

# Universidad Nacional de Río Negro

## Física III B – 2020

- **Unidad** 04
- **Clase** U04 C02 / 23
- **Fecha** 09 Jun 2020
- **Cont** Transferencia de calor
- **Cátedra** Asorey
- **Web** <http://gitlab.com/asoreyh/unrn-f3b>



# Contenidos: Termodinámica alias Física IIIB, alias Física IVA

## Unidad 1

### El Calor

*Hace calor*

## Unidad 2

### Primer principio

*Todo se transforma*

## Unidad 3

### Segundo Principio

*Nada es gratis*

## Unidad 4

### Aplicaciones

*Es lo que hay*



# Bloque 2 - Unidad 4: Aplicaciones

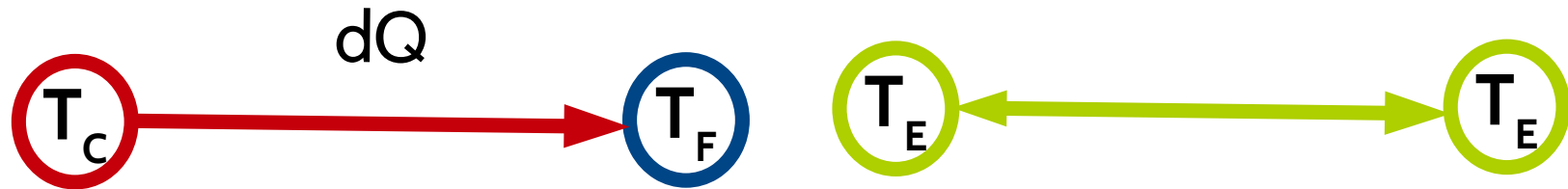
Del de 02/Jun al 25/Jun (8 encuentros)

- **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.**



# Trabajamos en el problema 49

# Observaciones empíricas



- El cuerpo caliente (emisor) entrega calor y se enfría. El cuerpo frío (receptor), recibe calor y se calienta

$$T_c \equiv T_c(t), \frac{dT_c}{dt} < 0 \quad T_f \equiv T_f(t), \frac{dT_f}{dt} > 0$$

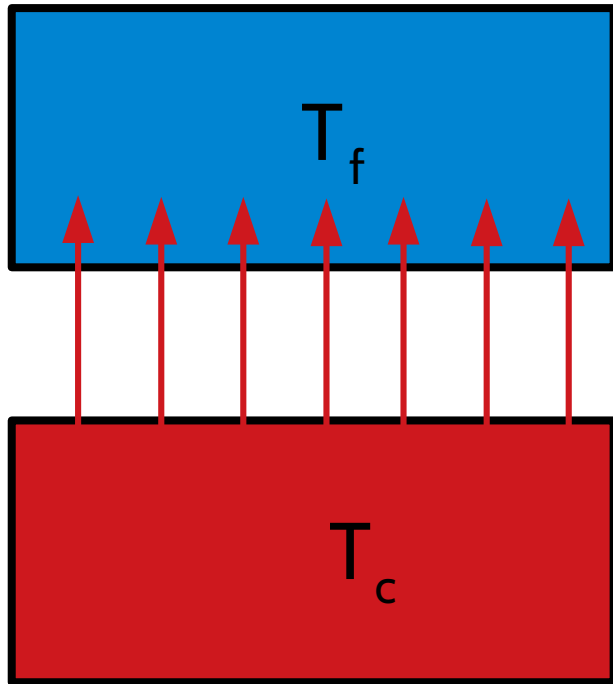
- Mientras exista diferencia de temperatura entre objetos vecinos, la transferencia de calor no puede detenerse.

$$\text{Sí } \Delta T(t) \stackrel{\text{def}}{=} T_c(t) - T_f(t) > 0 \rightarrow dQ > 0$$

