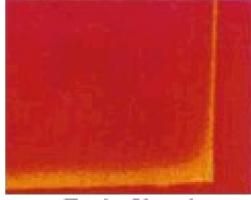
Double Glazed Aluminum Spacer



Triple Glazed Aluminum Spacer

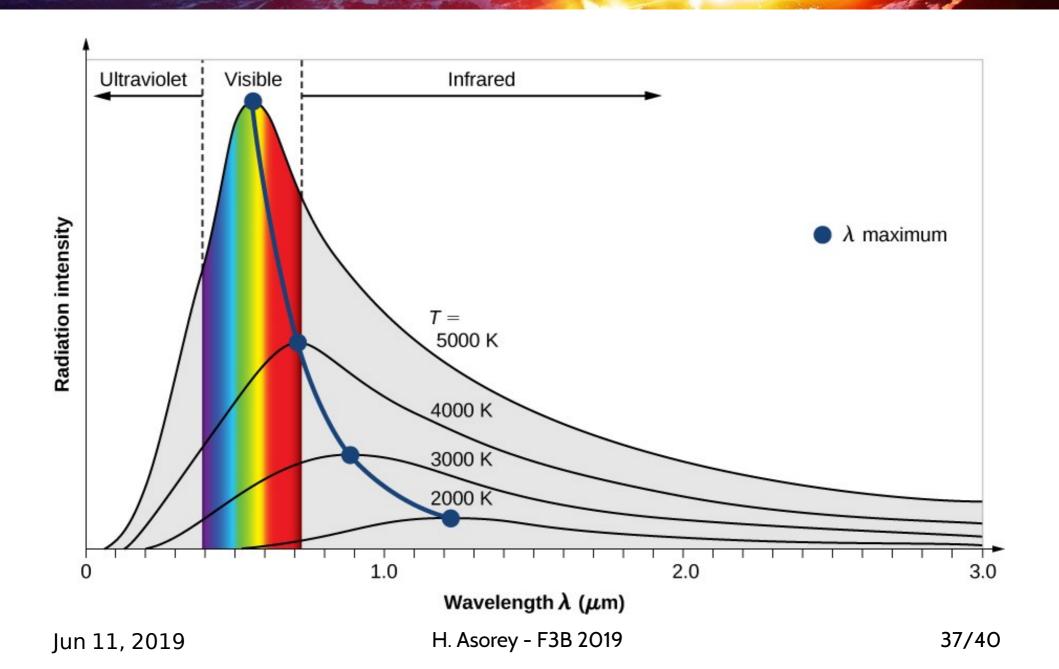


Double Glazed warm edged spacer (Silicone Foam)



Triple Glazed warm edged spacer (Silicone Foam)

Radiación



Transferencia por radiación: ¿de qué depende?

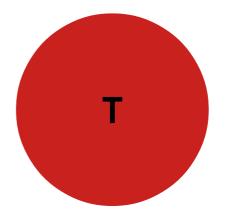
- Todos los objetos emiten y absorben radiación EM
- ¿Qué pasa si aumento el área de emisión A?
- ¿Qué pasa si aumento la temperatura?
- ¿Qué pasa si cambio el material?

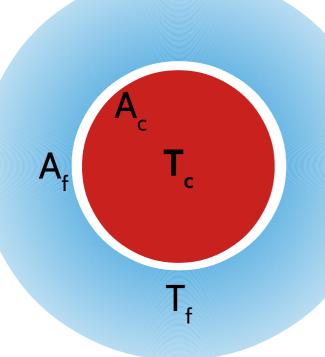
$$\frac{dQ}{dt} = \sigma \varepsilon A T^4$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \,\mathrm{W m^{-2} K^{-4}}$$

- Radiación tipo cuerpo negro:
 - A es el área, T la temperatura
 O<ε<1 es la emisividad (si ε=1 → cuerpo negro ideal)

Tasa de emisión $\frac{dQ}{dt}$





- El objeto T_c emite radiación, el objeto a temperatura T_f la absorbe, se calienta y también emite.
- Suponemos $A_c \sim A_f \sim A$, y $\varepsilon = 1$
- La tasa de intercambio será

$$\begin{split} \frac{dQ_c}{dt} = & -\sigma A_c T_c^4 \quad y \quad \frac{dQ_f}{dt} = \sigma A_f T_f^4 \\ \frac{dQ_c}{dt} = & \sigma A (T_f^4 - T_c^4) \quad y \quad \frac{dQ_f}{dt} = \sigma A (T_c^4 - T_f^4) \end{split}$$

Radiación al ambiente T, → Ley de Newton

Supongamos T_f es temperatura ambiente (cte) y T_c~T_f →

$$\begin{split} \frac{dQ_{c}}{dt} = & -\sigma A_{c} (T_{c}^{4} - T_{f}^{4}) = -\sigma A_{c} (T_{c}^{2} + T_{f}^{2}) (T_{c}^{2} - T_{f}^{2}) \\ \frac{dQ_{c}}{dt} = & -\sigma A_{c} (T_{c}^{2} + T_{f}^{2}) (T_{c} + T_{f}) (T_{c} - T_{f}) \end{split}$$

$$\frac{dQ_{c}}{dt} \simeq -\sigma A_{c} (T_{f}^{2} + T_{f}^{2}) (T_{f} + T_{f}) (T_{c} - T_{f}) \simeq -\sigma A_{c} (2T_{f}^{2}) (2T_{f}) \Delta T$$

$$\frac{dQ_{c}}{dt} \simeq -\sigma 4 T_{f}^{3} A_{c} \Delta T \rightarrow \frac{dQ_{c}}{dt} \simeq -h A_{c} \Delta T$$
Ley de Newton