

El Cuaderno Mágico de Termodinámica

De los conceptos básicos a la
demostración del equilibrio
térmico ($T_1 = T_2$).



Apuntes de Clase 5 | Nivel Universitario



Temperatura y Capacidad de Calor



$$T \propto \langle K \rangle$$

Mide la transferencia de calor



$$\delta Q = C dT$$

Capacidad de Calor (C): Cantidad de energía (δQ) necesaria para elevar un grado de T en una sustancia en específico.

Ejemplo: Si queremos calentar 1° de agua desde 14.5°C a 15.5°C
→ $C_{H_2O} = 1 \text{ [cal / °C]}$

Nota de Unidades: ¿Calorías o Joules?

En física, química y biología solemos hablar de calorías...
¡Pero nosotros usaremos la convención en Joules!

$$1 \text{ [kcal]} \approx 4184 \text{ [J]}$$

Porque el calor es transferencia de energía.



Tipos de Calor Específico

$$c = C / N \text{ (Calor específico por partícula)}$$



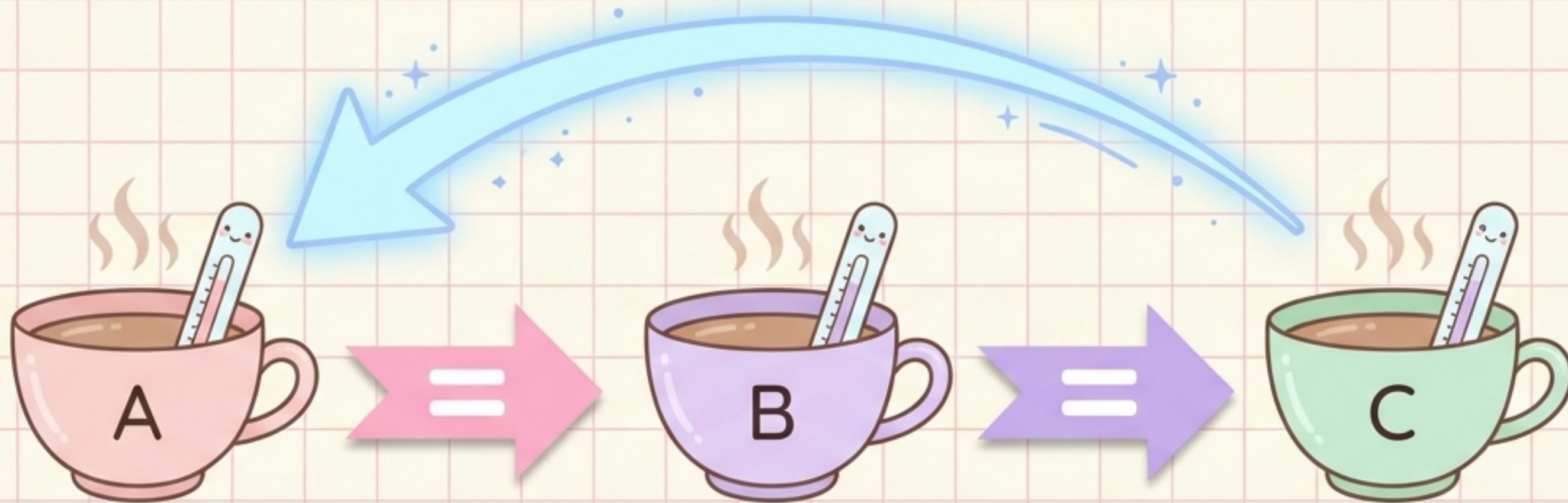
c_p = Calor específico a
Presión constante.
(Proceso Isobárico)



c_v = Calor específico a
Volumen constante.
(Proceso Isócoro)