- La velocidad de transferencia tiende a cero a medida que las temperaturas de ambos cuerpos se igualan:

$$\lim_{\Delta T(t) \rightarrow 0} \frac{dQ}{dt} = 0$$

# Ley de enfriamiento



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

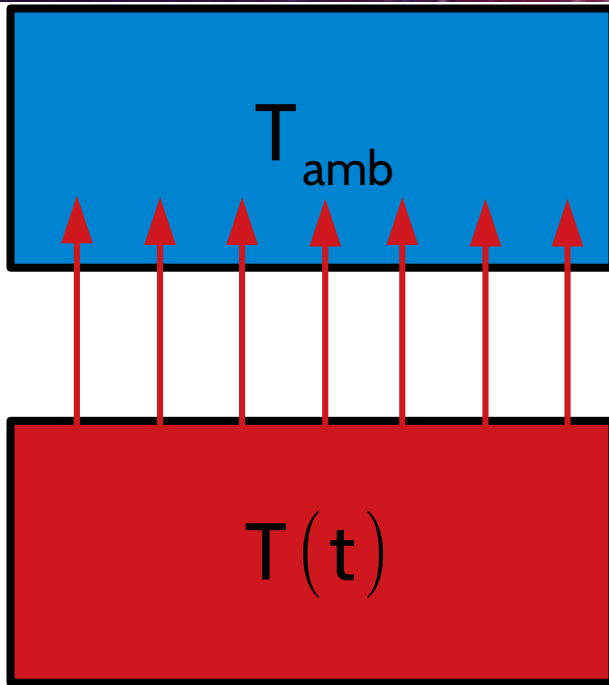
$$\frac{dQ}{dt} = -hA (T_c - T_f)$$

- Imaginemos una región caliente y una fría
- ¿Qué variables determinan el flujo de calor?
  - ¿Área de contacto?  $A$
  - ¿Diferencia de temperatura?  $\frac{dQ}{dt}$
  - ¿Materiales?
  - $h$  es el coeficiente de transferencia de calor:  $[h] = \text{W} / (\text{m}^2 \text{K})$

**El signo - aparece porque miramos el enfriamiento!**



# Ley de enfriamiento de Newton



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

$$r = \left( \frac{hA}{mC_v} \right) > 0 \quad \tau \stackrel{\text{def}}{=} r^{-1} = \left( \frac{mC_v}{hA} \right)$$

