

Universidad Nacional de Río Negro

Física III B – 2020

- **Unidad** 02
- **Clase** U02 C01
- **Fecha** 02 Abr 2020
- **Cont** Primer Principio
- **Cátedra** Asorey
- **Web** <http://gitlab.com/asoreyh/unrn-f3b>



Contenidos: Termodinámica, alias F3B, alias F4A

Unidad 1

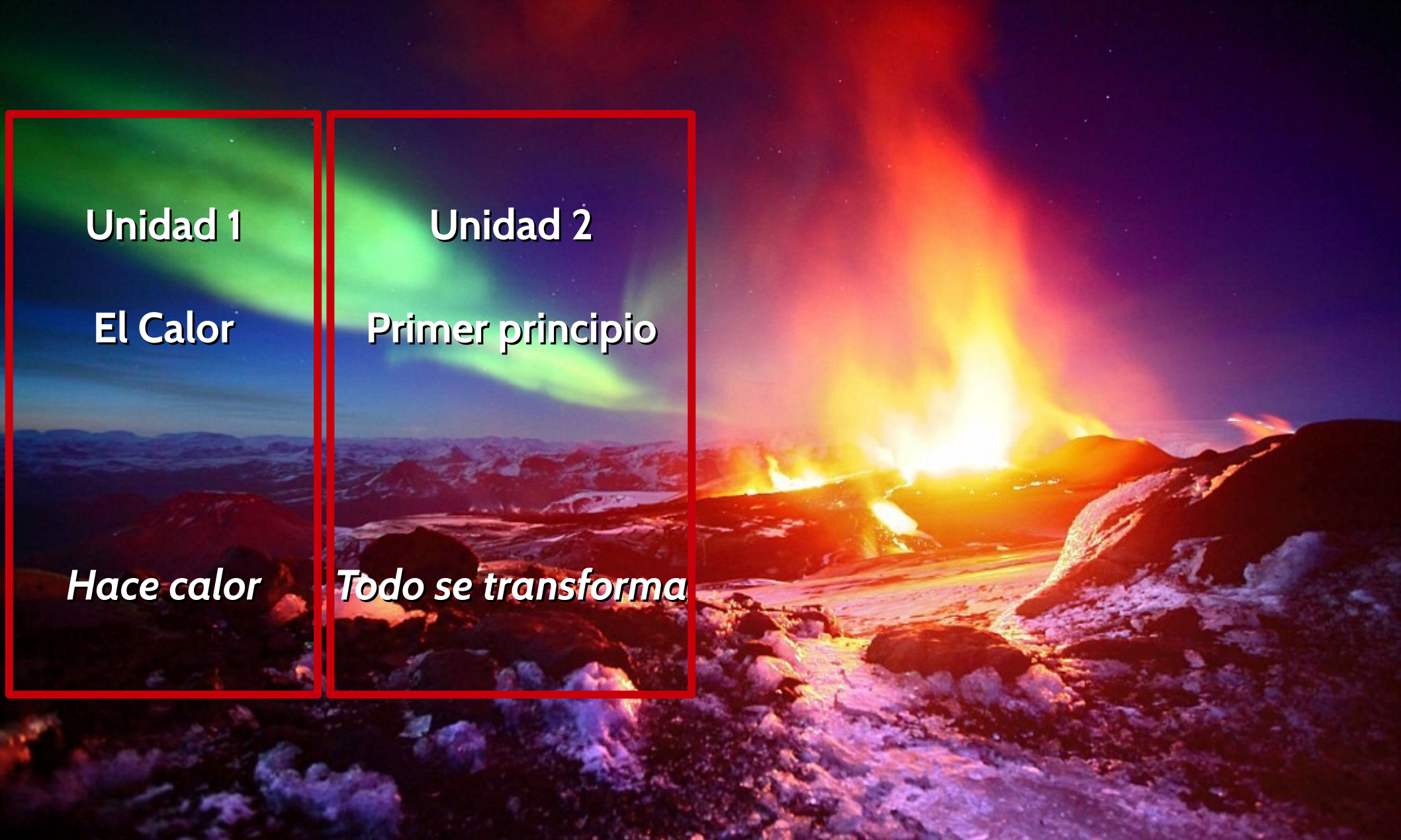
El Calor

Hace calor

Unidad 2

Primer principio

Todo se transforma



Módulo 1 - Unidad 2: Primer Principio

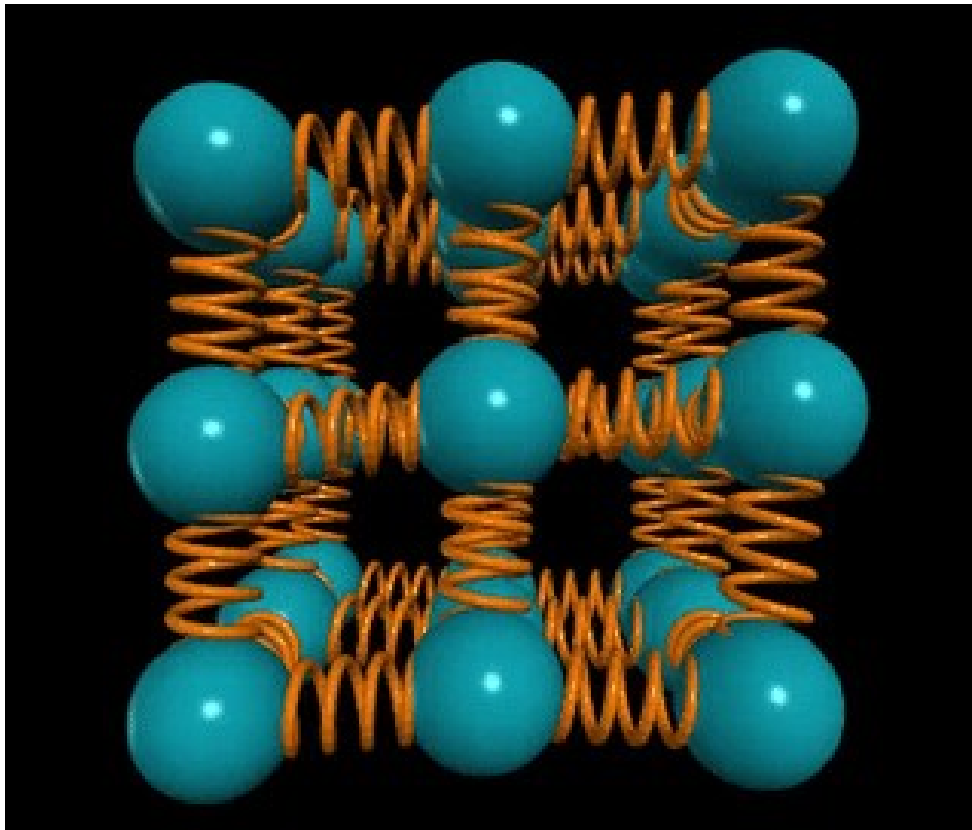
Del 31/Mar al 23/Abr (6 encuentros)

