



Transferencia de Calor

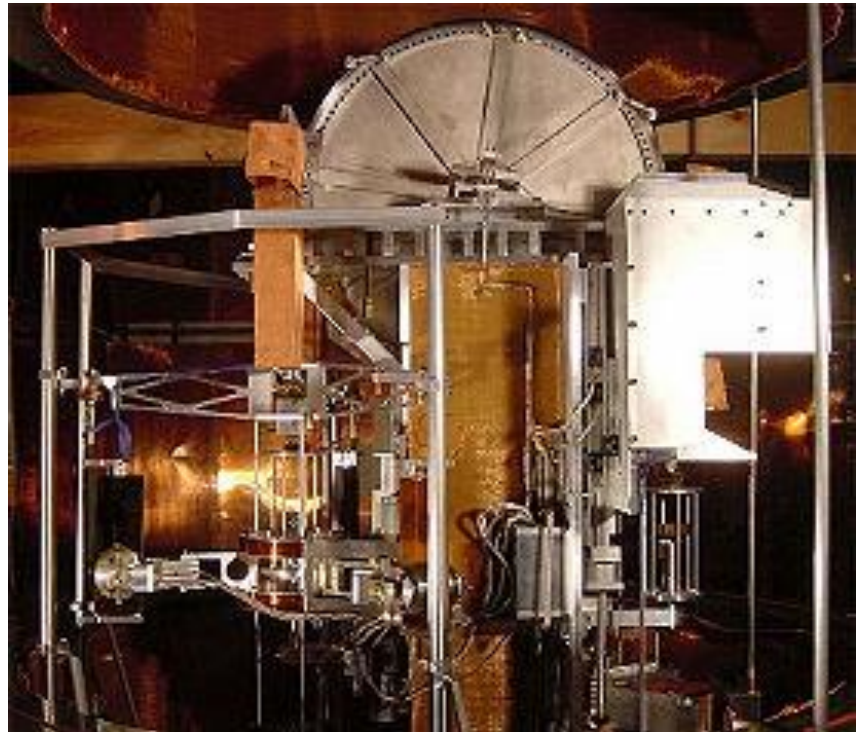
Material Didáctico

Dr. Jorge Alejandro Loza Yáñez

Relación:

ISES. Transferencia de Calor. **L43923**. Unidad de competencia I. Conceptos Básicos

Fundamentos: *Calor*





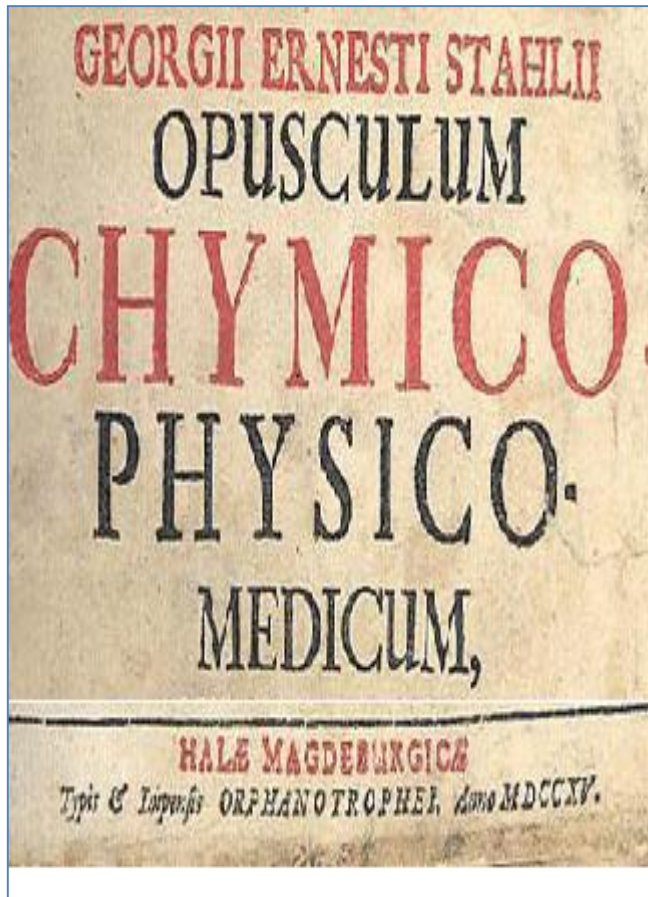
Concepto !

Calor

- Es una forma de transferencia de energía. Ocurre en virtud de alcanzar el equilibrio térmico entre dos o más sistemas.
- Su fuerza impulsora es un gradiente de temperaturas.
- Los sistemas no contienen al calor. Una vez terminada la transferencia los sistemas tienen otro estado energético, por lo tanto un valor diferente de sus funciones de Estado.
- El calor puede ser originado por reacciones químicas, nucleares, disipación electromagnética o mecánica.

Historia !

1659



La teoría del flogisto

Calor

Toda substancia susceptible de experimentar una combustión contiene “flogisto”.

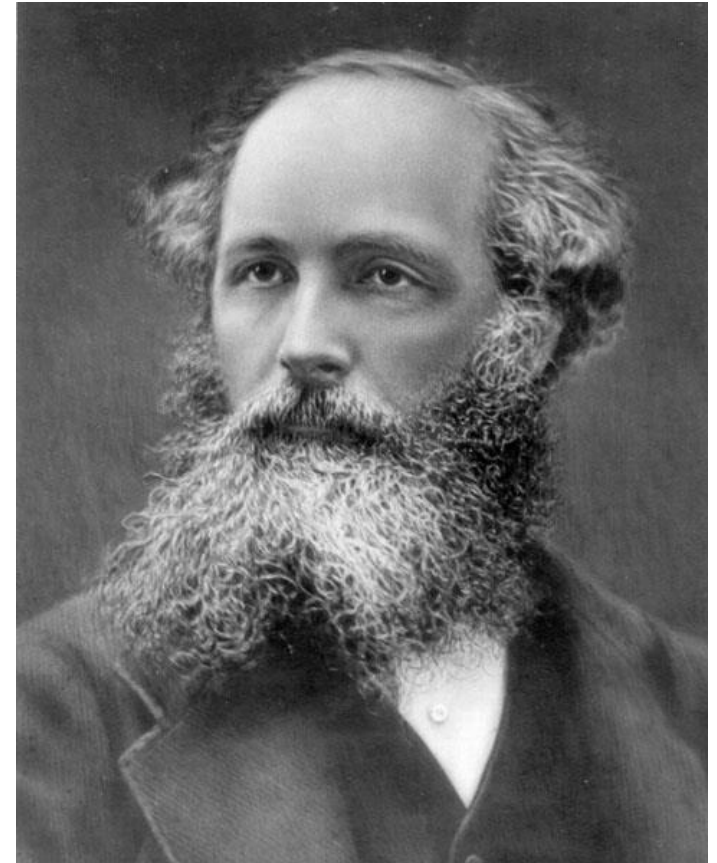
JJ Becher y Georg Stahl

James Clerk Maxwell (1831-1879)

