

Entropía, Información y Termodinámica

Juan Montoya

Universidad de Antioquia

1 de octubre de 2025

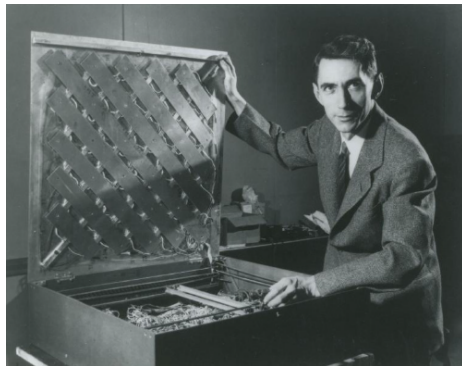
La Revolución de Shannon: Información como Concepto Físico

Teoría de la Información (1948)

- **Entropía de Shannon:** $H = - \sum_i p_i \log_2 p_i$
- Un bit = respuesta a una pregunta sí/no

Conexión Fundamental

- Entropía termodinámica \leftrightarrow Entropía informacional
- $S = k \ln W$ (Boltzmann) vs. $H = \sum p_i \log p_i$ (Shannon)



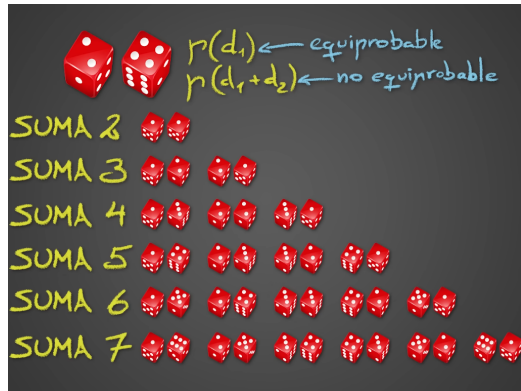
Entropía: Muy distinta a "desorden"

¿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
- Medida de incertidumbre cuantificable



La Segunda Ley: Estadística, No Determinismo

Interpretación Moderna (Boltzmann)

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



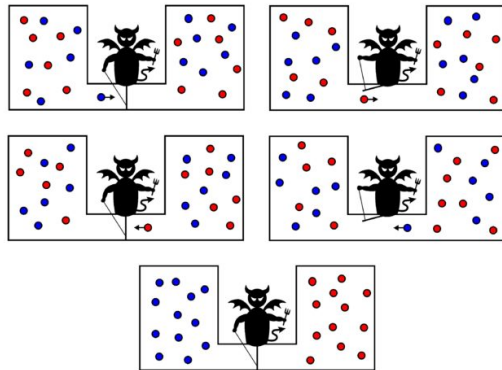
El Demonio de Maxwell: Información, Trabajo y Borrado

La Paradoja (1867)

- Demonio inteligente separa moléculas
- Aparentemente viola la segunda ley

Resolución

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



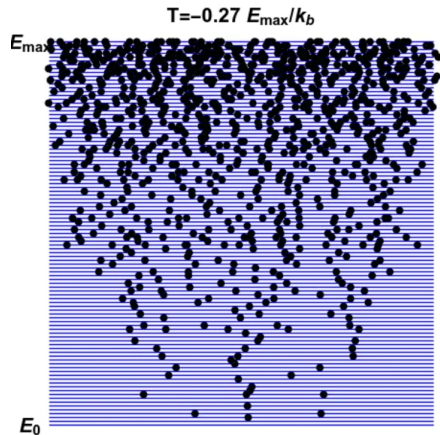
Temperatura Negativa: Más Caliente que Infinito

¿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



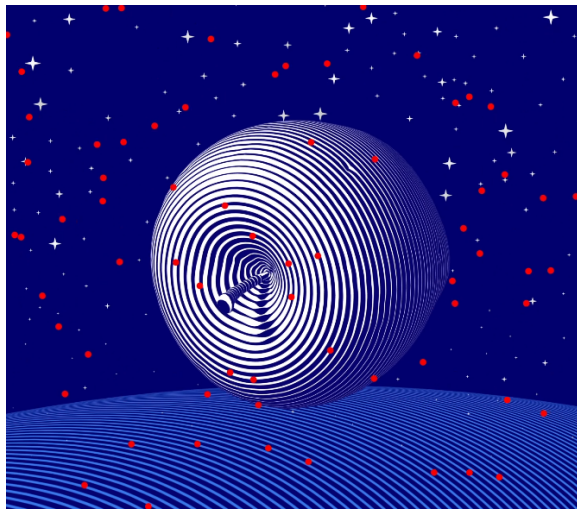
Termodinámica Cuántica y Gravedad Entrópica

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 informacional
- "It from Bit" (Wheeler)

Aplicaciones Futuras

- Computación cuántica eficiente
- Nuevas tecnologías de refrigeración