- **Calor y trabajo.** Equivalente mecánico del calor. Experimento de Joule. **Sistemas.** Fuentes de calor. Potenciales termodinámicos. **Primer principio. Flujo de calor.** Muerte térmica. Máquinas térmicas.



Ley de Dulong-Petite

$$E_K = \sum_{i=1}^N \left[\frac{1}{2} m (v_{x,i}^2 + v_{y,i}^2 + v_{z,i}^2) + \frac{1}{2} k_{ef} (x_i^2 + y_i^2 + z_i^2) \right]$$



- ¿Grados de libertad?

- $v_x, v_y, v_z, x, y, z \leftarrow 6$

- Equipartición: $\frac{1}{2} kT$

- Energía interna:

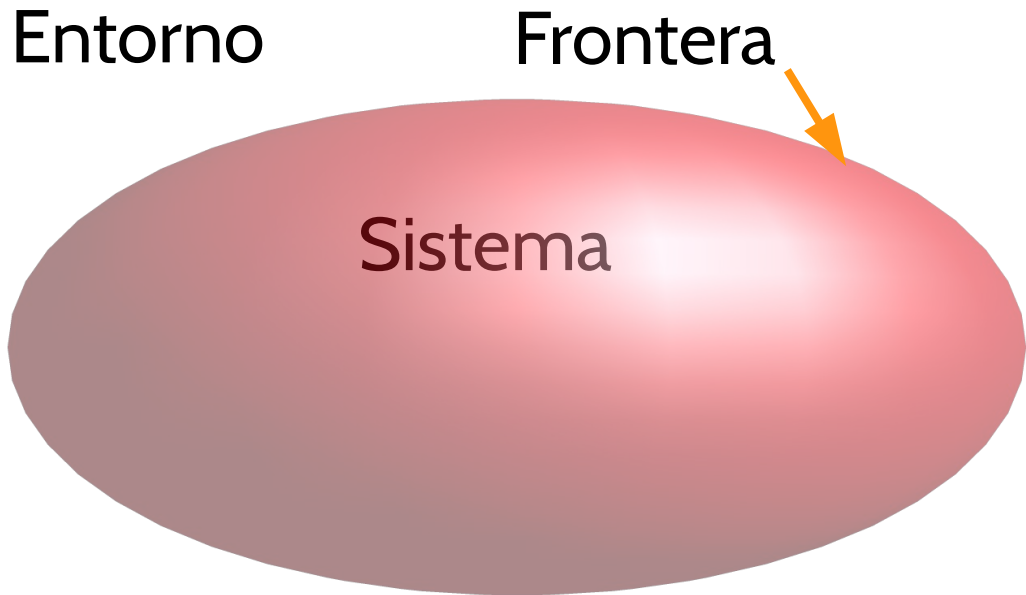
$$U = \frac{6}{2} NkT = 3nRT$$

- Calor específico:

