

# Entropía, Información y Termodinámica

Juan Montoya

Universidad de Antioquia

1 de octubre de 2025

## La revolución de Shannon: Información como concepto físico

## Teoría de la Información

- **Entropía de Shannon:**  $H = -\sum_i p_i \log_2 p_i$
  - Un bit = respuesta a una pregunta sí/no
  - Entropía termodinámica  $\leftrightarrow$  Entropía informacional
  - $S = k \ln W$  (Boltzmann) vs.  $H = \sum p_i \log p_i$  (Shannon)



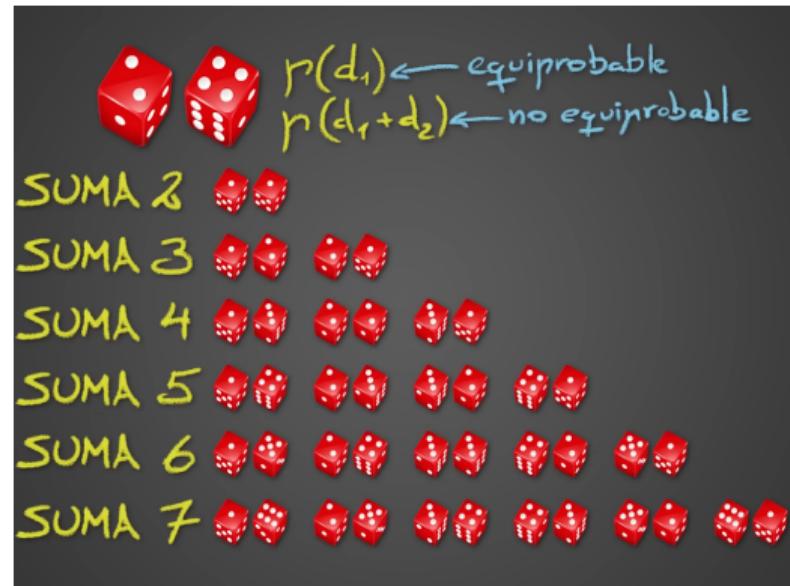
# Entropía: Muy distinta a "desorden"

## ¿Qué NO es la entropía?

- No es simplemente "desorden"
- No depende de percepciones subjetivas
- No siempre aumenta localmente

## ¿Qué SÍ es la entropía?

- Número de microestados:  $S = k \ln \Omega$
- Información faltante sobre el sistema



# La segunda ley: Estadística, no determinismo

## Interpretación moderna

- $\Delta S \geq 0$
- Ejemplo: gas expandiéndose en una caja



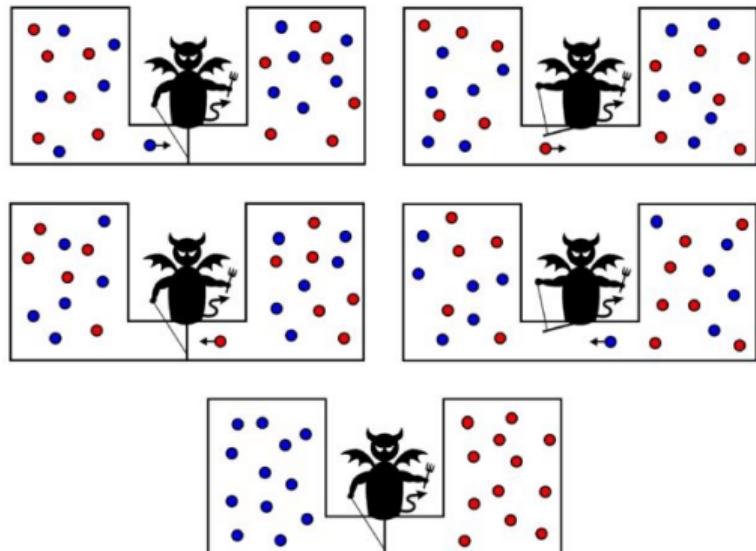
# El demonio de Maxwell: Información, trabajo y borrado

## Paradoja

- Demonio inteligente separa moléculas
- Aparentemente viola la segunda ley

## Resolución

- Borrar 1 bit cuesta  $kT \ln 2$  de trabajo
- El demonio debe borrar información