Ley '0' de la Termodinámica

Equilibrio Térmico



Si dos cuerpos A y B están en equilibrio térmico... o sea

$$T_A = T_B \rightarrow T_C = T_A$$

Los Dos Procesos Fundamentales

1. Procesos Cuasiestáticos

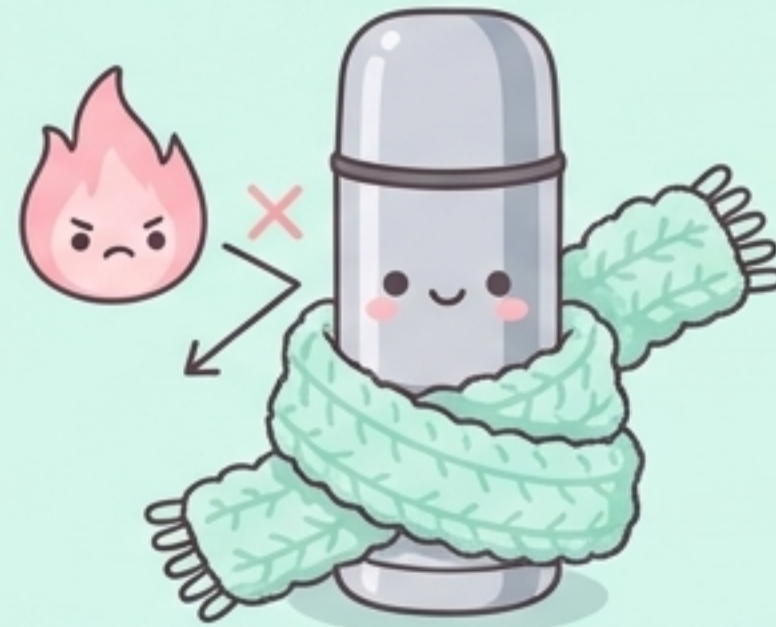
Es casi imperceptible. El sistema se encuentra en cada instante de tiempo en un estado infinitesimalmente cercano al equilibrio.



2. Procesos Adiabáticos

Aislado térmicamente.

$$\delta Q = 0$$



Condiciones de Equilibrio (Primera Ley)

$$dU = \delta Q + \delta W$$



Sustituyendo el calor
y el trabajo...