$$Q = \Delta U = Cn\Delta T \rightarrow C = 3R$$

Sistema termodinámico

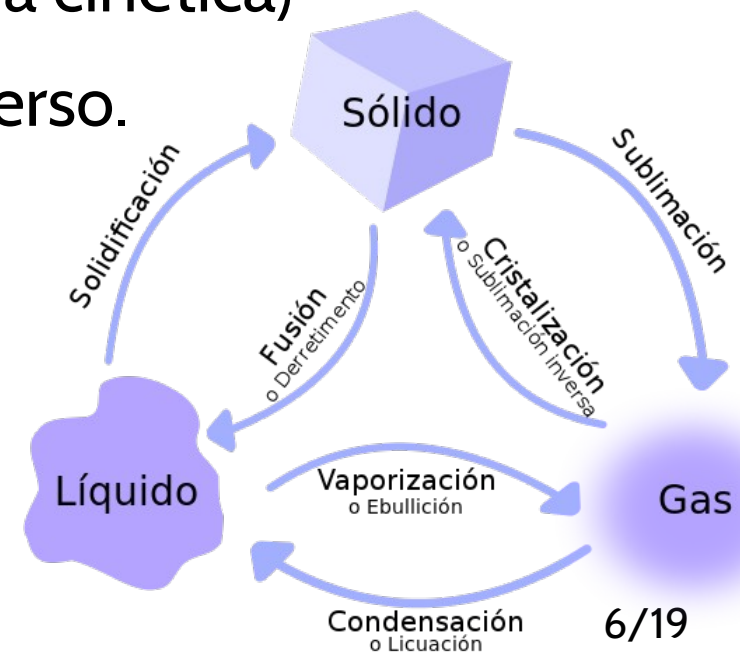
- **Sistema termodinámico:** contenido total de energía, en cualquiera de sus formas (incluyendo la masa), **que se encuentra en una región macroscópica del espacio.**
 - Variables de **estado** termodinámicas que definen al sistema → temperatura, energía interna, presión, entropía, ...



- **Sistema en equilibrio**
 - Las variables de estado no cambian con el tiempo
- **Fuera de equilibrio**
 - Transferencia “lenta” de energía

Cambios de fase

- El **cambio de fase de un sistema termodinámico** implica que algunas de las **características de esa fase cambian**. Requiere un **intercambio de energía**
 - **Fusión:** sólido (baja energía cinética) a líquido (alta energía cinética)
 - **Solidificación:** inverso. ¿Flujo de energía?
 - ¿Sentido de ese intercambio?



- **Calor latente:** calor liberado o absorbido por un sistema termodinámico durante una transformación a **temperatura constante** (*latente* = escondido, 1762 J. Black)
 - Calor de fusión: sólido a líquido
 - Calor de vaporización: líquido a gas
- **Ehrenfest: Calor latente transformación de fase de primer orden**
- **Cambio de fase → temperatura del sistema permanece constante**