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

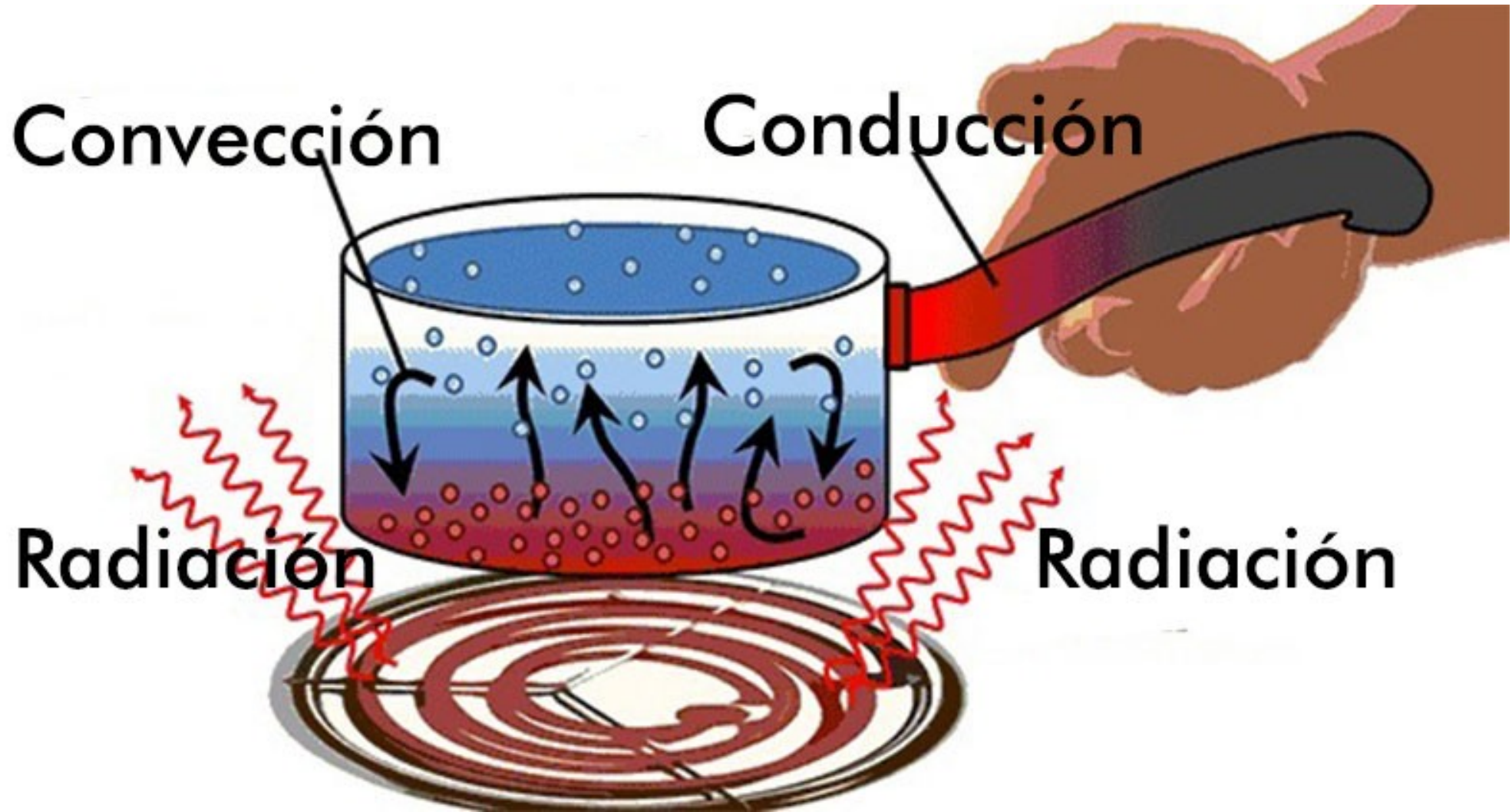
$\tau$  es un tiempo característico  
(depende del sistema)