$$dU = TdS - PdV$$



Entropía (S): El desorden utilizable

Definition Card

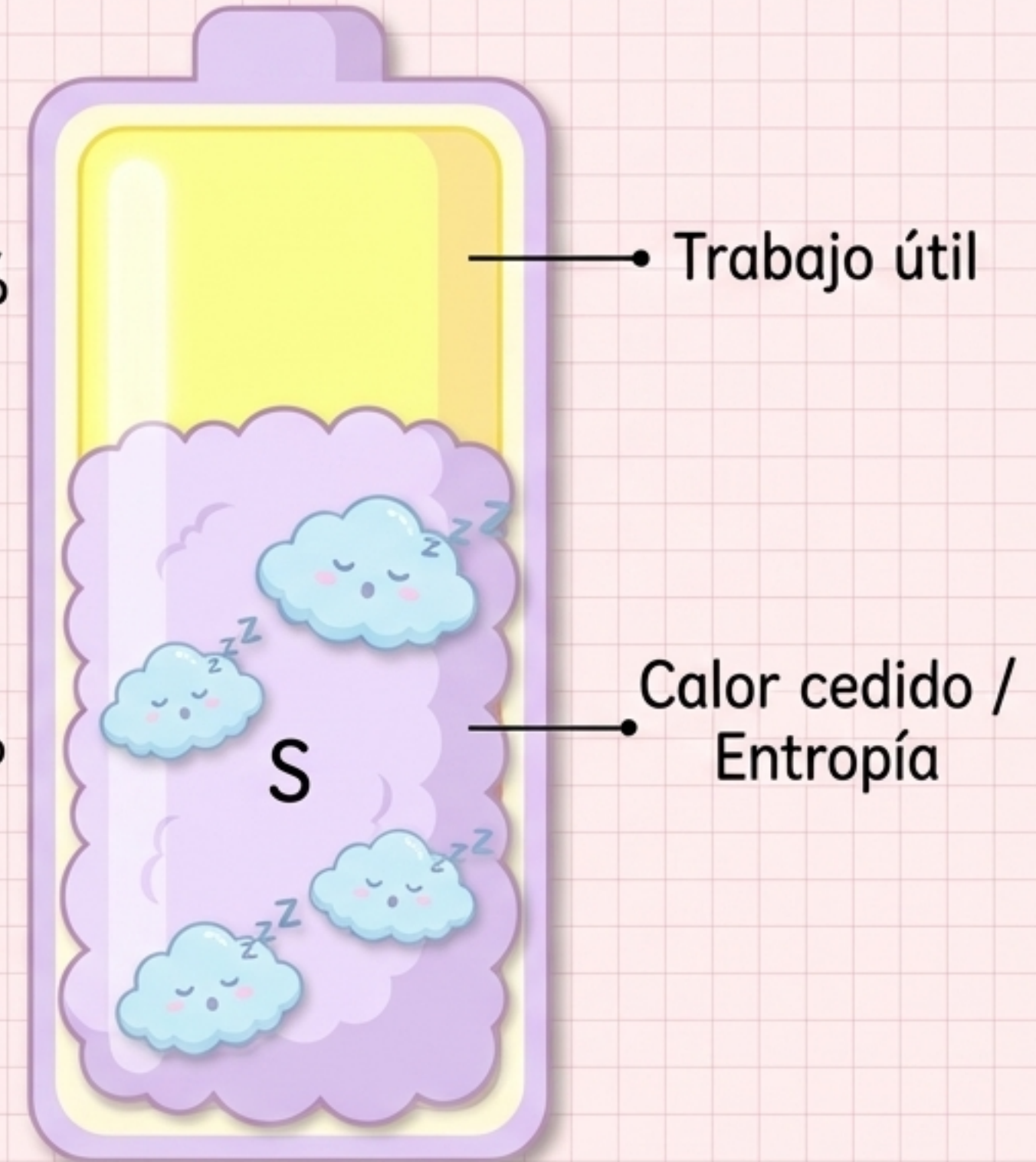
Medida termodinámica de la energía que NO se utiliza para hacer trabajo y se expresa como el calor cedido por un sistema sobre su T° absoluta.

$$dS = \frac{\delta Q}{T} \rightarrow \frac{\partial U}{\partial S} = T$$

Usable Disorder Meter

30%


70%




Derivadas de la Ecuación Fundamental

$$U = U(S, V, N)$$


$$dU = \frac{\partial U}{\partial S} dS + \frac{\partial U}{\partial V} dV + \frac{\partial U}{\partial N} dN$$


$$\frac{\partial U}{\partial S} = T$$

(Temperatura)