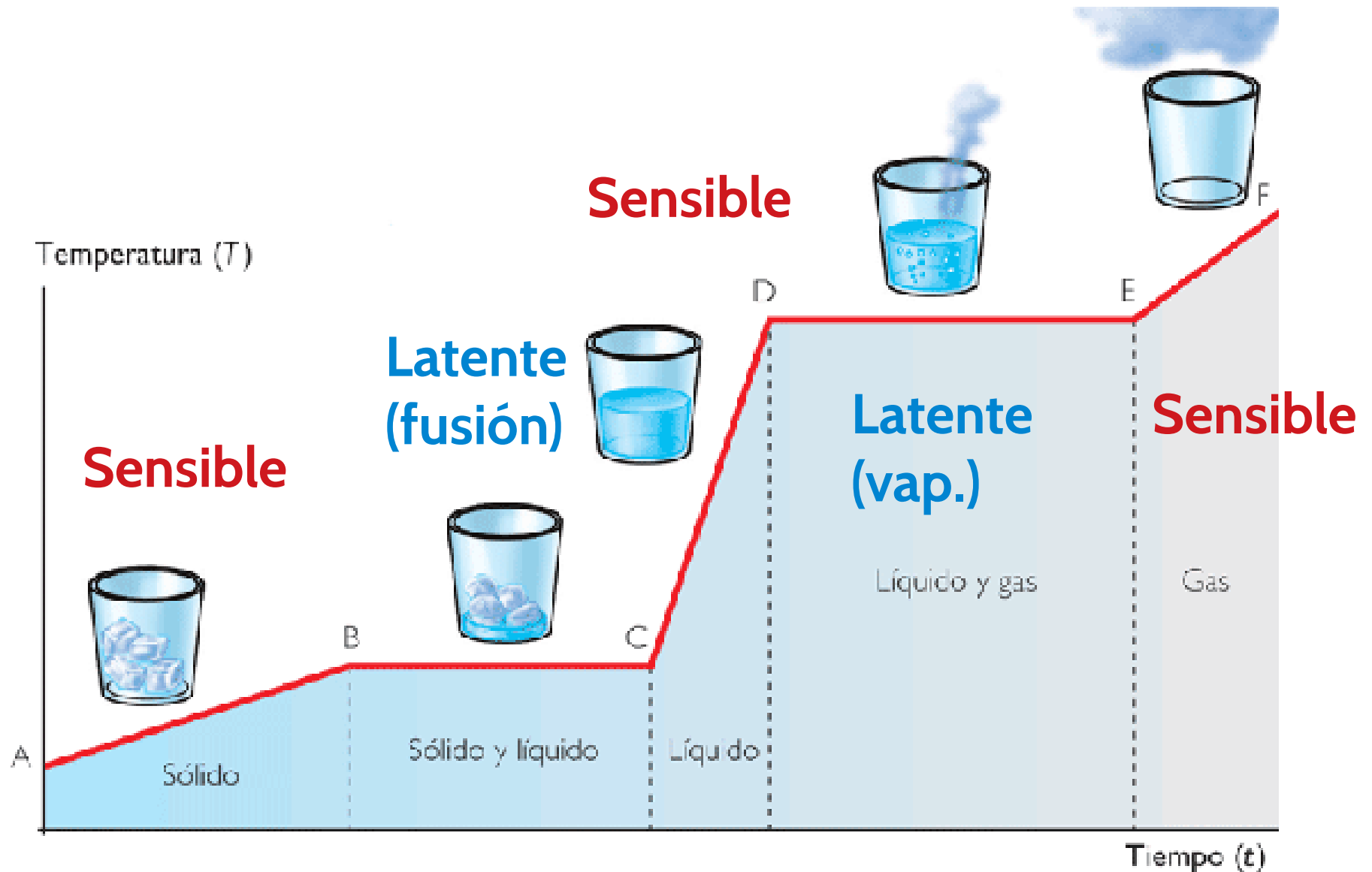
Calor latente específico

- Propiedad intensiva **L**: **calor requerido para cambiar completamente de fase a una determinada cantidad de sustancia (usualmente en masa)**
- Calor requerido para cambiar de fase una masa m :

$$L \stackrel{\text{def}}{=} \frac{Q}{m} \rightarrow Q = mL$$

- Agua: valores anormalmente altos (¡puentes H!). ¡Usos!
 - Fusión (a 273K): 334 kJ/kg, vaporización (a 373K): 2257 kJ/kg
 - Transpiración, Refrigeración, ¿rocío?...

Calor latente versus calor sensible



Paréntesis acuoso

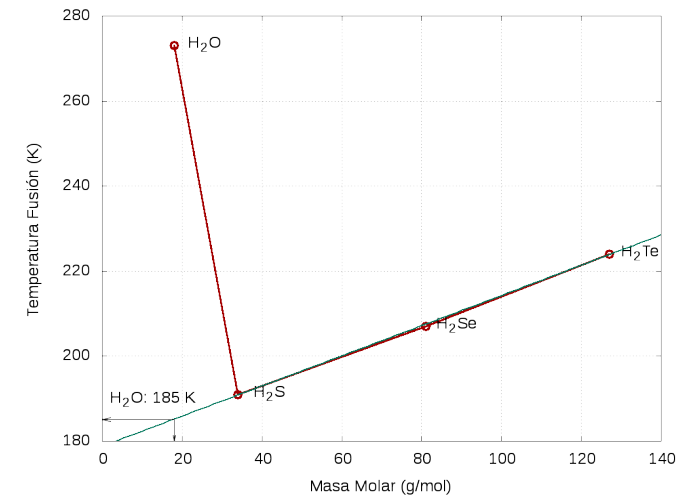
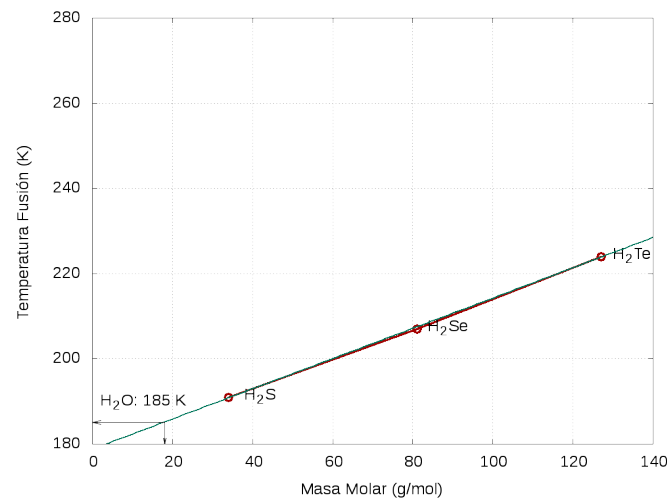
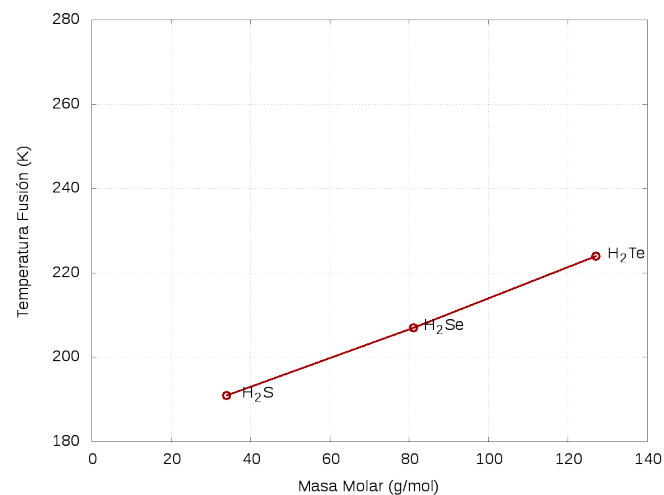
$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \theta = 104,45^\circ \rightarrow M=18 \text{ g/mol} \rightarrow T_f=273 \text{ K}$

$\text{H}_2\text{S} \rightarrow \theta = 92,1^\circ \rightarrow M=34 \text{ g/mol} \rightarrow T_f=191 \text{ K}$