“Promotor de la segunda gran
unificación de la física “
Electromagnetismo
Ecuaciones de Maxwell
Teoría cinética de los gases

*“...el trabajo más profundo y provechoso
que la física ha experimentado desde los
tiempos de Newton..”*

Albert Einstein (1931)



1871

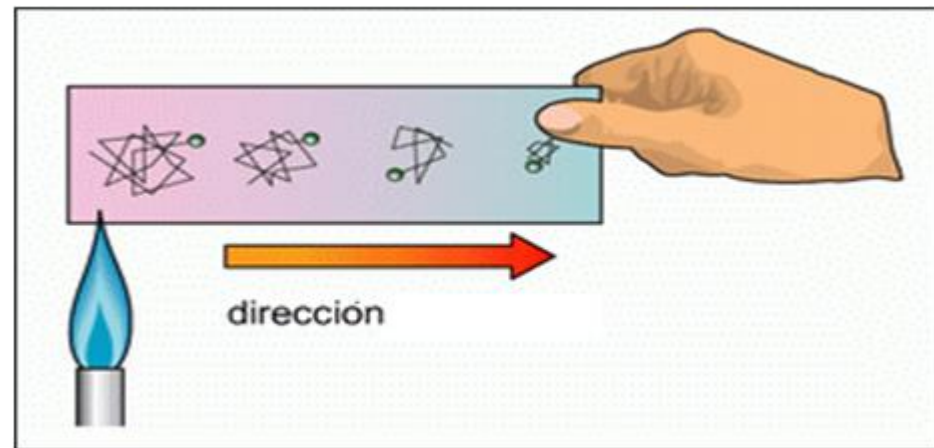
Definición !

“El calor es movimiento. Movimiento a nivel atómico y molecular”

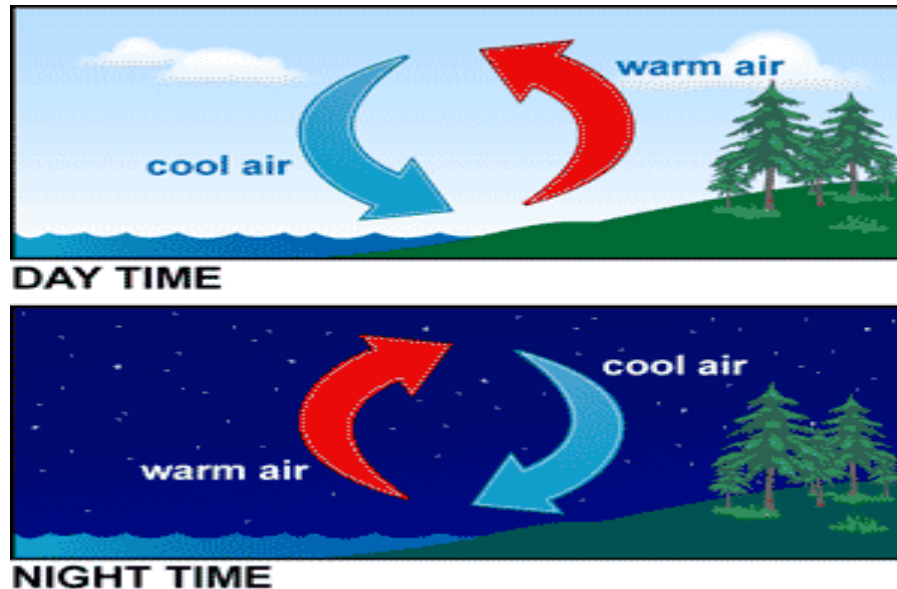
Clasificación !

Transferencia de calor

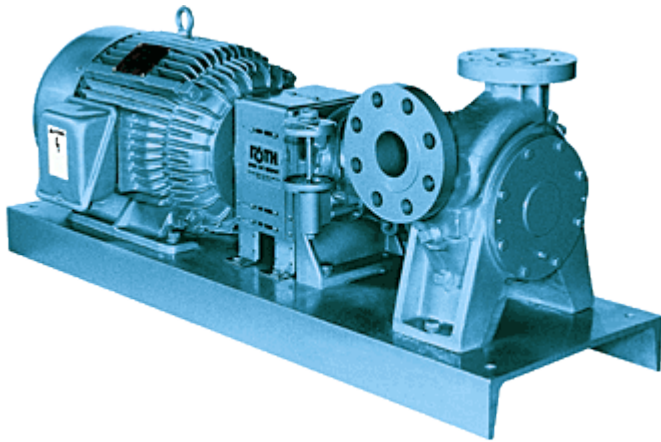
- **Conducción:**
- Proceso de difusión de calor debido a la transferencia de energía cinética por colisión de moléculas adyacentes que componen un material.
- En esta transferencia el sistema permanece inmóvil respecto a la fuente de energía. El flujo de calor es interno.



