

Universidad Nacional de Río Negro

Física III B – 2019

- **Unidad** 04
- **Clase** U04 C01
- **Fecha** 30 May 2019
- **Cont** Ley de Newton
- **Cátedra** Asorey
- **Web** <http://gitlab.com/asoreyh/unrn-f3b>



Contenidos: Termodinámica, alias F3B

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

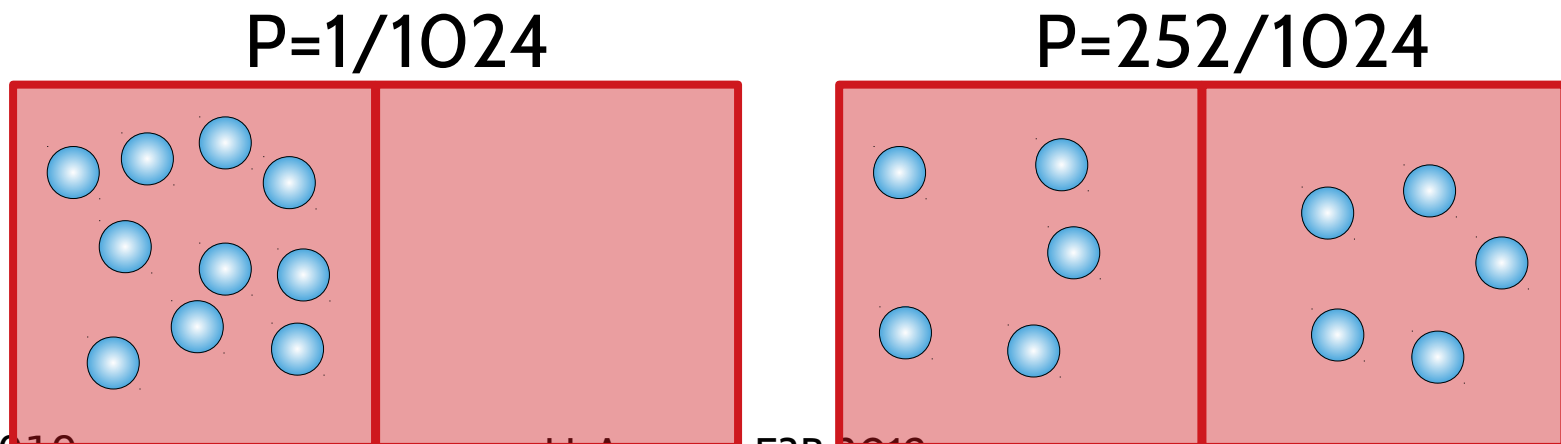
Del de 23/May al 21/Jun (8 encuentros)

- **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.