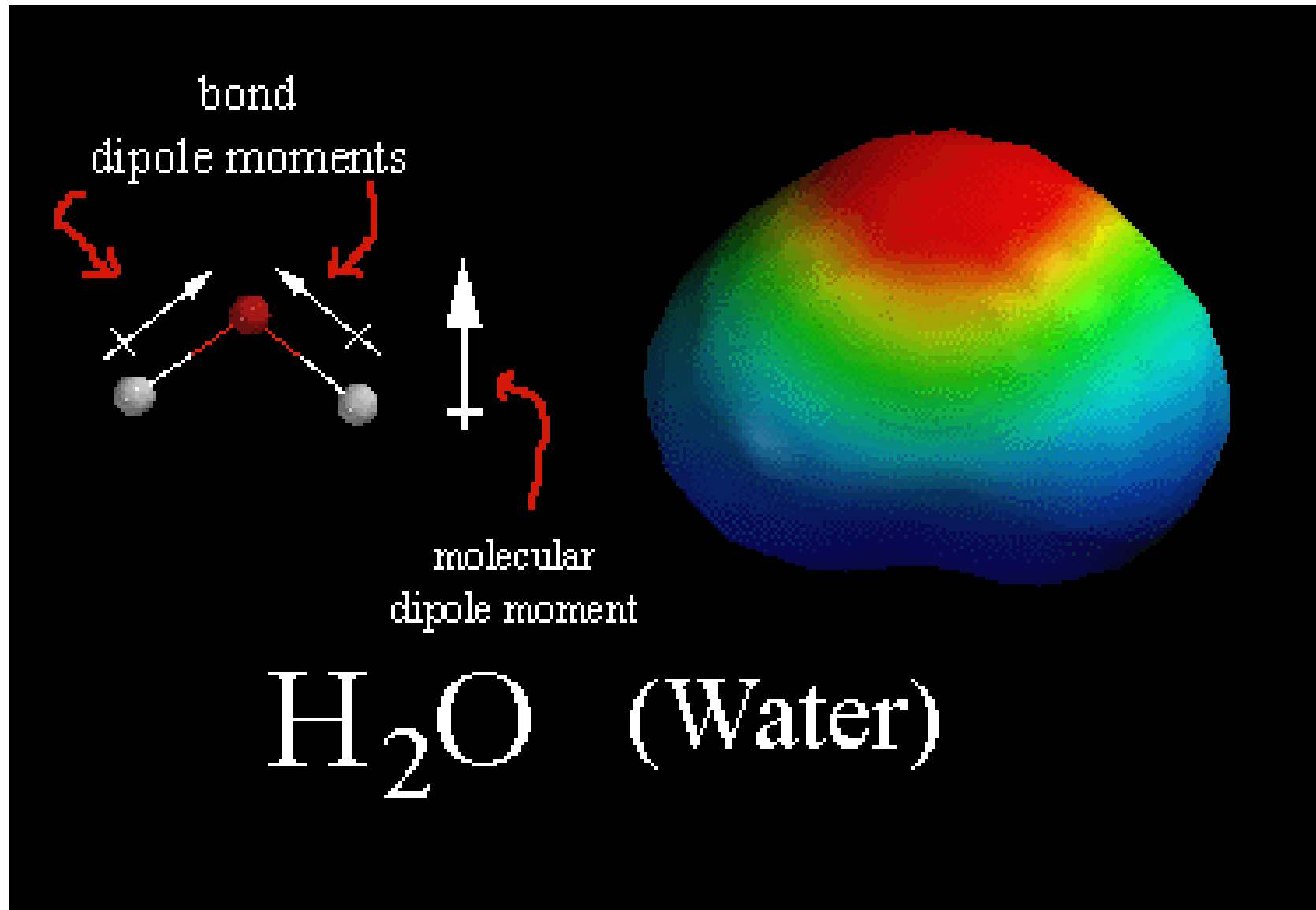
$\text{H}_2\text{Se} \rightarrow \theta = 91^\circ \rightarrow M=81 \text{ g/mol} \rightarrow T_f=207 \text{ K}$

$\text{H}_2\text{Te} \rightarrow \theta = 90^\circ \rightarrow M=127 \text{ g/mol} \rightarrow T_f=224 \text{ K}$

$$T \sim E_k \sim mv^2$$

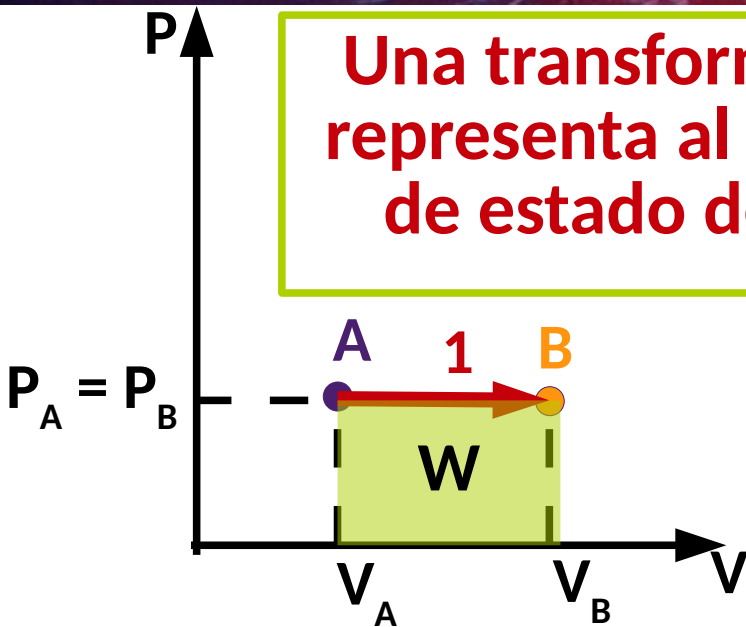


Momento dipolar de la molécula de agua



En el episodio anterior...