- **Convección:**
- Circulación de energía por movimiento del sistema respecto a otras fuentes o receptores de energía.
- a) Natural: movimiento interno de los átomos y moléculas debido a fuerzas impulsoras establecidas naturalmente durante el proceso de transferencia (ej. Diferencias de densidad, gradientes de temperaturas, geometría de los sistemas)

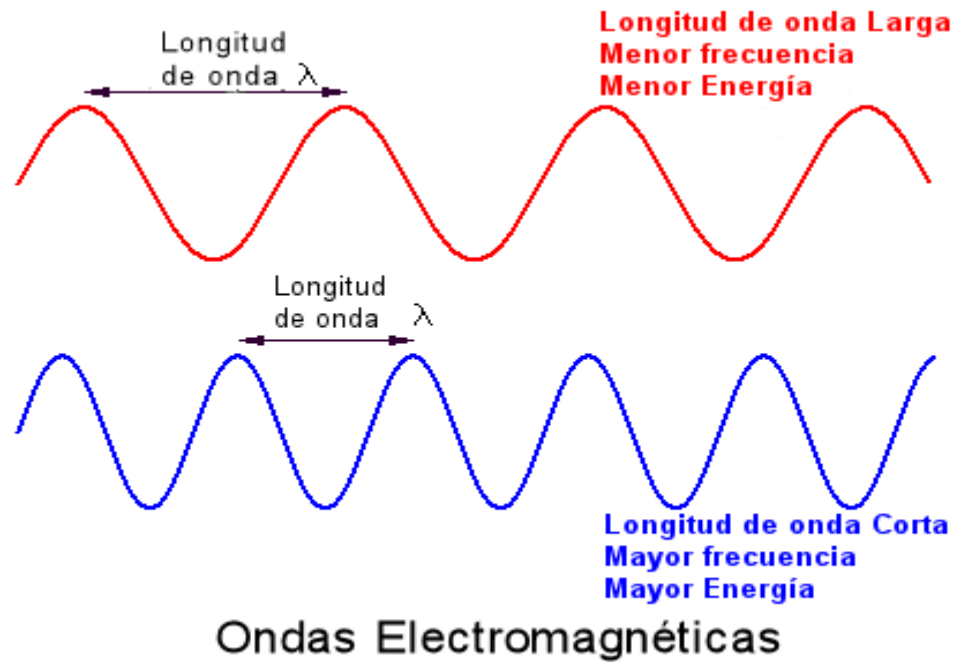


b) Forzada: Promoción del movimiento de moléculas o átomos de un sistema mediante la inclusión de una fuente de energía adicional como el uso de ventiladores, bombas o aspas.



Radiación:

Transferencia de energía por emisión o absorción de energía electromagnética.

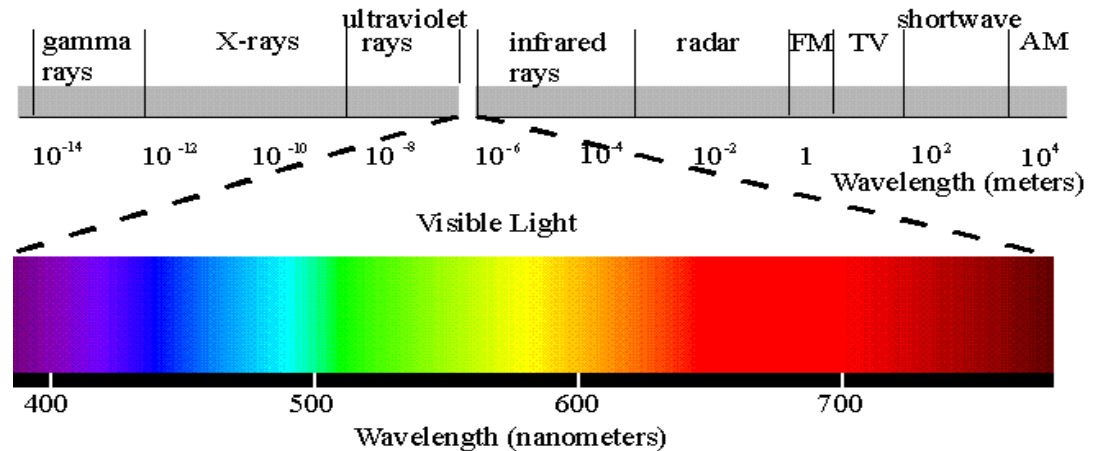


Ley !

Ley de Prevost: “Un sistema que se encuentra a la misma temperatura que sus alrededores irradia y absorbe calor con la misma rapidez”