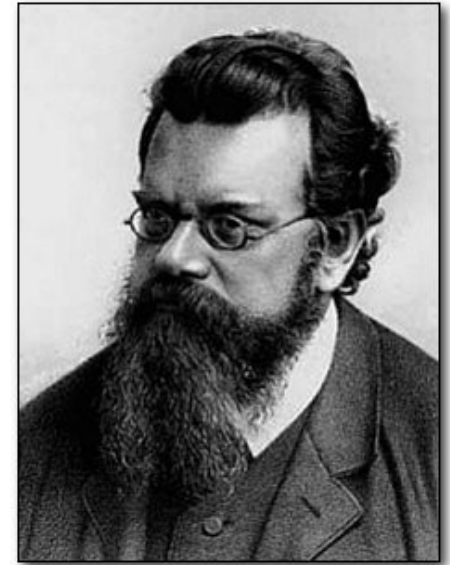
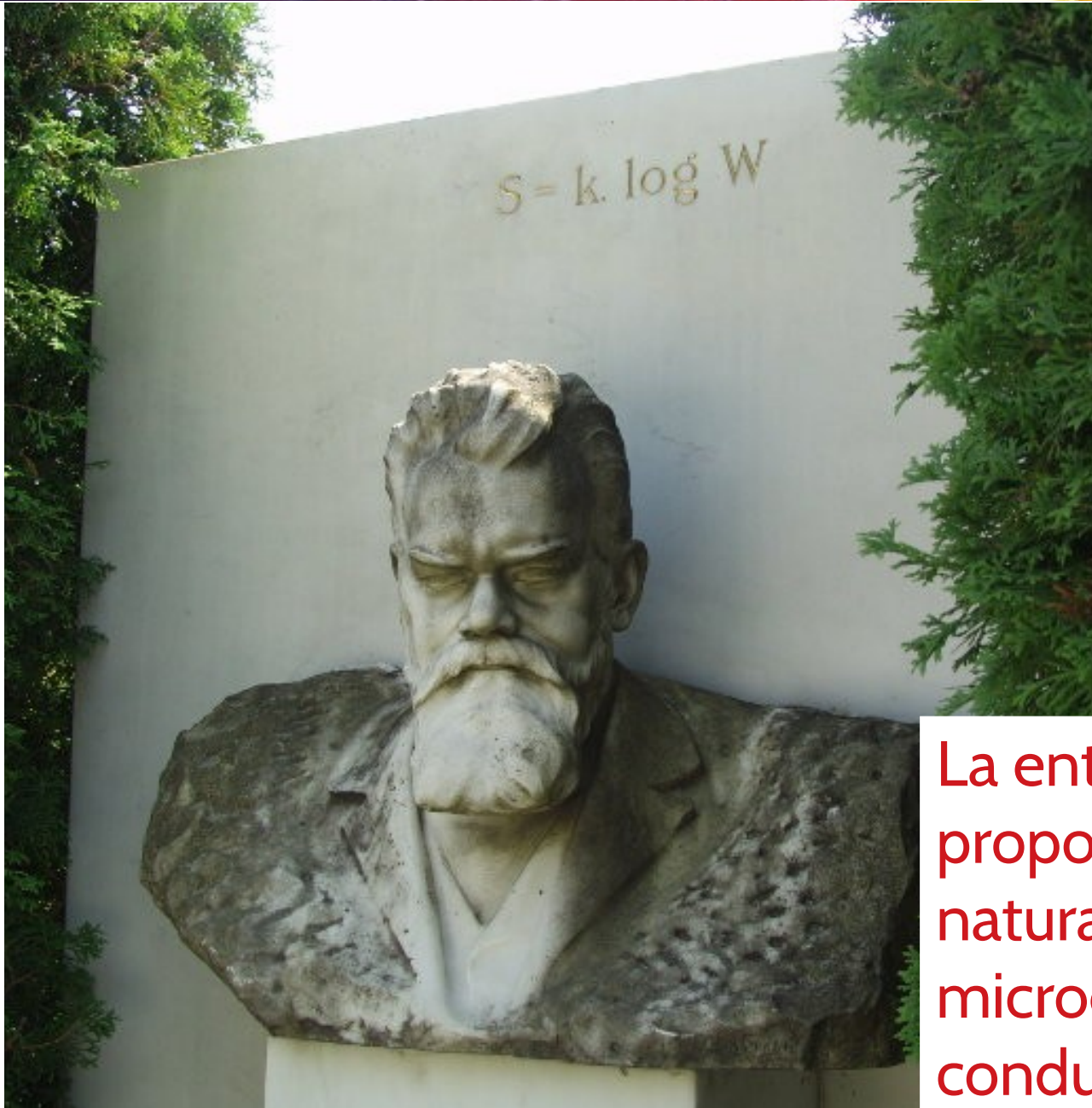
Si arrojo dos dados...

- **Macroestados:** configuración del sistema (n)
- **Microestados:** distintas configuraciones de los constituyentes del sistema que llevan a un macroestado. P. ej: $n=3 \rightarrow (1,2)$ ó $(2,1)$
- **Multiplicidad:** cantidad de microestados que conducen al mismo macroestados final (p. ej, $n=3 \rightarrow \Omega_3=2$)
- El sistema “dos dados” puede existir en alguno de esos 11 posibles valores ($2 \rightarrow 12$) **macroestados**, y en ningún otro
- Cada **macroestado** puede alcanzarse mediante distintos **microestados**
- Cuando mayor sea la **multiplicidad** Ω , es más probable que el sistema se encuentre en ese macroestado.
- ¿macroestado más probable? $\rightarrow 7$
¿macroestado menos probable? $\rightarrow 2$ ó 12