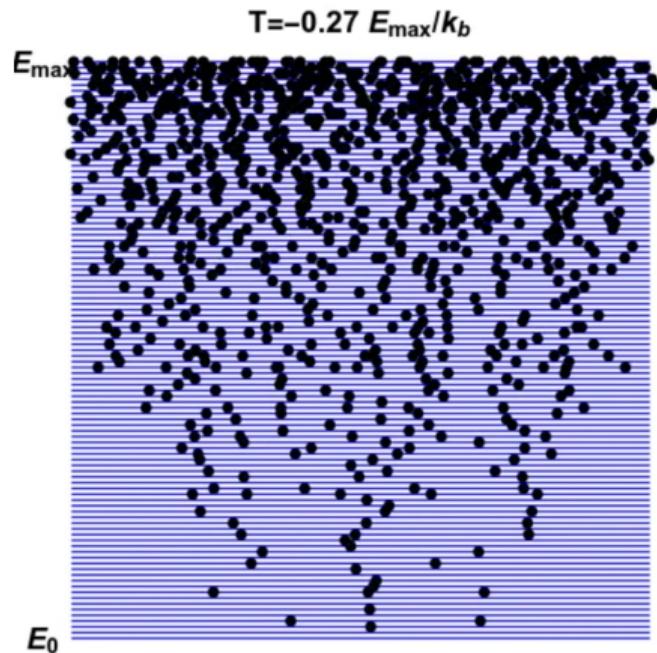
# Temperatura negativa: Más caliente que infinito

## ¿Qué son las temperaturas negativas?

- Sistemas con energía máxima finita
- Inversión de población: más partículas en estados de alta energía

## Ejemplos reales

- Láseres (inversión de población)
- Gases cuánticos ultrafríos



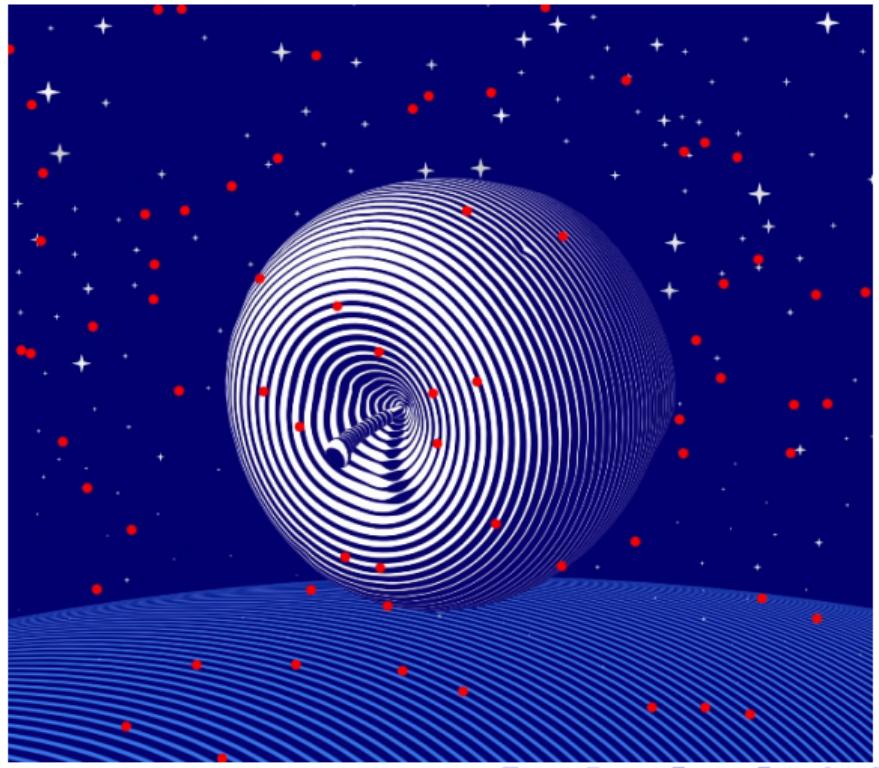
# Termodinámica cuántica y gravedad entrópica

## Termodinámica cuántica

- Máquinas térmicas cuánticas
- Baterías cuánticas

## Gravedad entrópica

- Gravedad como fuerza emergente
- Conexión con entropía de agujeros negros



# Conclusiones

## Conceptos

- Información conecta termodinámica, mecánica cuántica y computación
- Entropía: de concepto térmico a medida universal de información

## Implicaciones filosóficas

- La realidad física podría ser informational
- "It from Bit"

## Aplicaciones futuras

- Computación cuántica eficiente
- Nuevas tecnologías de refrigeración