$$\frac{\partial U}{\partial V} = -P$$

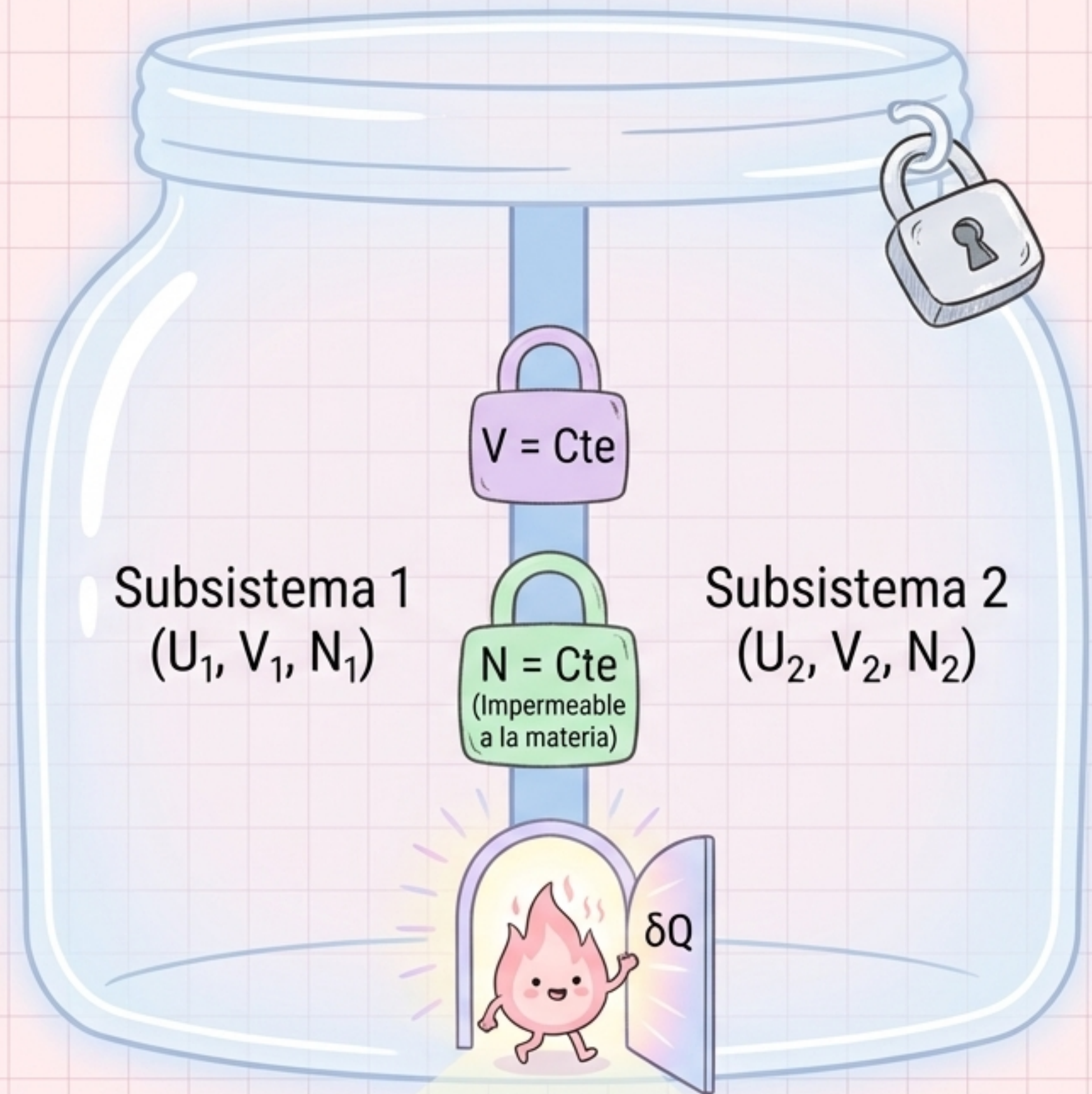
(Presión)


$$\frac{\partial U}{\partial N} = \mu$$

(Potencial Químico)

El Desafío Final: Demostrar $T_1 = T_2$


Considerar un sistema cerrado compuesto por 2 subsistemas separados por una pared rígida e impermeable a la materia, pero que permite el traspaso de calor.