- Para 10 moléculas, $n=2^{10}=1024$.
 - Todas de un lado: la probabilidad es $1/1024$
 - 5 y 5: $\Omega=252$. La probabilidad de este estado es $252/1024 \sim 25\%$
- Para 100, $n=2^{100} \sim 1,3 \times 10^{30}$. Todas de un lado, $P=1/2^{100} \sim 0$
- Imaginen para el número de Avogadro



Ludwig Boltzmann propone que la entropía es



$$S = k_B \ln \Omega$$

La entropía de un sistema es proporcional al logaritmo natural del número de microestados posibles que conducen a ese macroestado

Entropía y desorden

- Describir el macroestado del sistema a partir de los microestados implica describir estos de manera individual, y **son iguales y equiprobables** \leftrightarrow **aleatoriedad**
- A mayor multiplicidad, **más cantidad de información es necesaria** para describir al macroestado \leftarrow **desorden**
- **mayor multiplicidad** \leftrightarrow **mayor entropía**
- Coloquialmente, se dice por esto que la entropía es una medida del desorden o de la aleatoriedad del sistema

Tercer principio (Postulado de Nernst)

- Para una misma transformación, el cambio de entropía de un sistema tiende a cero cuando T lo hace:

$$\lim_{T \rightarrow 0} \Delta S = 0$$

→ No es posible alcanzar el cero absoluto en un número finito de etapas.

- **Primera especie**

Obtienen trabajo mecánico sin consumo de energía externa → **Violan el primer principio**

- **Segunda especie**

Convierten todo el calor en trabajo mecánico sin pérdidas de ningún tipo → **Violan el segundo principio**

- **Tercera especie**

Logran eliminar completamente todas las irreversibilidades del sistema obteniendo una máquina reversible

De la U01: Principio Cero de la Termodinámica

- **Principio** → es una **regla** que cuyo cumplimiento **se verifica experimentalmente** y que **aún** no ha podido **refutarse**, pero tampoco probarse
- **Principio cero:**

Si dos objetos están en equilibrio térmico con un tercer objeto, entonces los tres están en equilibrio térmico entre sí.

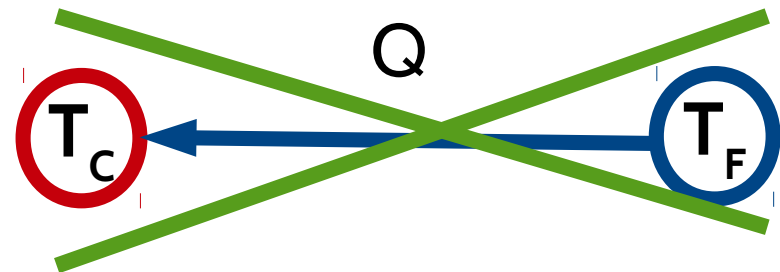
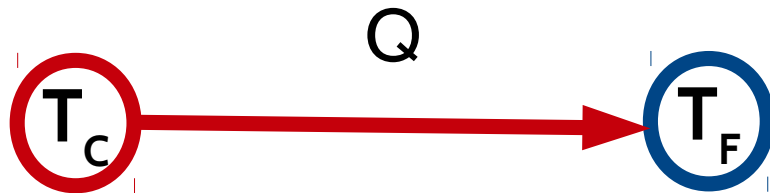
- Esta definición → **escala de temperaturas**

De la U03: Segundo principio

- **Enunciado de Clausius**

No es posible un proceso que tenga como único resultado la transferencia de calor de un cuerpo hacia otro más caliente.

- Expresa un hecho empírico, y va por la negativa: nos dice lo que no es posible hacer



- **Establece un sentido para el flujo espontáneo de calor de los focos calientes a los focos fríos y no al revés**

