

FISICA 1 (PALEONTOLOGÍA)

2DO CUATRIMESTRE 2020

CLASE 6

RODOLFO SASSOT

CLASE 6: TERMODINAMICA

Temas: Calor, capacidad calorífica, conducción del calor, calorimetría y cambio de fase

calor: aquello que se transfiere entre un sistema y su medio ambiente en virtud de su diferencia de temperatura
~"calórico" S.XVIII → forma de energía S.XIX → ~1850 equivalente mecánico y conservación energía

unidad de calor Q: definida a partir del cambio (de T) que produce en un cuerpo

~"caloria" aumenta de 14.5 a 15.5 °C 1 gramo de agua (4.186 J)

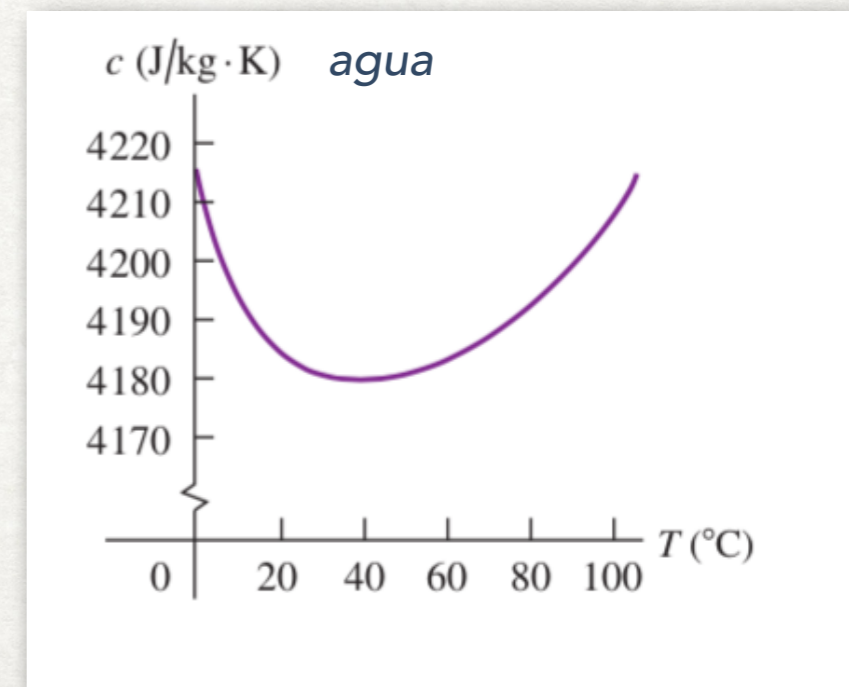
capacidad calorífica C: cantidad de calor ΔQ asociada a un cambio de temperatura ΔT

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad \sim \text{de un objeto}$$

calor específico c: capacidad calorífica por unidad de masa

$$c = \frac{\Delta Q}{m \Delta T} \quad \sim \text{de un material}$$

$$C(T) \quad c(T) \quad Q = \int_{T_i}^{T_f} m c dT \simeq m c (T_f - T_i) = m c \Delta T$$



CLASE 6: TERMODINAMICA

capacidad calorífica molar: los calores específicos varían según la sustancia, pero si se comparan muestras con igual número de moles $\sim 6 \text{ cal/mol}$ (25 J/mol)

