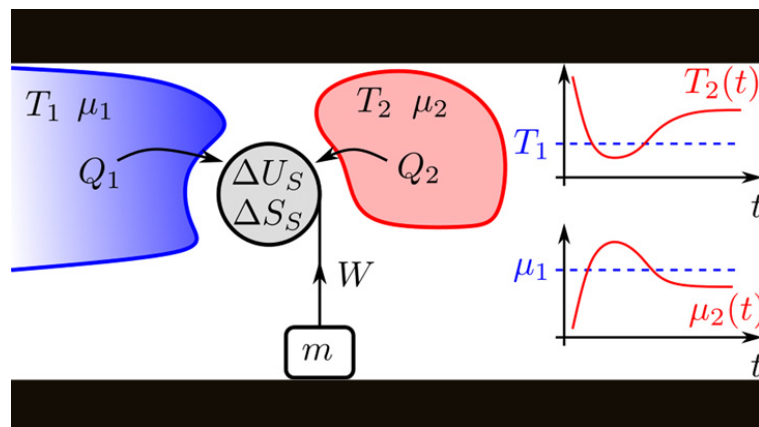


20/12/2021

## Antiguos conceptos de termodinámica para comprender la entropía en la nanoescala



Tenemos una buena intuición cualitativa sobre el concepto de entropía, pero su aplicación cuantitativa al mundo cuántico todavía es un desafío para los físicos. En este artículo se describe un marco para el estudio de la segunda ley de la termodinámica en nanodispositivos utilizando antiguas ideas que se remontan a hace más de 90 años.

Tal como describe el film de Woody Allen “Si la cosa funciona”, la entropía es “no poder meter de nuevo la pasta de dientes en el tubo”. La ley sobre el incremento de la entropía, conocida como la segunda ley de la termodinámica, es una de las piedras angulares de la ciencia, con implicaciones que van desde la nanociencia cuántica hasta la biología o la física de los agujeros negros. Por desgracia, mientras tenemos una buena intuición cualitativa sobre la segunda ley, todavía resulta desafiante obtener una comprensión cuantitativa precisa más allá de los procesos de equilibrio de los sistemas macroscópicos descritos en los libros de texto.

Con los progresos experimentados hoy en día en el ámbito de la nanociencia, hemos abandonado claramente el régimen de los procesos de equilibrio de los sistemas macroscópicos y nuestro artículo tutorial sienta las bases para una comprensión cuantitativa de la termodinámica más allá de ese régimen. Esto se logra introduciendo definiciones microscópicas de las principales magnitudes termodinámicas como la energía interna, el trabajo, el calor, la entropía, la temperatura y el potencial químico, que se mantienen incluso

fuera del equilibrio y de manera independiente al tamaño del sistema. Cabe destacar que las definiciones no requieren un conocimiento preciso del microestado del sistema, sino que se determinan mediante información más “tosca” accesible experimentalmente.

En el trabajo se muestra cómo derivar la primera y la segunda ley para sistemas cuánticos aislados y abiertos. Es más, basándose en una temperatura de baño dependiente del tiempo y determinada de manera autoconsistente, la desigualdad de Clausius emerge automáticamente de la segunda ley. El marco establecido en nuestro artículo permite estudiar una diversidad de experimentos en nanociencia cuántica, en particular más allá de la asunción de un baño estático e infinito y para sistemas de varios cuerpos sobre los que sólo tenemos un control y una información limitados.

En el aspecto técnico, nuestros resultados se suceden utilizando un concepto que llamamos “entropía observacional”. Este concepto de entropía cuantifica la información que un agente externo tiene sobre un sistema termodinámico. El concepto ya se utilizó por von Neumann y Wigner hace más de 90 años, pero sólo recientemente ha recuperado la atención como una herramienta versátil en la teoría de información cuántica, teoría cuántica de varios cuerpos y mecánica estadística fuera del equilibrio. Así, nuestro artículo establece una perspectiva general que muestra cómo antiguas ideas, de tiempos de Boltzmann, pueden ser utilizadas para estudiar de manera fructífera los dispositivos cuánticos en la nanoescala.

#### **Philipp Strasberg y Andreas Winter**

Grupo de Información Cuántica

Departamento de Física

Universitat Autònoma de Barcelona

#### **Referencias**

Philipp Strasberg & Andreas Winter, **First and Second Law of Quantum Thermodynamics: A Consistent Derivation Based on a Microscopic Definition of Entropy**, *Physical Review X Quantum*, vol. 2, p. 030202 (2021), DOI: [10.1103/PRXQuantum.2.030202](https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.2.030202)

[View low-bandwidth version](#)