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

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

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

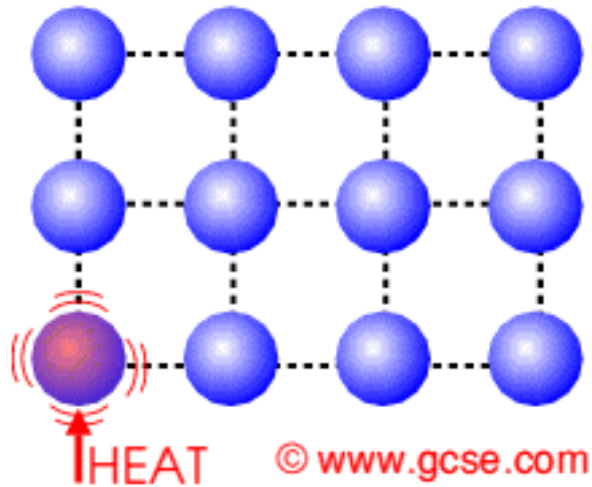
# Conducción, convección y radiación



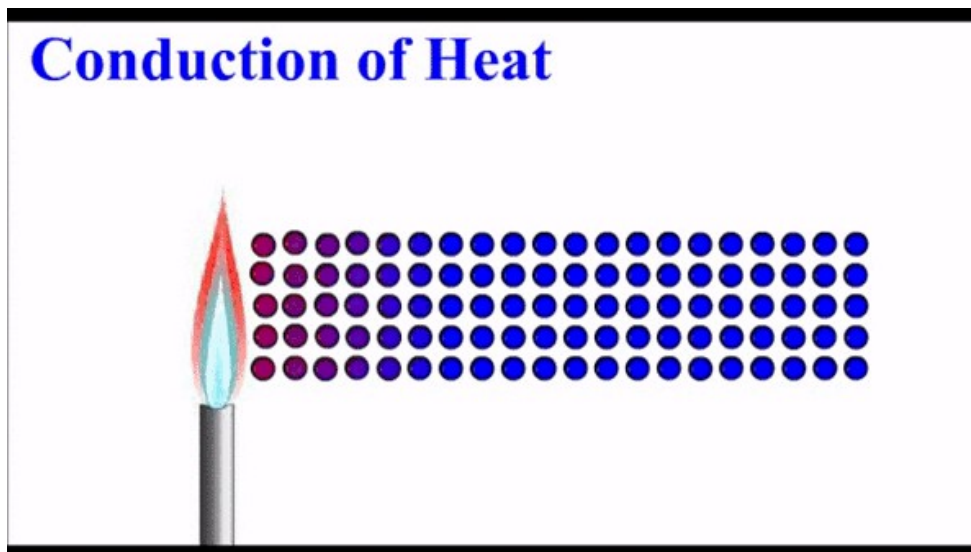
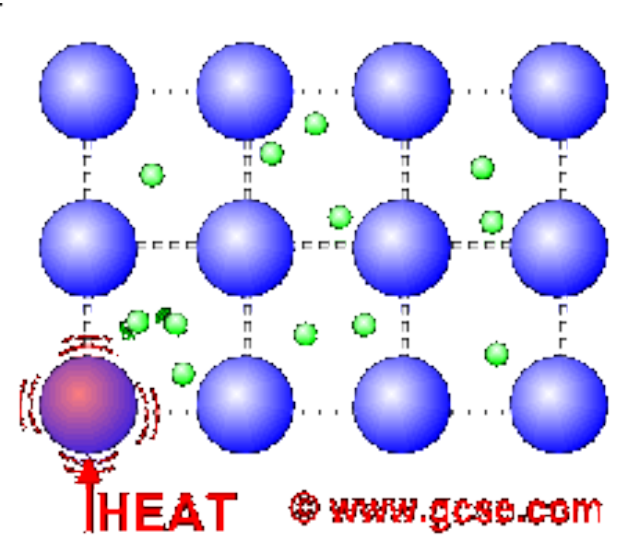


# Conducción

## Aislante



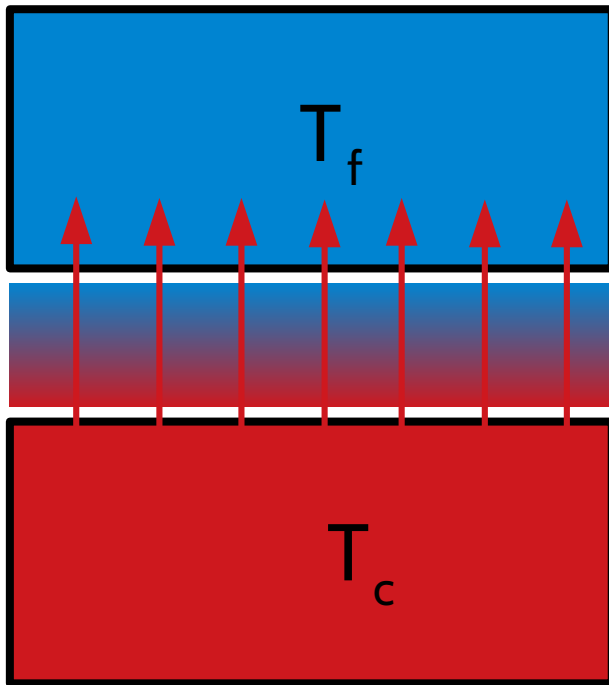
## Conductor



Conducción de calor

- La distancia entre las moléculas o átomos es mayor que en otros medios →
  - menor tasa de colisiones → menor conducción.
- Aumenta con la temperatura.
- Aumenta con la presión, hasta un punto crítico:
  - Cuando la densidad del gas es muy alta las moléculas están inhibidas de transferir calor.
  - Más allá de ese punto la conductividad aumenta sólo ligeramente al aumentar la presión y la densidad.