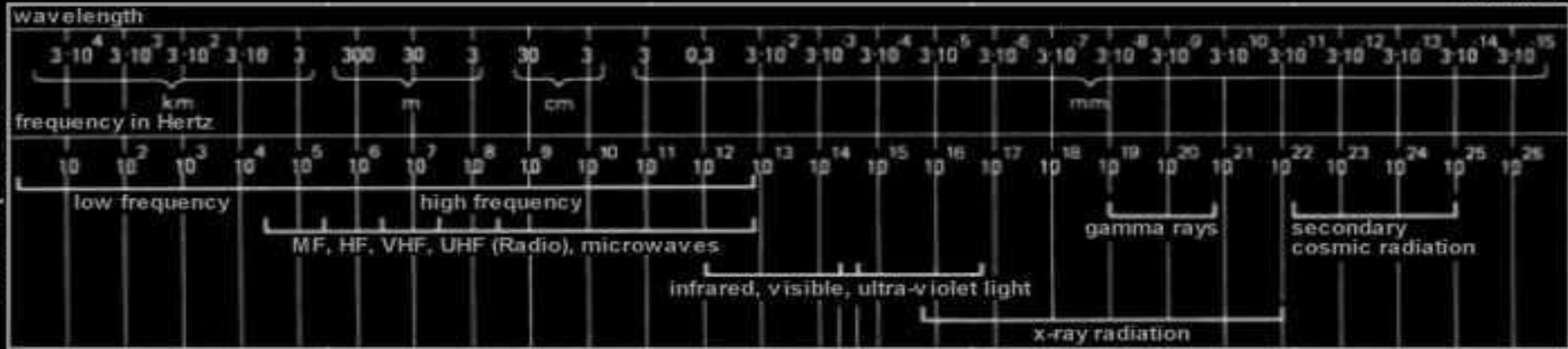
Pierre Prevost
(1751-1839)
Físico
Suiza



ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

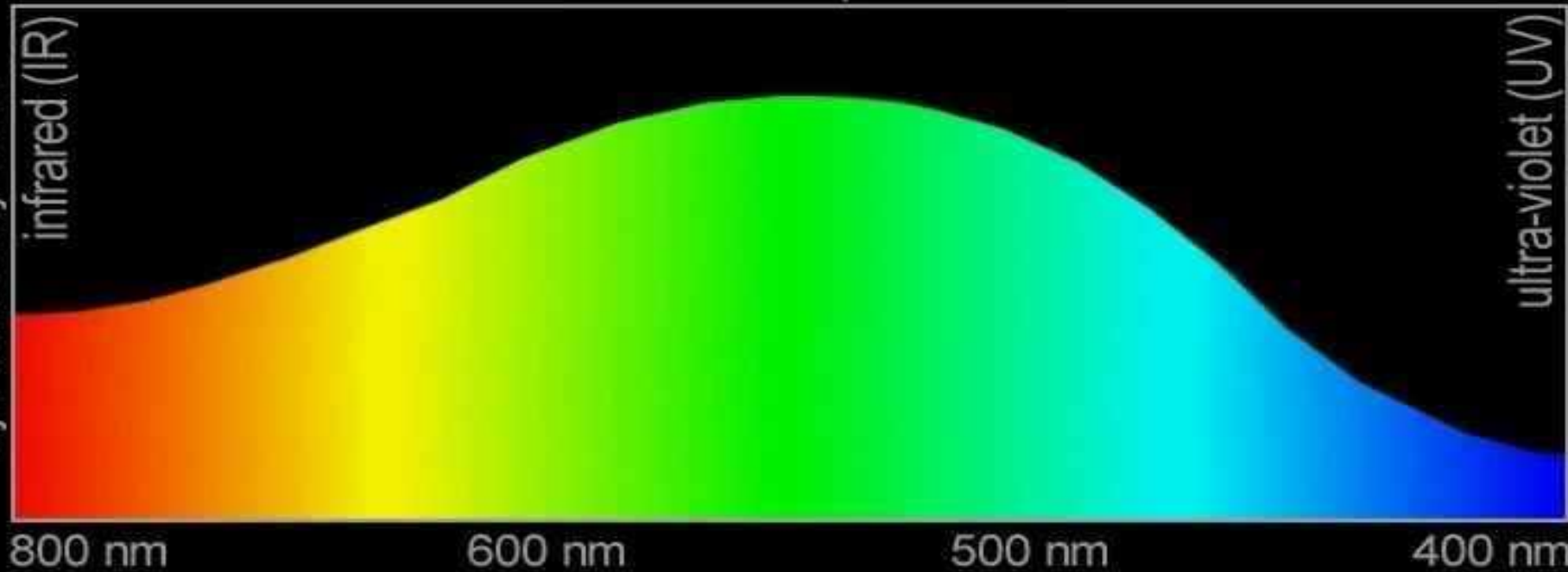
2002 INTAS

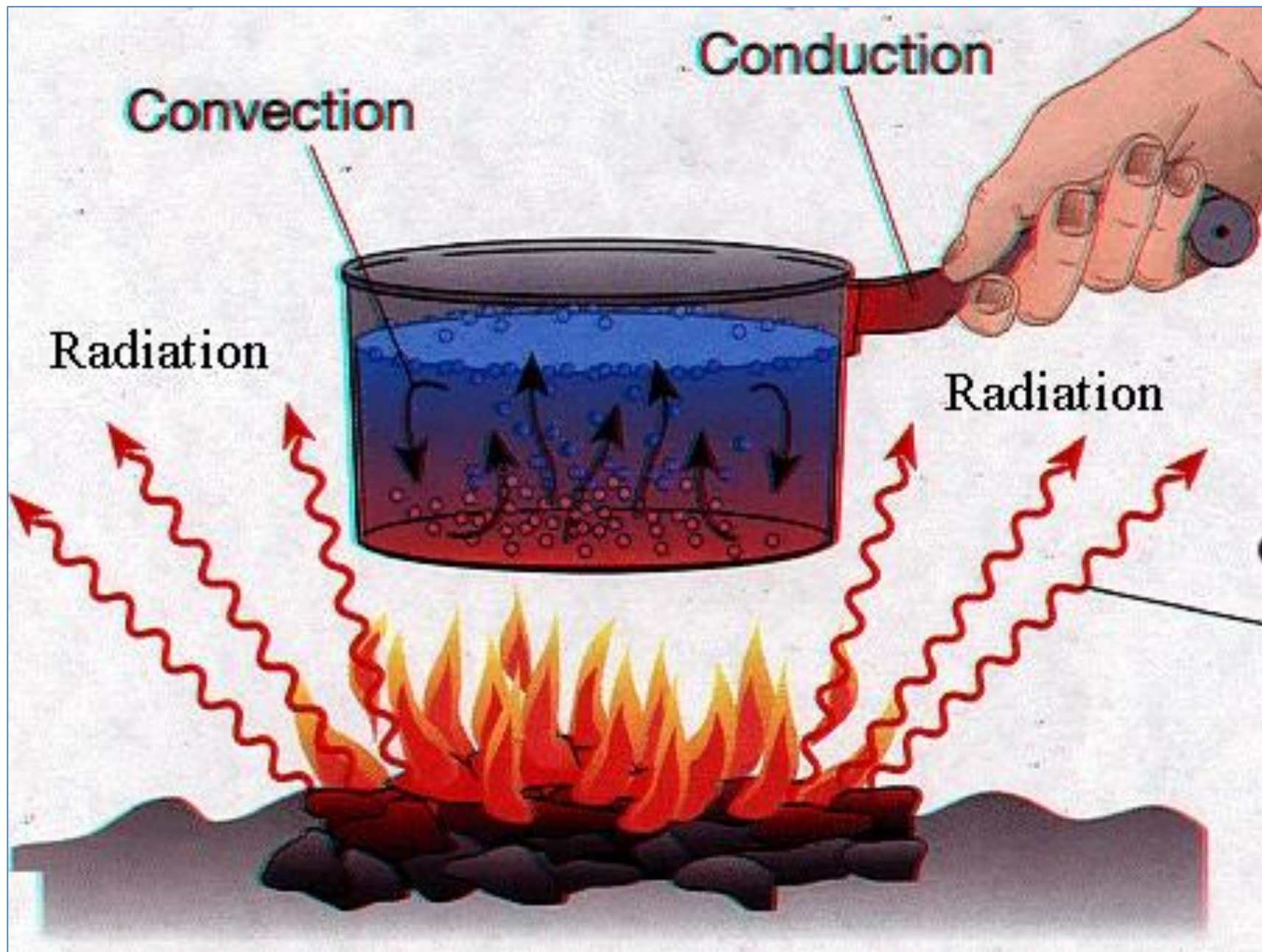
EM-spectrum



visible spectrum

