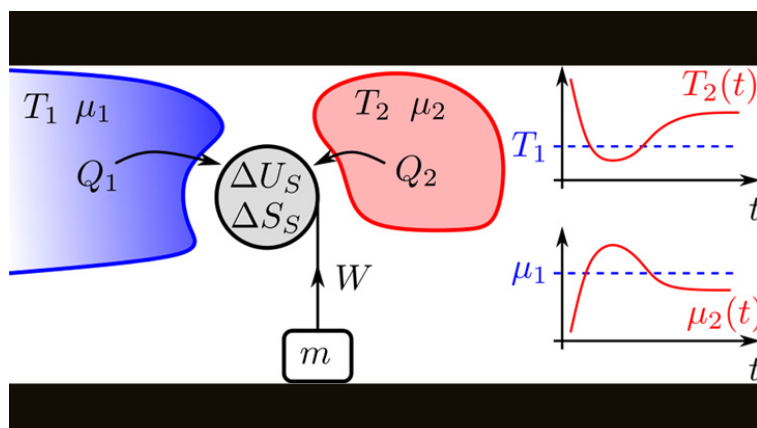


20/12/2021

## Antics conceptes de termodinàmica per comprendre l'entropia en la nanoescala



Tenim una bona intuïció qualitativa sobre el concepte d'entropia, però la seva aplicació quantitativa al món quàntic encara és un desafiament per als físics. En aquest article es descriu un marc per a l'estudi de la segona llei de la termodinàmica en nanodispositius utilitzant antigues idees que es remunten a fa més de 90 anys.

Tal com descriu el film de Woody Allen "Si la cosa funciona", l'entropia és "no poder ficar de nou la pasta de dents dins del tub". La llei sobre l'increment de l'entropia, coneguda com a la segona llei de la termodinàmica, és una de les pedres angulars de la ciència, amb implicacions que van des de la nanociència quàntica fins a la biologia o la física dels forats negres. Tot i això, mentre tenim una bona intuïció qualitativa sobre la segona llei, encara és un desafiament obtenir una comprensió quantitativa precisa més enllà dels processos d'equilibri dels sistemes macroscòpics descrits en els llibres de text.

Amb els progressos experimentats avui dia en l'àmbit de la nanociència, hem abandonat clarament el règim dels processos d'equilibri dels sistemes macroscòpics i el nostre article tutorial estableix les bases per a una comprensió quantitativa de la termodinàmica més enllà d'aquest règim. Això s'aconsegueix introduint definicions microscòpiques de les principals magnituds termodinàmiques com l'energia interna, el treball, la calor, l'entropia, la temperatura i el potencial químic, que es mantenen fins i tot fora de l'equilibri i de manera independent a la grandària del sistema. Cal destacar que les definicions no requereixen un coneixement precís del microestat del sistema, sinó que es determinen mitjançant informació més "tosca" accessible experimentalment.

En el treball es mostra com derivar la primera i la segona llei per a sistemes quàntics aïllats i oberts. És més, basant-se en una temperatura de bany dependent del temps i determinada de manera autoconsistent, la desigualtat de Clausius emergeix automàticament de la segona llei. El marc establert en el nostre article permet estudiar una diversitat d'experiments en nanociència quàntica, en particular més enllà de l'assumpció d'un bany estàtic i infinit i per a sistemes de diversos cossos sobre els quals només tenim un control i una informació limitats.

En l'aspecte tècnic, els nostres resultats se succeeixen utilitzant un concepte que anomenem "entropia observacional". Aquest concepte d'entropia quantifica la informació que un agent extern té sobre un sistema termodinàmic. El concepte ja es va utilitzar per von Neumann i Wigner fa més de 90 anys, però només recentment ha recuperat l'atenció com a una eina versàtil en la teoria d'informació quàntica, la teoria quàntica de diversos cossos i la mecànica estadística fora de l'equilibri. Així, el nostre article estableix una perspectiva general que mostra com antigues idees, dels temps de Boltzmann, poden ser emprades per estudiar de manera fructífera els dispositius quàntics en la nanoescala.

**Philipp Strasberg i Andreas Winter**

Grup d'Informació Quàntica

Departament de Física

Universitat Autònoma de Barcelona

### Referències

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](#)