Dulong y Petit 1819

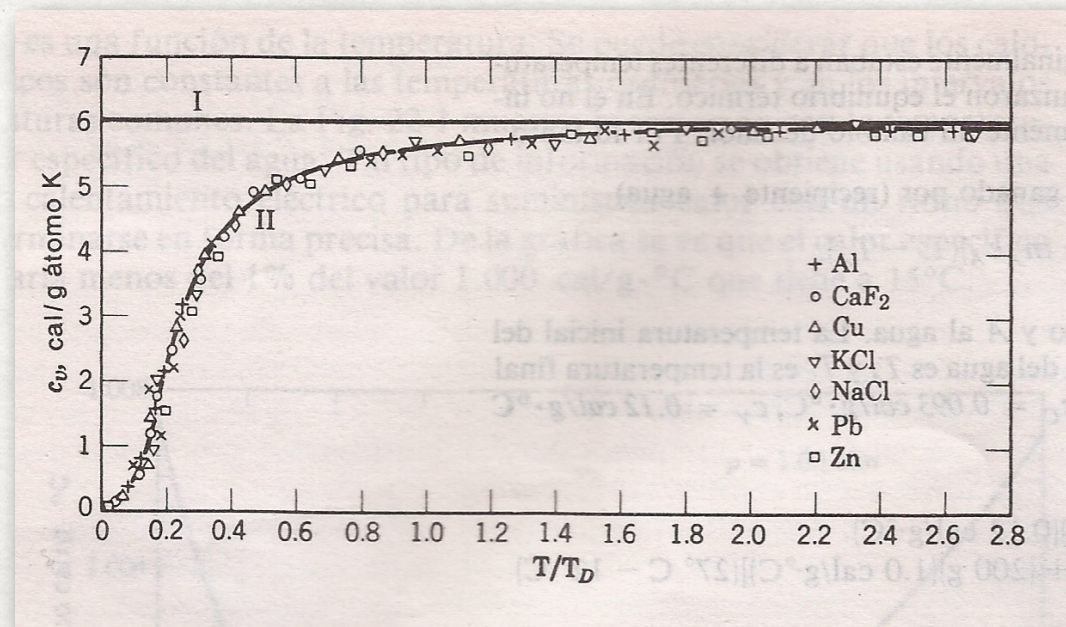
$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad c = \frac{\Delta Q}{m \Delta T}$$

$$C_{mol} = \frac{\Delta Q}{n \Delta T} = \frac{\Delta Q}{m/M \Delta T} = c M$$

n número de moles $n = \frac{m}{M}$

M peso molecular

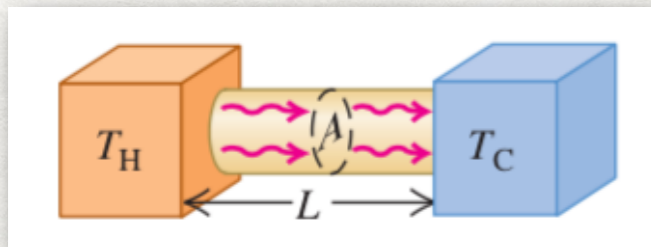
| Sustancia | c Calor específico, (J/kg · K) | M Masa molar, (kg/mol) | C_{mol} Capacidad calorífica molar (J/mol · K) |
|-----------------------------|--|--------------------------------|--|
| Aluminio | 910 | 0.0270 | 24.6 |
| Berilio | 1970 | 0.00901 | 17.7 |
| Cobre | 390 | 0.0635 | 24.8 |
| Etanol | 2428 | 0.0461 | 111.9 |
| Etilenglicol | 2386 | 0.0620 | 148.0 |
| Hielo (cerca de 0 °C) | 2100 | 0.0180 | 37.8 |
| Hierro | 470 | 0.0559 | 26.3 |
| Plomo | 130 | 0.207 | 26.9 |
| Mármol (CaCO ₃) | 879 | 0.100 | 87.9 |
| Mercurio | 138 | 0.201 | 27.7 |
| Sal (NaCl) | 879 | 0.0585 | 51.4 |
| Plata | 234 | 0.108 | 25.3 |
| Agua (líquida) | 4190 | 0.0180 | 75.4 |



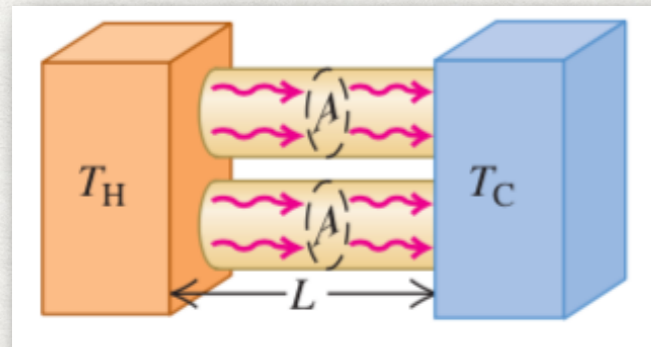
T_D temperatura de Debye

CLASE 6: TERMODINAMICA

conducción del calor: transferencia de energía causada por la diferencia de temperatura
(entre dos partes adyacentes de un cuerpo o dos cuerpos)