eye sensitivity curve

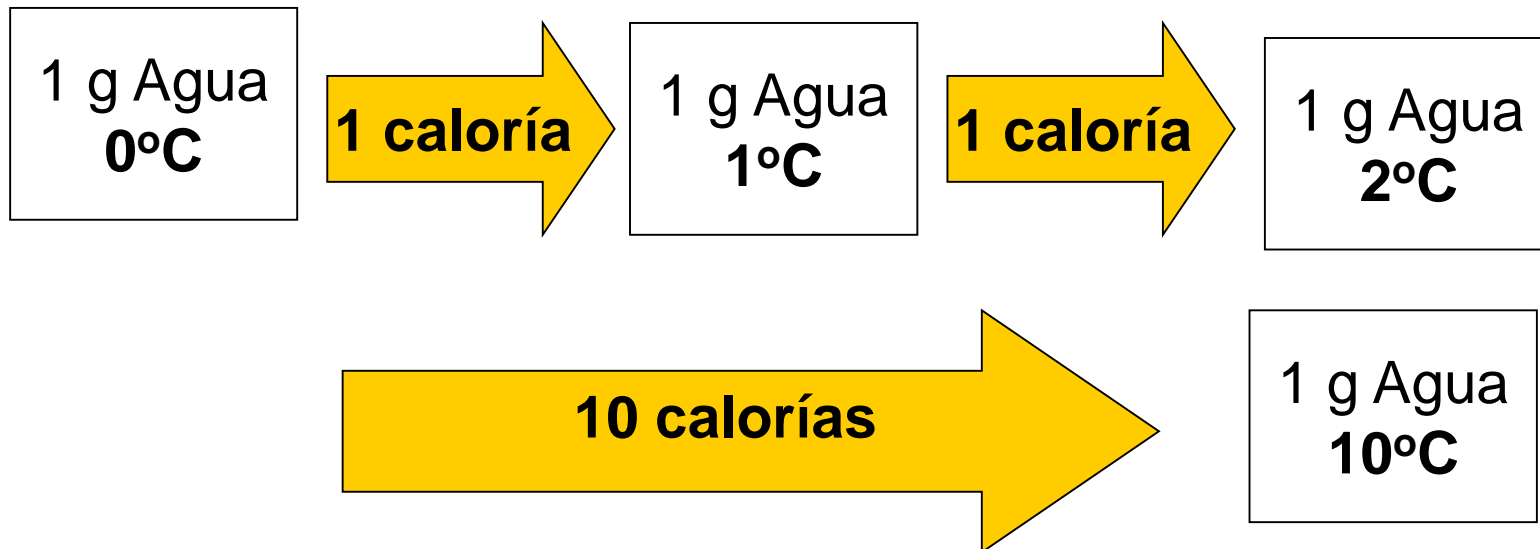


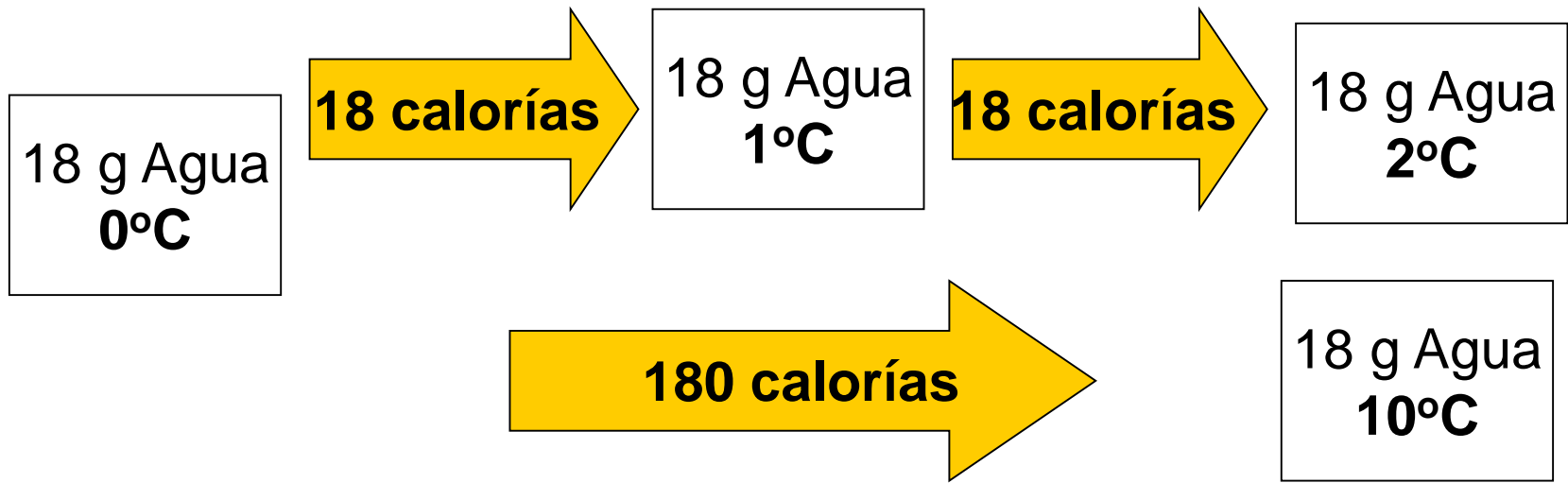


Definición !

La caloría (cal)

- Genéricamente: “Energía equivalente a la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un sólo gramo de agua un grado centígrado”.