Observaciones empíricas



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

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

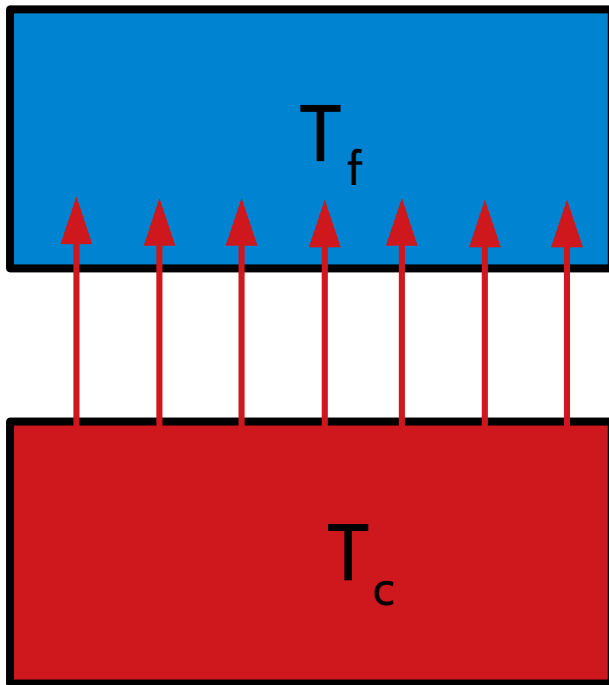
- Mientras exista diferencia de temperatura entre objetos vecinos, la transferencia de calor no puede detenerse.

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

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

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

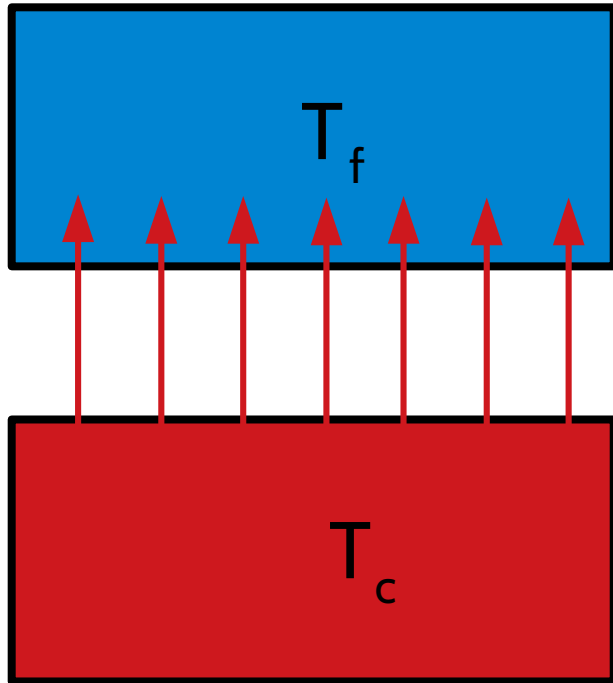
Ley de enfriamiento



- Imaginemos una región caliente y una fría
- ¿Qué variables determinan el flujo de calor?
 - ¿Área de contacto?
 - ¿Diferencia de temperatura?
 - ¿Materiales?

$$\frac{dQ}{dt}$$

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

El flujo de calor de la fuente caliente a la fría.

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

Ese calor enfría la fuente caliente:

$$dQ = mC_v dT \rightarrow \frac{dQ}{dt} = mC_v \frac{dT}{dt}$$

Luego la tasa de enfriamiento será:

$$mC_v \frac{dT}{dt} = -hA(T_c - T_f) \Rightarrow \frac{dT}{dt} = - \overbrace{\left(\frac{hA}{mC} \right)}^r (T_c - T_f)$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{dT}{dt} = -r(T_c - T_f)}$$

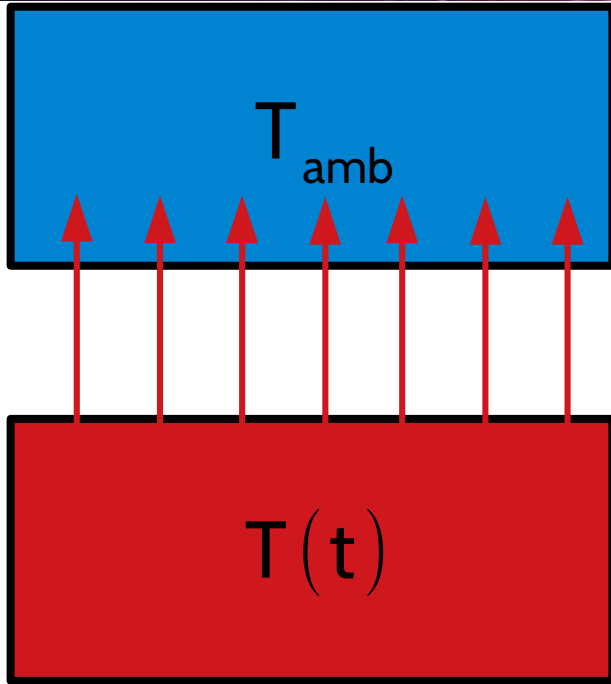
donde T_f es usualmente el ambiente y T_c es la fuente.