Una transformación
representa al cambio
de estado del gas



Calor específico
cantidad de calor para que un mol de sust.
cambie su temperatura en 1 K

$$C = \frac{Q}{n \Delta T}$$

$$U = C_V R n T$$

$$C_p = C_V + R$$

Energía interna
Si T cambia, habrá un cambio
en la energía interna del gas

La conservación de la energía
en un gas ideal, implicó
considerar que

$$\Delta U = C_V R n \Delta T$$

$$Q = \Delta U + W$$

Nada se gana, nada se pierde, todo se transforma

- La **conservación de la energía** para un **sistema termodinámico** se expresa de la siguiente forma

$$Q = \Delta U + W$$

**Primer principio
de la termodinámica**

Q = Calor cedido al sistema (signo de ΔT)

ΔU = Cambio de la energía interna del sistema (signo de ΔT)

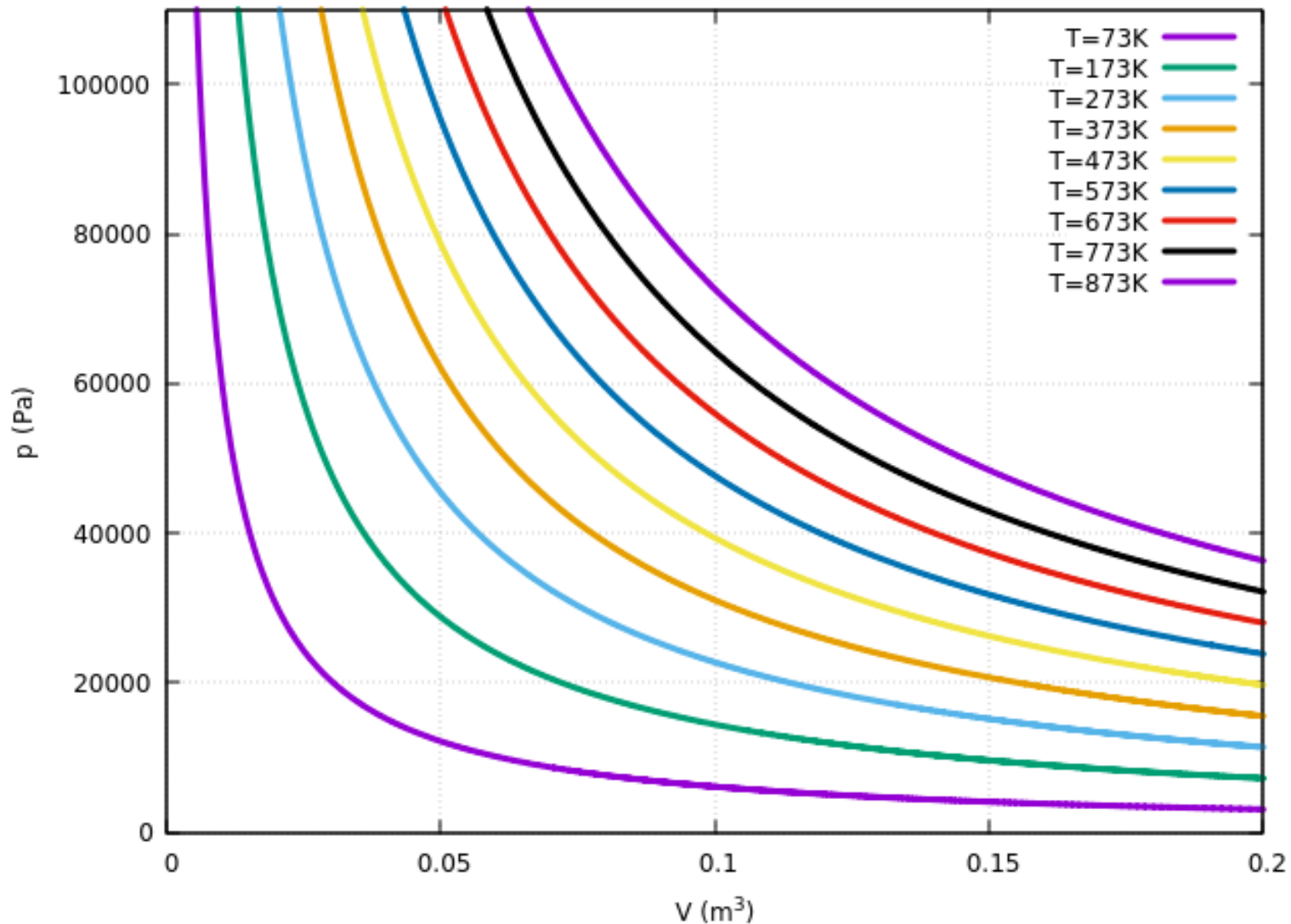
W = Trabajo realizado por el sistema (signo de ΔV)