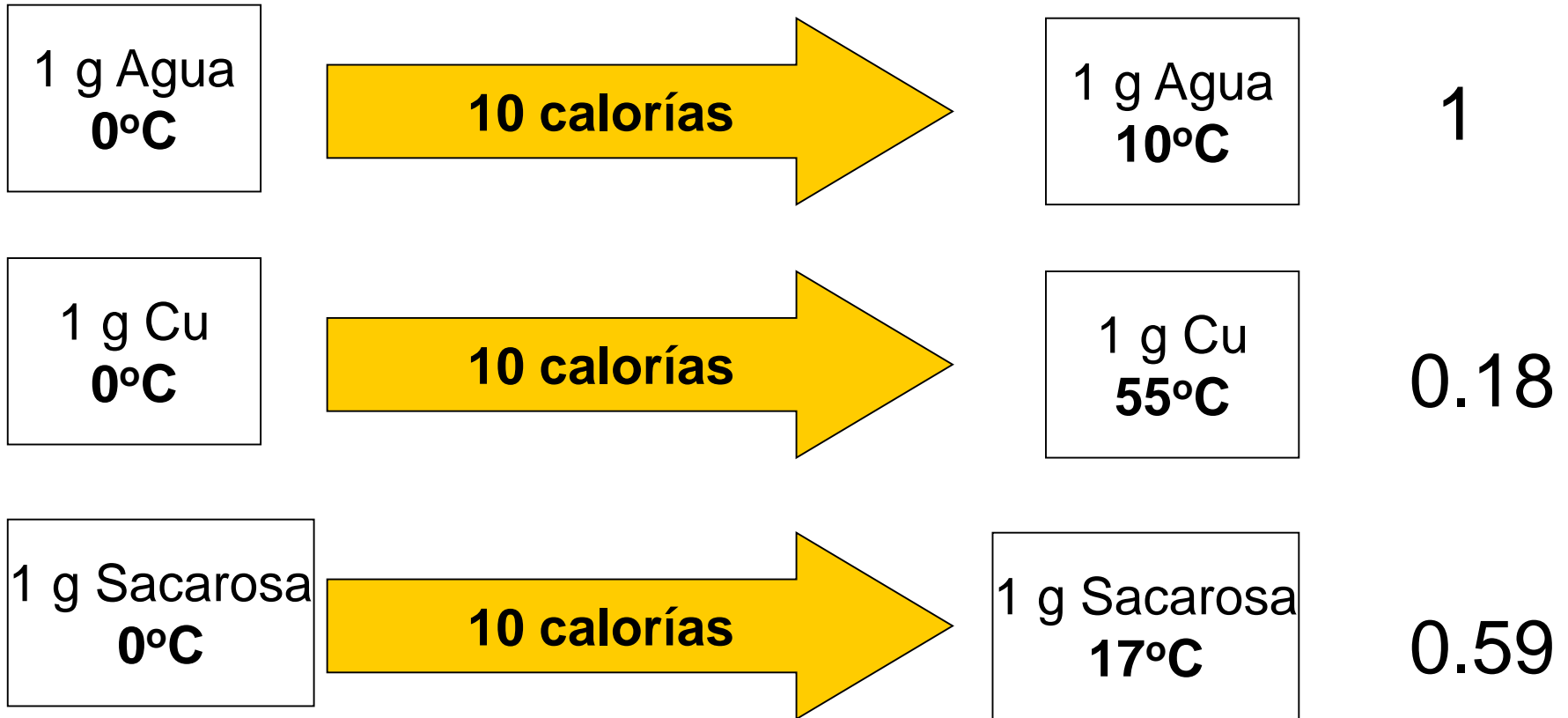
• $Q = m \Delta T$ Para el agua pura

Las propiedades de absorción (y emisión) de calor son diferentes para distintas sustancias.

Para considerar estas diferencias se introduce el parámetro conocido como Calor Específico (C_e).

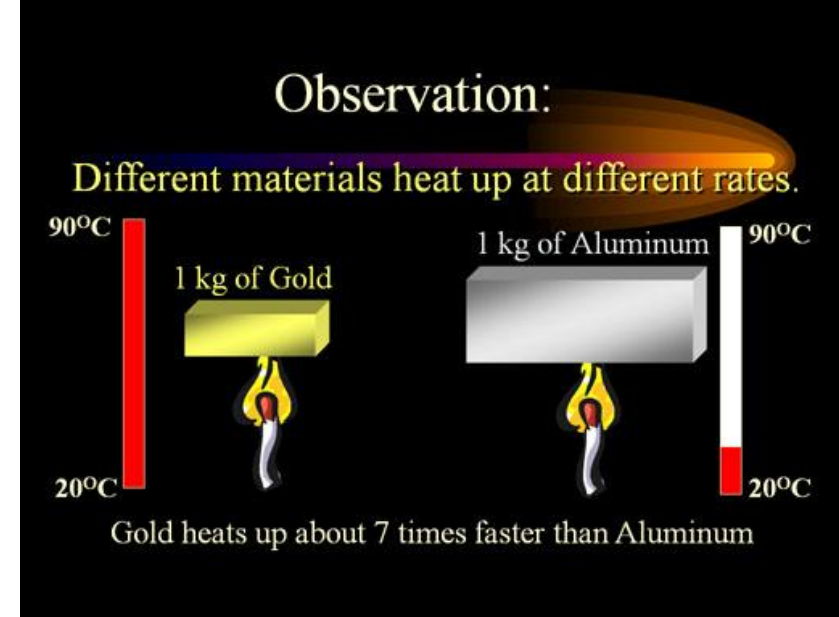
$$Q = m C_e \Delta T$$

Aproximado
 C_e (cal /g C)



Unidades: cal [=] g (cal /g °C) °C

Definición !



Calor específico C_e :

Cantidad que relaciona la razón de cambio del calor que absorbe o emite una sustancia respecto a su cambio de temperatura correspondiente.

Las unidades del calor específico

- Cuando C_e se refiere a una unidad de masa de sustancia se denomina:

Calor específico másico

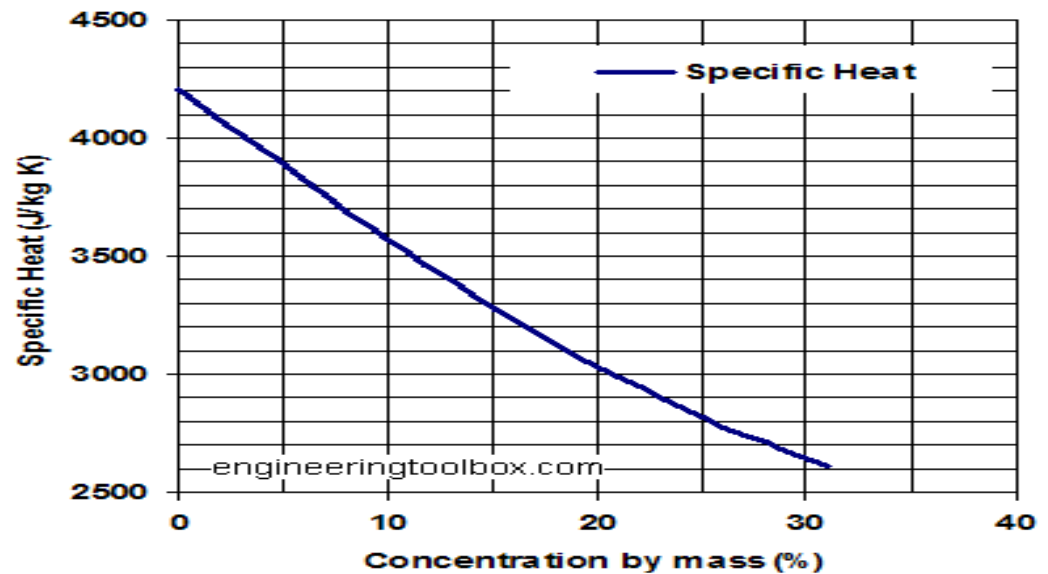
- Energía Masa⁻¹ Temperatura⁻¹

- Cuando C_e se refiere a un mol de sustancia (18 g en el caso del agua), se denomina:

Calor específico molar

$$C_e [=] \text{Energía mol}^{-1} \text{ Temperatura}^{-1}$$

Notación !