Paso 1: La Entropía Total

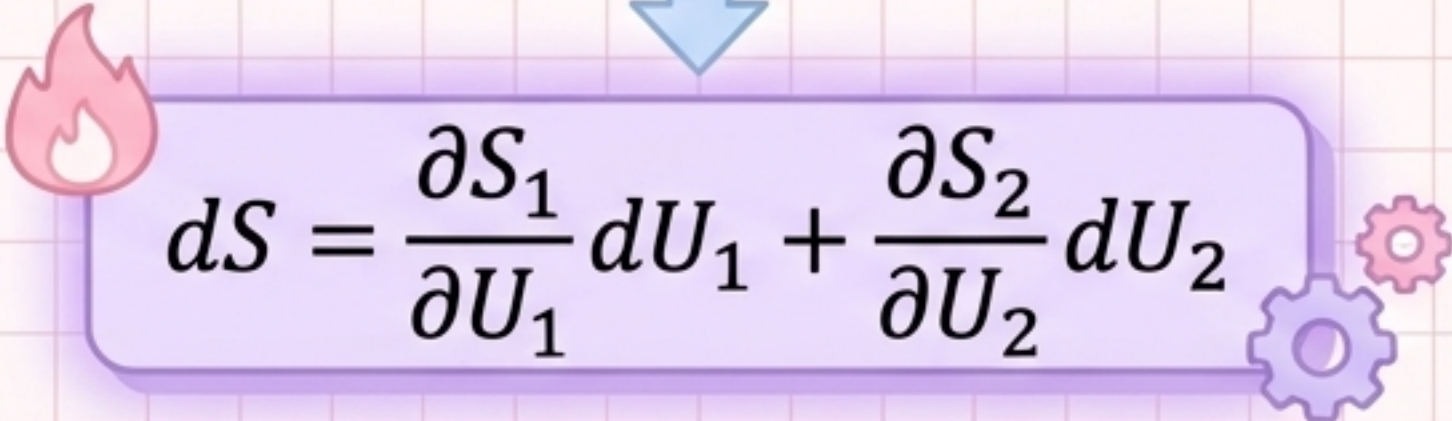

Cada energía ligada a un estado de equilibrio emite una S del sistema.
Hay balance particular de U_1 y U_2 .

$$S_{total} = S_1(U_1, V_1, N_1) + S_2(U_2, V_1, N_2)$$



(tachado)

$$dS = \frac{\partial S_1}{\partial U_1} dU_1 + \left[\frac{\partial S_1}{\partial V_1} dV_1 \right] + \left[\frac{\partial S_1}{\partial N_1} dN_1 \right] + \frac{\partial S_2}{\partial U_2} dU_2 + \left[\frac{\partial S_2}{\partial V_2} dV_2 \right] + \left[\frac{\partial S_2}{\partial N_2} dN_2 \right]$$


$$dS = \frac{\partial S_1}{\partial U_1} dU_1 + \frac{\partial S_2}{\partial U_2} dU_2$$

Paso 2: Sustitución y Conservación

Sabemos que $dU = TdS \rightarrow \frac{\partial S}{\partial U} = \frac{1}{T}$.

Por lo tanto:

$$dS = \left(\frac{1}{T_1}\right)dU_1 + \left(\frac{1}{T_2}\right)dU_2$$

Conservación de Energía:

$$U_1 + U_2 = cte \rightarrow dU_1 + dU_2 = 0 \\ \rightarrow dU_1 = -dU_2$$

Final Substitution:

$$dS = -\left(\frac{1}{T_1}\right)dU_2 + \left(\frac{1}{T_2}\right)dU_2$$

Paso 3: Maximizando la Entropía

Para alcanzar el equilibrio, la entropía debe ser máxima ($S_{\max} \rightarrow dS = 0$).

$$(-1/T_1 + 1/T_2) dU_2 = 0$$



Grand Conclusion

$$1/T_1 = 1/T_2 \Rightarrow T_1 = T_2$$

✨ (¡Equilibrio Térmico Comprobado!)



El Ecosistema del Equilibrio

Las leyes y derivadas no son solo reglas matemáticas;
son el camino de la naturaleza hacia la paz.

U (Energía) se
conserva y fluye.

Maximizar el
desorden
utilizable (S_{max}) es
lo que obliga a las
temperaturas a
igualarse.

$T_1 = T_2$
no es solo una
fórmula, es el
universo en
estado de
reposo.