Nueva transformación

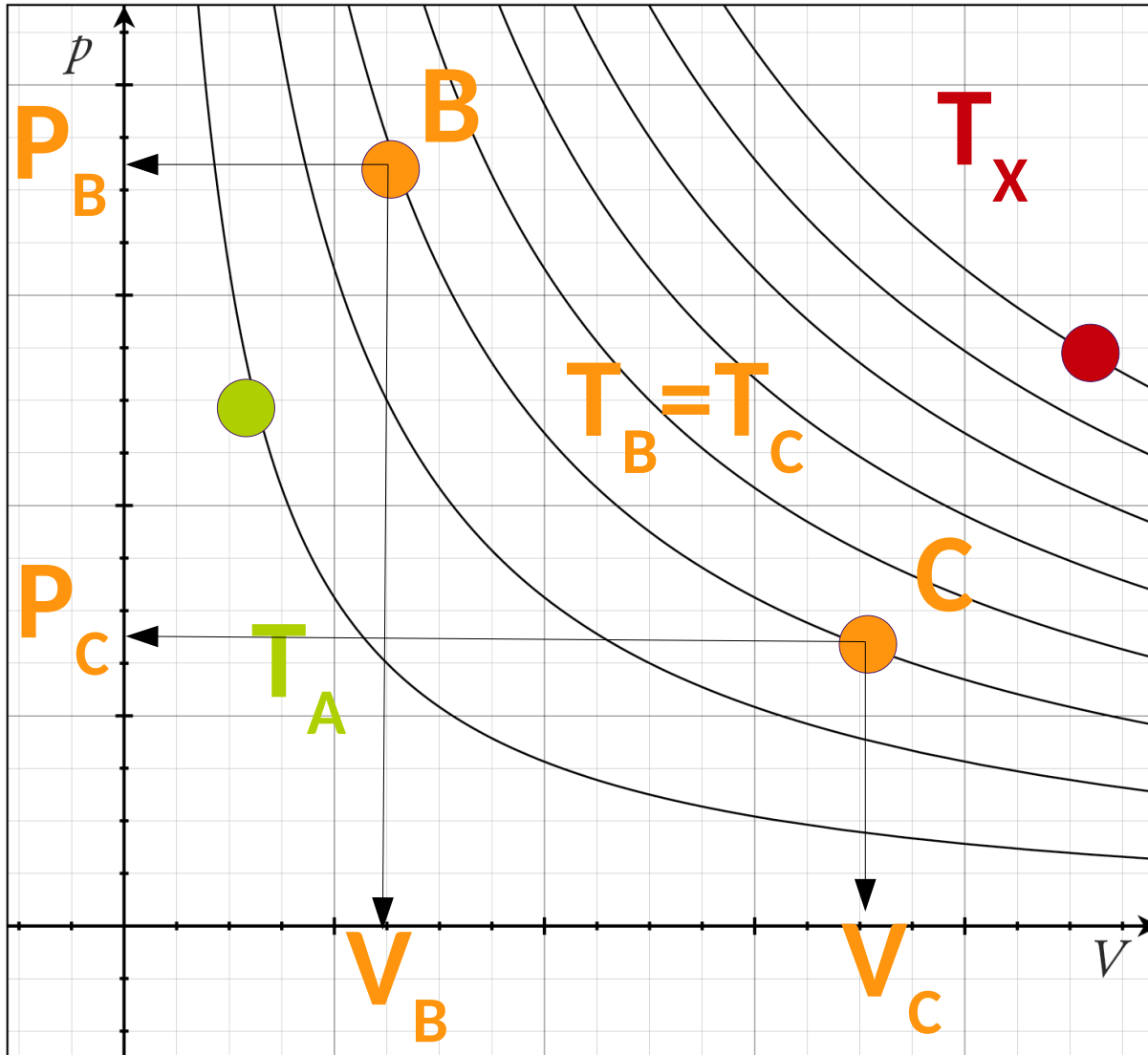
- Vimos transformaciones a $P=\text{cte}$ (isobara) y $V=\text{cte}$ (isocora)
 - **Isobara:**
 - $W = P \Delta V$
 - $\Delta U = \frac{z}{2} n R \Delta T$
 - $Q = \Delta U + W$
 - **Isocora:**
 - $W = 0$
 - $Q = C_V n \Delta T$
 - $Q = \Delta U$
- ¿Cómo será una expansión isotérmica?
 - **Baño térmico (p. ej.: Atmósfera, Océano, ...)**
 - Reservorio de calor a una temperatura T dada
 - Puede ceder o absorber calor sin que T se vea afectada
 - Un sistema en contacto con un baño \rightarrow evolución isotérmica

Transformación Isotérmica, $T = \text{cte}$

Si $T = \text{cte}$ $pV = nRT \rightarrow pV = \text{cte}$ (a n cte)