- El calor específico usualmente se define en condiciones de una PRESIÓN CONSTANTE Y DEFINIDA.
- Cuando el calor específico se determina a presión constante se simboliza como: C_p
- También puede determinarse del calor específico a volumen constante, en estas condiciones se denota como C_v

Datos !

Calores específicos para Agua Pura

Fase		C_e (cal / g °C)	C_p (molar) (cal / mol °C)
Líquida	H ₂ O	1	18
Vapor	H ₂ O Vapor 100°C		8.64
Sólida	H ₂ O Hielo 0°C	0.5	8.86



1 mol Agua
-10°C

1 mol Agua
0°C

1 mol Agua
100°C

1 mol Agua
110°C



$$Q_1 = (1\text{mol}) (8.86 \text{ cal / mol C}) (0 - (-10)) = 88.6 \text{ cal}$$

$$Q_2 = (1\text{mol}) (18 \text{ cal / mol C}) (100 - 0) = 1800 \text{ cal}$$

$$Q_3 = (1\text{mol}) (8.64 \text{ cal / mol C}) (110 - 100) = 86.4 \text{ cal}$$

¡ Cuidado ! El total de calorías para calentar agua desde -10 a 110 grados centígrados a 1 atm de presión son:

¡ 13135 calorías ! y no 1975 calorías..... ¿ Porqué ?

Conceptos !

- El calor suministrado o removido para calentar o enfriar una fase cualquiera se denomina CALOR SENSIBLE. Sensible porque se registra mediante un cambio de temperatura
- El calor suministrado para cambiar de fase se llama CALOR LATENTE. Existen calores latentes de fusión (L_f), evaporación (L_v) y sublimación entre otros.

Calor de fusión: (masa o moles de sustancia) (calor latente fusión másico o molar)

Calor de vaporización: (masa o moles de sustancia)(calor latente vaporización másico o molar)

Calores latentes para agua (1atm)		
Calor de fusión	80 cal /g	1440 cal / mol
Calor de vaporización	540 cal / g	9720 cal / mol

1 mol Agua
0°C
Hielo

1 mol Agua
0°C
Líquido

1 mol Agua
100°C
Líquido

1 mol Agua
100°C
Vapor

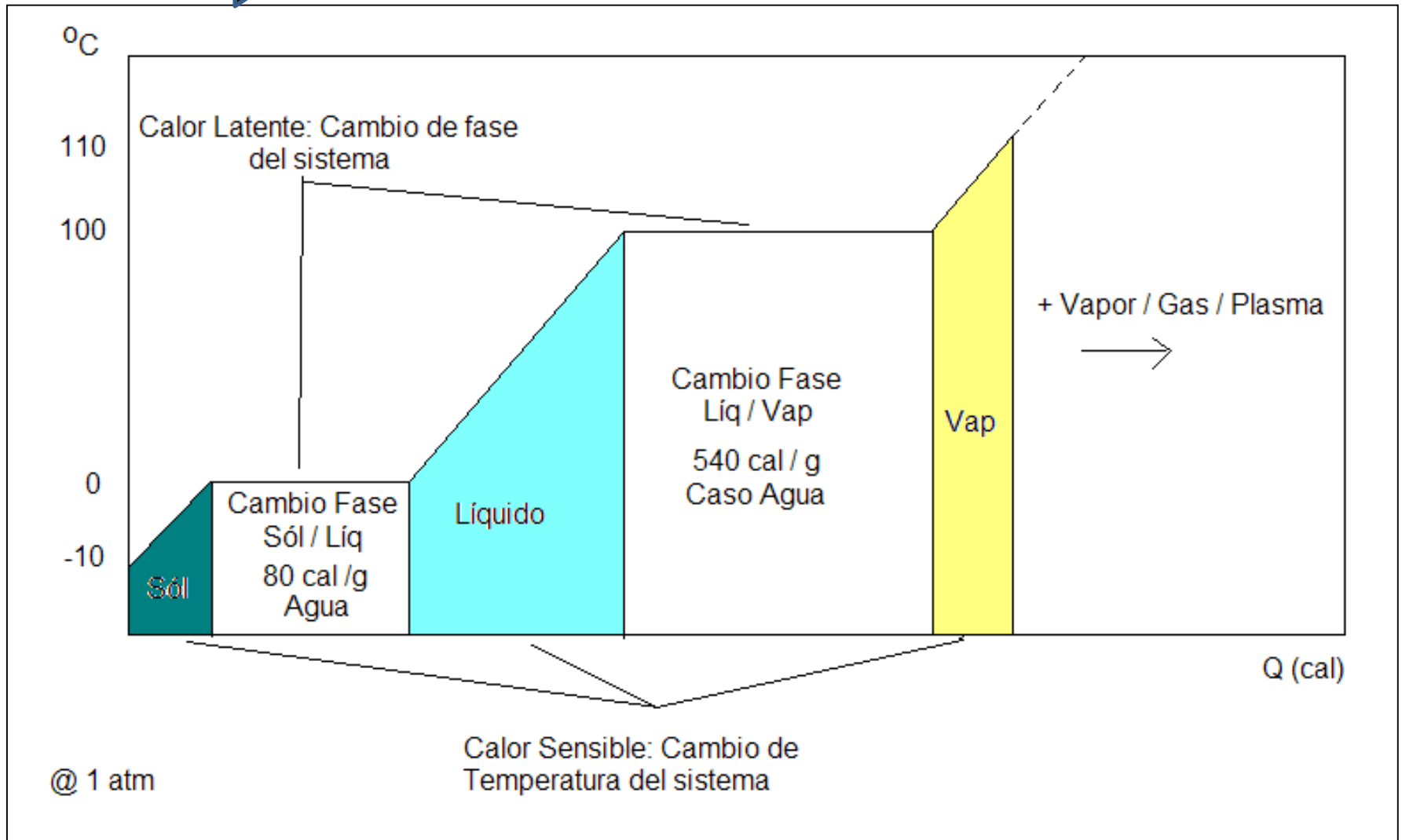
$$Q_f = (18\text{g}) (80 \text{ cal / g}) = 1440 \text{ cal}$$

$$Q_v = (18\text{g}) (540 \text{ cal / g}) = 9720 \text{ cal}$$

Así, El total de calorías para calentar agua desde -
10 a 110 grados centígrados a 1 atm de presión
es:

$$1975 + 1440 + 9720 = 13135 \text{ calorías}$$

Gráfica Q vs. T !