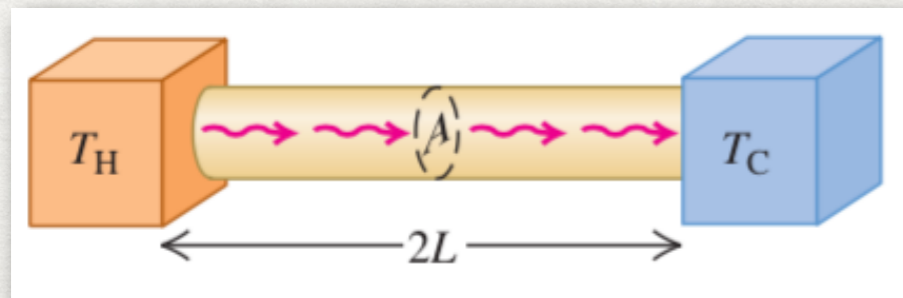


$$H = \frac{dQ}{dt} \quad \text{corriente de calor}$$



$$H = \frac{dQ}{dt} = k A \frac{T_C - T_H}{L} \quad \text{gradiente}$$

k conductividad térmica



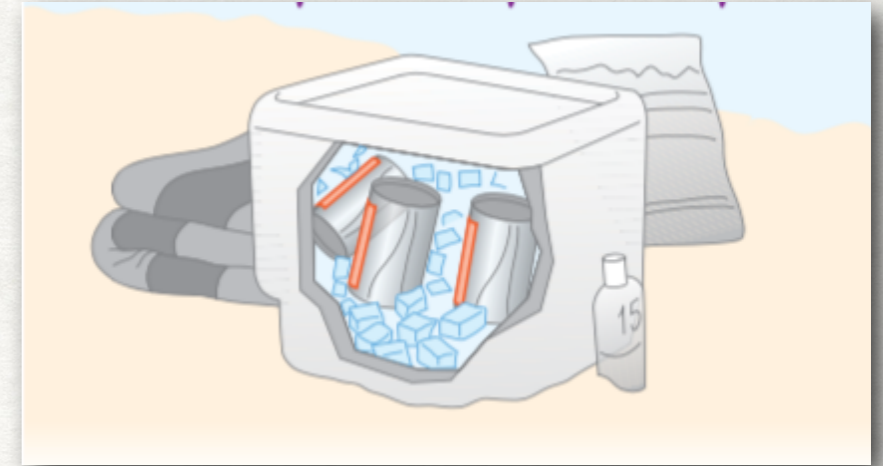
$$H = \frac{dQ}{dt} = -k A \frac{dT}{dx}$$

| Sustancia | k (W/m · K) |
|--|---------------|
| <i>Metales</i> | |
| Aluminio | 205.0 |
| Latón | 109.0 |
| Cobre | 385.0 |
| Plomo | 34.7 |
| Mercurio | 8.3 |
| Plata | 406.0 |
| Acero | 50.2 |
| <i>Sólidos (valores representativos)</i> | |
| Ladrillo, aislante | 0.15 |
| Tabique (ladrillo rojo) | 0.6 |
| Concreto (hormigón) | 0.8 |
| Corcho | 0.04 |
| Fieltro | 0.04 |
| Fibra de vidrio | 0.04 |
| Vidrio | 0.8 |
| Hielo | 1.6 |
| Lana mineral | 0.04 |
| Espuma de poliestireno | 0.01 |
| Madera | 0.12–0.04 |
| <i>Gases</i> | |
| Aire | 0.024 |
| Argón | 0.016 |
| Helio | 0.14 |
| Hidrógeno | 0.14 |
| Oxígeno | 0.023 |

CLASE 6: TERMODINAMICA

heladerita en la playa: cuánto hielo se derrite en un día?

| | |
|-----------------------|------------------------------|
| área total (A): | 0.80 m^2 |
| espesor (L): | 0.02 m |
| temperatura interior: | $0^\circ \text{ C (273 K)}$ |
| temperatura ambiente: | $30^\circ \text{ C (303 K)}$ |
| conductividad: | 0.01 W/m K |



$$H = \frac{dQ}{dt} = k A \frac{T_C - T_H}{L} = 0.01 \cdot 0.8 \frac{30 - 0}{0.02} \text{ W} = 12 \text{ W} = 12 \text{ J/s}$$

dia: 86400 s

$$Q = H t = 1.04 \cdot 10^6 \text{ J}$$

calor de fusión hielo: $3.34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$

$$m = \frac{Q}{c_L} = \frac{1.04 \cdot 10^6 \text{ J}}{3.34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}} = 3.1 \text{ kg}$$