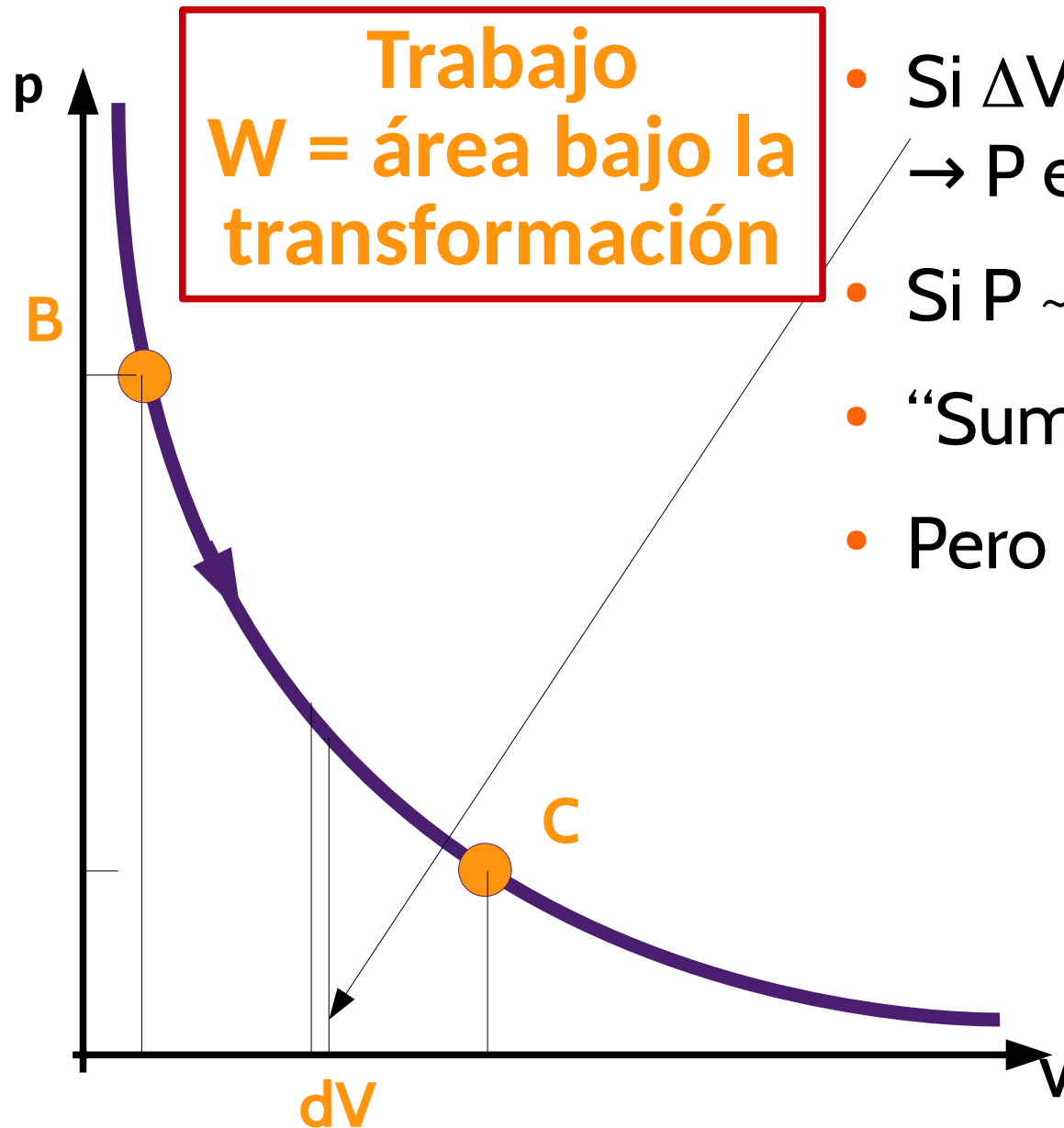
Transformación isotérmica



$$T_A < T_B < T_X$$

- 1) El gas se encuentra en el estado "B"
- 2) Evolucionando en forma isotérmica (baño térmico a $T_B = T_C$)
- 3) El gas finaliza en el estado "C"

Transformación isotérmica



- Si ΔV pequeño, $\Delta V \rightarrow dV$
 $\rightarrow P$ es aprox. constante
- Si $P \sim \text{cte} \rightarrow dW = p dV$
- “Sumando”: $W = \int_{V_B}^{V_C} p dV$
- Pero $P = n R T / V$:

$$W = \int_{V_B}^{V_C} n R T \frac{dV}{V}$$

$$W = n R T \int_{V_B}^{V_C} \frac{dV}{V}$$

$$W = n R T \ln \left(\frac{V_C}{V_B} \right)$$

- **Isobara:**

- $W = p \Delta V$
- $\Delta U = (z/2) n R \Delta T$
- $Q = \Delta U + W$

- **Isoterma:**

- $W = n R T \ln (V_f / V_i)$
- $\Delta U = 0$
- $Q = \Delta U + W \rightarrow Q = W$

- **Isocora:**

- $W = 0$
- $Q = C_v n \Delta T$
- $Q = \Delta U$

- **Adiabática**

- Próximamente en los mejores cines de su barrio

- Índice adiabático:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

- z es la atomicidad del gas: $z=3,5,6$ para un gas mono, bi y triatómico respectivamente)
- Luego \rightarrow

$$\gamma = \frac{C_v + R}{C_v} \rightarrow \gamma = 1 + \frac{R}{C_v}$$

$$\gamma = 1 + \frac{R}{\frac{z}{2}R} \rightarrow \gamma = 1 + \frac{2}{z}$$

Otra forma de escribir γ :

$$\gamma = \frac{z+2}{z}$$