r depende del sistema $\rightarrow \frac{1}{r} = \text{tiempo característico}$

$$T_f = cte \equiv T_{amb}$$

$$T_c = T_c(t) \equiv T \Rightarrow \boxed{\frac{dT}{dt} = -r(T - T_{amb})}$$

Ley de enfriamiento de Newton



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

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

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

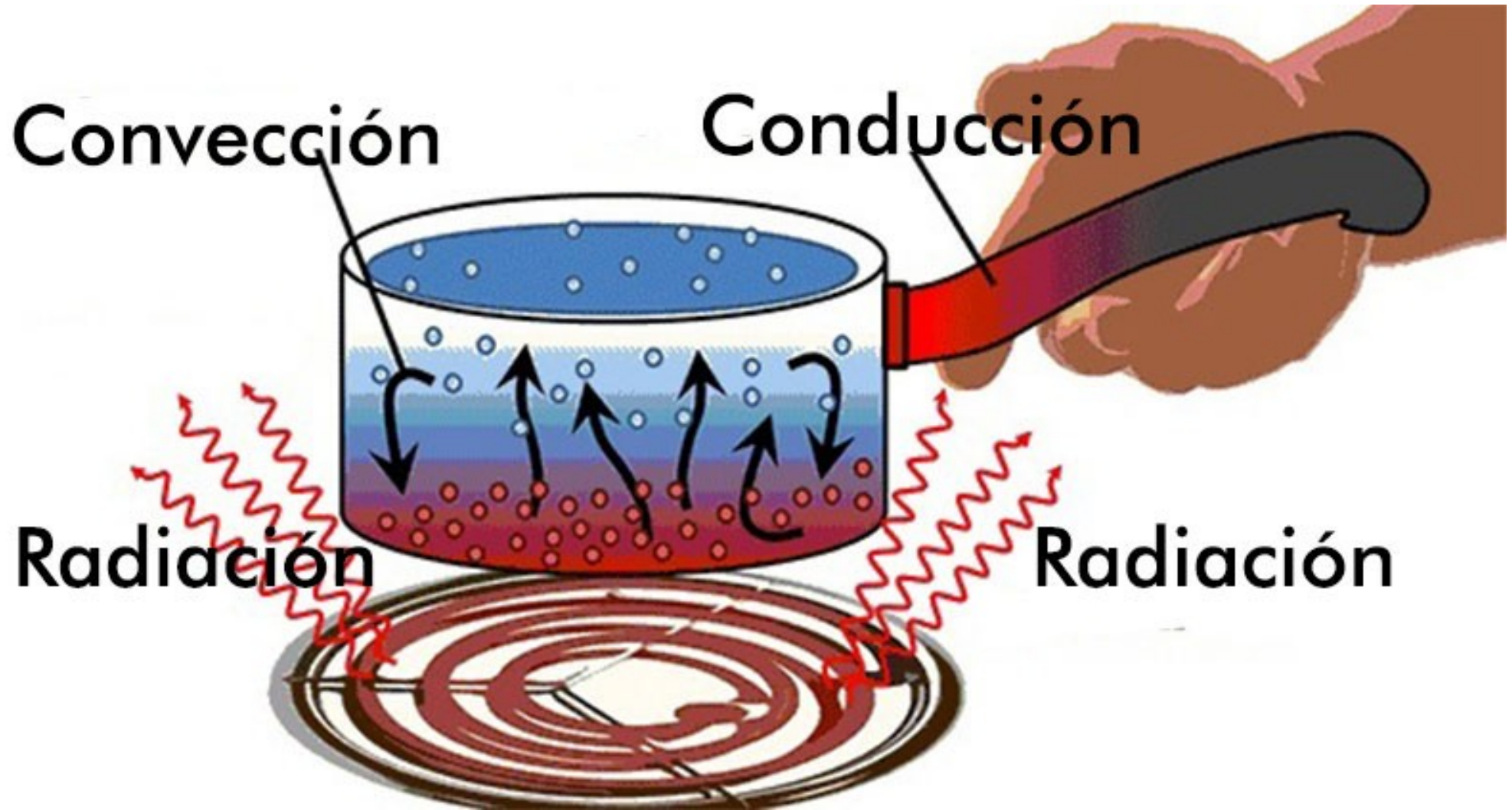
τ es un tiempo característico
(depende del sistema)