(sin abrirla)

CLASE 6: TERMODINAMICA

resistencia térmica: lo que se "opone" a la conducción del calor

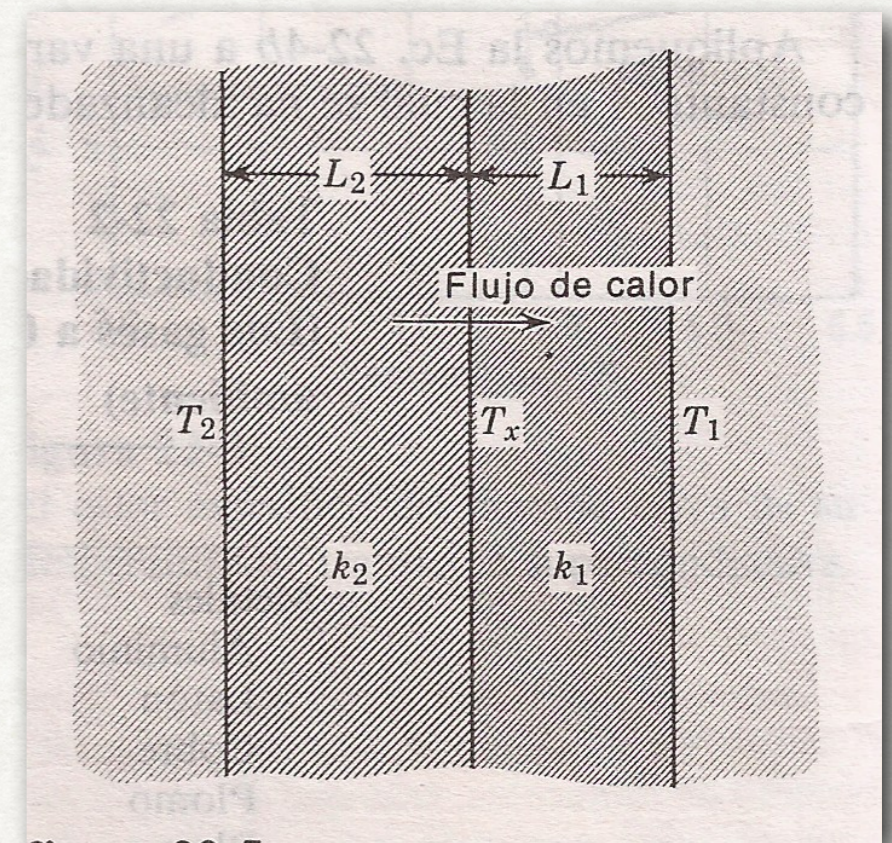
$$H = \frac{dQ}{dt} = k A \frac{T_C - T_H}{L} = \frac{A(T_C - T_H)}{R} \quad R = \frac{L}{k}$$

$$H_2 = k_2 A \frac{T_2 - T_x}{L_2} \quad H_1 = k_1 A \frac{T_x - T_1}{L_1}$$

$$k_2 A \frac{T_2 - T_x}{L_2} = k_1 A \frac{T_x - T_1}{L_1} \quad \frac{k_2}{L_2} (T_2 - T_x) = \frac{k_1}{L_1} (T_x - T_1)$$

$$\frac{k_2}{L_2} T_2 + \frac{k_1}{L_1} T_1 = \left(\frac{k_1}{L_1} + \frac{k_2}{L_2} \right) T_x \quad T_x = \frac{\frac{k_2}{L_2} T_2 + \frac{k_1}{L_1} T_1}{\left(\frac{k_1}{L_1} + \frac{k_2}{L_2} \right)}$$

$$H = \frac{A(T_2 - T_1)}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2}} = \frac{A(T_2 - T_1)}{R_1 + R_2} \rightarrow \frac{A(T_2 - T_1)}{\sum_i R_i}$$



CLASE 6: TERMODINAMICA

convexión: transferencia de calor por movimiento de una masa de fluido

"forzada" ~ motor auto, sistema circulatorio

"natural" ~ atmósfera, lago

ninguna admite un tratamiento analítico simple



radiación: transferencia de calor por ondas electromagnéticas

$H = A e \sigma T^4$ corriente por radiación

A área

e emisividad [0-1]

σ constante de Stefan-Boltzmann

$$5.6704 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

buen emisor=buen absorbedor (c. negro)

mal emisor=buen reflector (termo)