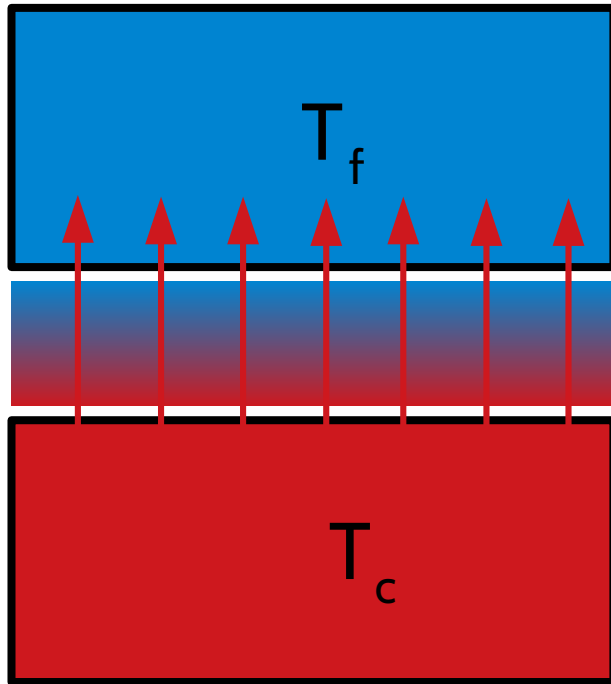
# Conductividad térmica



- 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



- 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?  $(\kappa)$
- ¿Espesor de la región de transición?  $(d)$

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

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

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

$$I_Q \stackrel{\text{def}}{=} \frac{dQ}{dt} = \kappa \frac{A}{d} (T_c - T_f) \rightarrow I_Q = \kappa \frac{A}{d} (T_c - T_f)$$

- $\kappa$  es el coeficiente de conductividad térmica

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

- 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.

$\kappa \rightarrow$  sólo depende del material

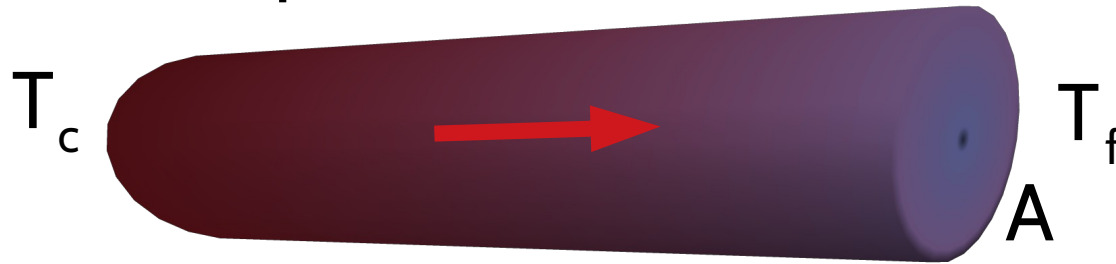
**$k > 10 \rightarrow$  conductores,  $k < 1 \rightarrow$  aislantes**

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



# 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

$$I_Q \stackrel{\text{def}}{=} \frac{dQ}{dt} = \underbrace{\left( k \frac{A}{L} \right)}_{\stackrel{\text{def}}{=} R^{-1}} \Delta T \rightarrow I_Q = \Delta T \frac{1}{R}$$

$$\Delta T = I_Q R$$

Ley de Ohm  
 $V = iR$