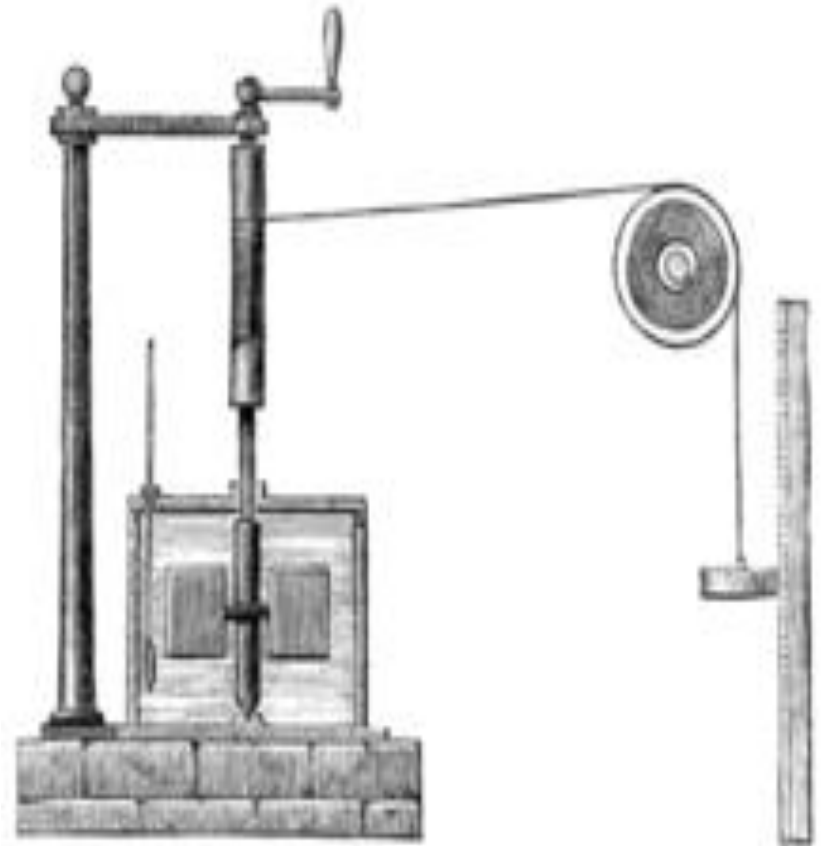
Concepto !

Equivalente mecánico del calor

Experimento de Joule:

Palas impulsadas por un juego de pesas, se movían en el interior de un recipiente con agua aislado, así, estableció el *equivalente mecánico del calor*, determinando el incremento de temperatura que se producía en el fluido como consecuencia de los rozamientos producidos por la agitación de las palas relacionándolo a la fuerza del objeto que impulsaba el movimiento durante su caída:

$$1 \text{ cal} = 4.1868 \text{ J}$$



Historia !



James Prescott Joule (1818-1879)

Inglaterra

Físico y Cervecerero

Primera Ley de la TD


Equivalente mecánico del calor

SE nombra la unidad SI de energía Joule en honor a él.

Tumba con el No. 772.55 lb_f.pie para elevar la temperatura de 1 lb agua 1 grado Fahrenheit. Equivalente mecánico del calor más exacto que determinó.



“Debo hacer el trabajo que él me envió mientras sea de día. La noche se acerca, cuando ningún hombre puede trabajar”.
Evangelio San Juan



Ejercicios Asistidos !

Un mol de gas ideal con un C_v de $20.9 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ se calienta desde una temperatura inicial de 0°C hasta una temperatura final de 275°C a volumen constante. Calcula q .

$$Q = nC_p\Delta T$$

$$Q = n(nR + C_v)\Delta T$$

$$Q = 1(1R + 20.9)(275 - 0)$$

$$Q = (8.314 + 20.9)(275)$$

$$Q = 8033.85 \text{ J}$$

Ejercicios Asistidos !

El C_p del Argón es de $20.79 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, cuando un mol de argón se expande isotérmica y reversiblemente de 22.414 Litros a 50 Litros a 273.15 K. Calcula, q , w y ΔT .

$$\Delta T = 0 \quad \text{ISOTÉRMICO}$$

$$Q = nC_p\Delta T = 0 \quad \Delta T = 0$$

$$w = -nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = -1(8.314)(273.15) \ln\left(\frac{50}{22.4}\right)$$

$$w = -1822 \text{ J}$$

Ejercicios Individuales !

Traza un diagrama Q vs T para una sustancia que sólo puede ser sublimada (como el carbón de manera natural), indica en el diagrama que dibujes


- Los cambios de fase y que fases coexisten en cada zona
 - Indica dónde hay calor sensible y dónde calor latente
 - Indica donde hay aumento de temperatura
- Cómo se llama la temperatura en dónde ocurre el cambio de fase.

Ejercicios Individuales !

Un hombre común produce aproximadamente 1000 kJ de calor en un día a través de procesos metabólicos. Si ese individuo fuera un sistema cerrado de 70 kg de masa con un $C_p = 4.2$ kJ/kg°C.

¿Cuál sería su aumento de temperatura en un día ?

En realidad el hombre es un sistema abierto. El mecanismo por el que se pierde calor es la evaporación del agua. ¿Cuánta agua se debe evaporar al día para mantener la temperatura corporal constante?. Considera que el calor de evaporación de agua o Q_v es 2405 kJ/kg a 27°C.



Ejercicios Individuales !

Una cantidad de 0.54 mol de Ne está confinada en un recipiente de 2.5 atm y 298 K y se deja expandir adiabáticamente contra una presión constante de 1 atmósfera. Calcula la temperatura final en cada caso