CLASE 6: TERMODINAMICA

radiación del cuerpo humano:

área total: 1.20 m^2

temperatura superficial: 30° C (303 K)

temperatura ambiente: 20° C (293 K)

emisividad: $\simeq 1$

$H = A e \sigma T^4$ corriente por radiación

$$H_{rad} = 1.20 \cdot 1 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 303^4 \text{ W} = 574 \text{ W}$$

$$H_{abs} = 1.20 \cdot 1 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 293^4 \text{ W} = 502 \text{ W}$$

$$H_{neta} = 72 \text{ W}$$



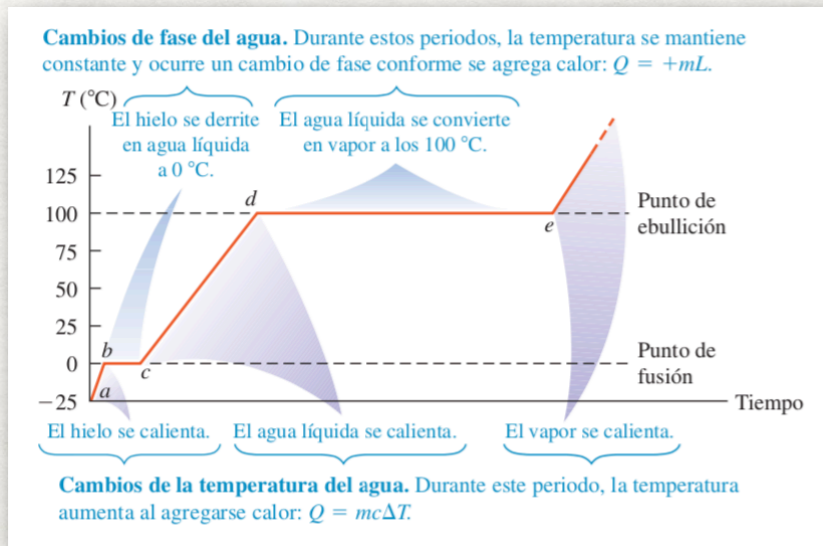
CLASE 6: TERMODINAMICA

calorimetría y cambios de fase: el calor interviene en los cambios de fase de la materia

fase: estado específico de la materia (sólido, líquido, gaseoso)

calor latente de fusión: calor requerido por unidad de masa para pasar de sólido a líquido

calor latente de vaporización: ídem para pasar de líquido a gas



| Sustancia | Punto de fusión normal | | Calor de fusión, L_f (J/kg) | Punto de ebullición normal | | Calor de vaporización, L_v (J/kg) |
|-----------|------------------------|--------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| | K | $^{\circ}\text{C}$ | | K | $^{\circ}\text{C}$ | |
| Helio | * | * | * | 4.216 | -268.93 | 20.9×10^3 |
| Hidrógeno | 13.84 | -259.31 | 58.6×10^3 | 20.26 | -252.89 | 452×10^3 |
| Nitrógeno | 63.18 | -209.97 | 25.5×10^3 | 77.34 | -195.8 | 201×10^3 |
| Oxígeno | 54.36 | -218.79 | 13.8×10^3 | 90.18 | -183.0 | 213×10^3 |
| Etanol | 159 | -114 | 104.2×10^3 | 351 | 78 | 854×10^3 |
| Mercurio | 234 | -39 | 11.8×10^3 | 630 | 357 | 272×10^3 |
| Agua | 273.15 | 0.00 | 334×10^3 | 373.15 | 100.00 | 2256×10^3 |
| Azufre | 392 | 119 | 38.1×10^3 | 717.75 | 444.60 | 326×10^3 |
| Plomo | 600.5 | 327.3 | 24.5×10^3 | 2023 | 1750 | 871×10^3 |
| Antimonio | 903.65 | 630.50 | 165×10^3 | 1713 | 1440 | 561×10^3 |
| Plata | 1233.95 | 960.80 | 88.3×10^3 | 2466 | 2193 | 2336×10^3 |
| Oro | 1336.15 | 1063.00 | 64.5×10^3 | 2933 | 2660 | 1578×10^3 |
| Cobre | 1356 | 1083 | 134×10^3 | 1460 | 1187 | 5069×10^3 |

*Se requiere una presión mayor que 25 atmósferas para solidificar el helio. A presión de 1 atmósfera, el helio sigue siendo líquido hasta el cero absoluto.