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

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

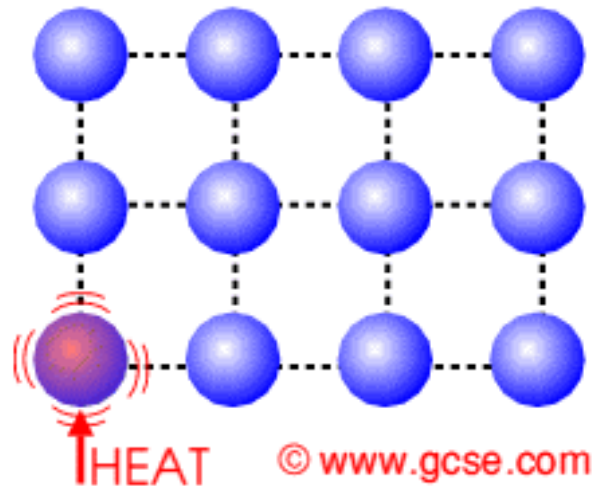
$$T(t) = T_{amb} + (T(0) - T_{amb}) e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Conducción, convección y radiación

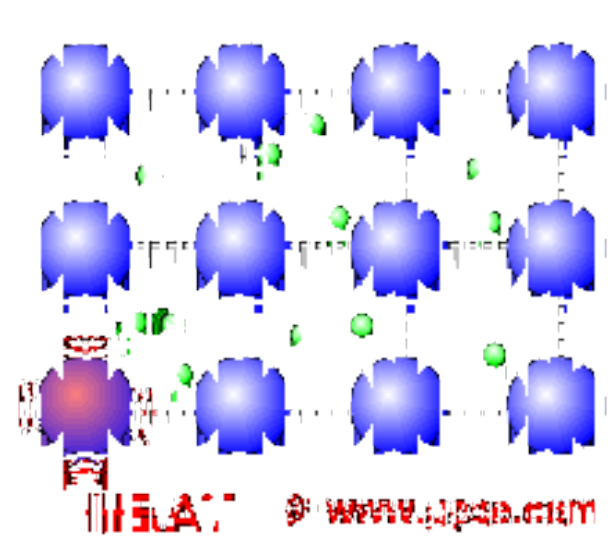


Conducción

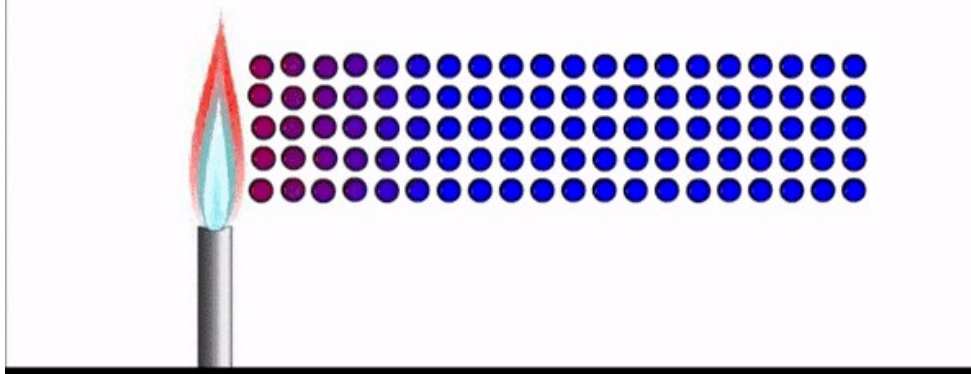
Aislante



Conductor



Conduction of Heat



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.