

# Termodinámica cuántica en sistemas lineales

Nahuel Freitas, Juan Pablo Paz

Departamento de Física - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad  
de Buenos Aires

6 de Junio de 2015

## Contexto y motivación

La termodinámica cuántica estudia procesos termodinámicos a partir de la dinámica cuántica del sistema de interés, sin asumir ninguna de las leyes de la termodinámica.

## Contexto y motivación

La termodinámica cuántica estudia procesos termodinámicos a partir de la dinámica cuántica del sistema de interés, sin asumir ninguna de las leyes de la termodinámica.

- ▶ Emergencia de las leyes de la termodinámica a partir de una dinámica determinista.

## Contexto y motivación

La termodinámica cuántica estudia procesos termodinámicos a partir de la dinámica cuántica del sistema de interés, sin asumir ninguna de las leyes de la termodinámica.

- ▶ Emergencia de las leyes de la termodinámica a partir de una dinámica determinista.
- ▶ Sistemas alejados del límite termodinámico.

## Contexto y motivación

La termodinámica cuántica estudia procesos termodinámicos a partir de la dinámica cuántica del sistema de interés, sin asumir ninguna de las leyes de la termodinámica.

- ▶ Emergencia de las leyes de la termodinámica a partir de una dinámica determinista.
- ▶ Sistemas alejados del límite termodinámico.
- ▶ Procesos fuera del equilibrio.

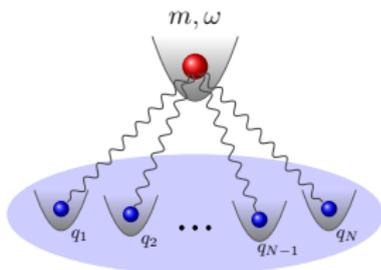
## Contexto y motivación

La termodinámica cuántica estudia procesos termodinámicos a partir de la dinámica cuántica del sistema de interés, sin asumir ninguna de las leyes de la termodinámica.

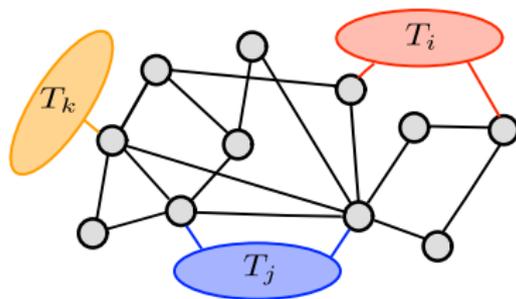
- ▶ Emergencia de las leyes de la termodinámica a partir de una dinámica determinista.
- ▶ Sistemas alejados del límite termodinámico.
- ▶ Procesos fuera del equilibrio.
- ▶ Permite relajar hipótesis comunes como el acoplamiento débil o la aproximación Markoviana.

# Modelo

Movimiento Browniano  
Cuántico (MBC):

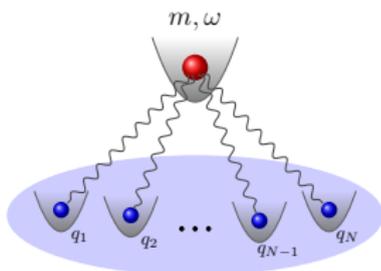


MBC Generalizado:

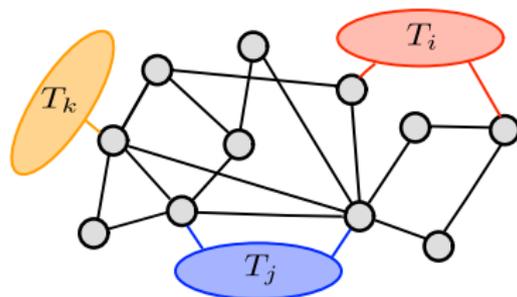


# Modelo

Movimiento Browniano  
Cuántico (MBC):



MBC Generalizado:

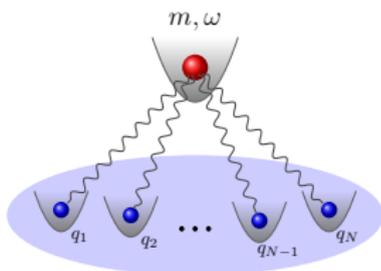


Se consideran procesos periódicos en los que la red es forzada en forma paramétrica:

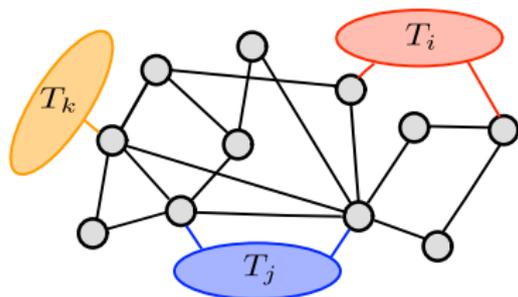
$$V(t) = V(t + 2\pi/\omega_d) = \sum_{k=-\infty}^{k=+\infty} V_k e^{i\omega_d t}$$

# Modelo

Movimiento Browniano  
Cuántico (MBC):



MBC Generalizado:



Se consideran procesos periódicos en los que la red es forzada en forma paramétrica:

$$V(t) = V(t + 2\pi/\omega_d) = \sum_{k=-\infty}^{k=+\infty} V_k e^{i\omega_d t}$$

¿Qué tipo de procesos son posibles? ¿En qué condiciones? ¿Con qué eficiencia?

## Resultados preliminares

- ▶ Es posible encontrar expresiones integrales exactas para el estado asintótico:

$$\sigma^{xx}(t) = \sigma^{xx}(t + 2\pi/\omega_d)$$

## Resultados preliminares

- ▶ Es posible encontrar expresiones integrales exactas para el estado asintótico:

$$\sigma^{xx}(t) = \sigma^{xx}(t + 2\pi/\omega_d)$$

- ▶ Se obtienen definiciones para el trabajo y las corrientes de calor que satisfacen las 3 leyes usuales de la termodinámica.

$$Q_\alpha^c = \sum_\beta \int_0^\infty Q_{\alpha,\beta}(\omega) \coth\left(\frac{\hbar\omega}{2k_b T_\beta}\right) d\omega$$

## Resultados preliminares

- ▶ Es posible encontrar expresiones integrales exactas para el estado asintótico:

$$\sigma^{xx}(t) = \sigma^{xx}(t + 2\pi/\omega_d)$$

- ▶ Se obtienen definiciones para el trabajo y las corrientes de calor que satisfacen las 3 leyes usuales de la termodinámica.

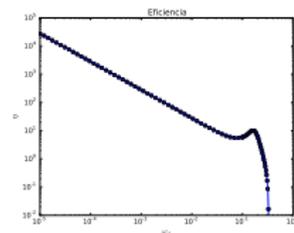
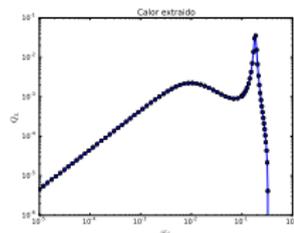
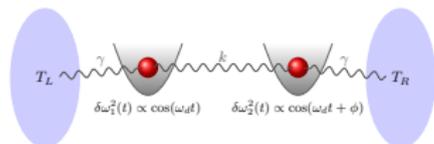
$$Q_\alpha^c = \sum_\beta \int_0^\infty Q_{\alpha,\beta}(\omega) \coth\left(\frac{\hbar\omega}{2k_b T_\beta}\right) d\omega$$

- ▶ Se identifican propiedades universales en el límite adiabático. Por ejemplo: si  $T_\alpha = T_\beta$ ,

$$Q_\alpha \propto \omega_d, \quad W \propto \omega_d^2 \quad \Rightarrow \quad \eta = \frac{Q_\alpha}{W} \propto \omega_d^{-1}$$

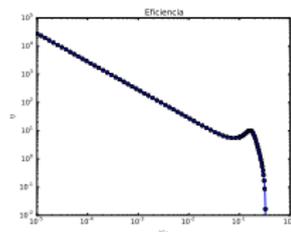
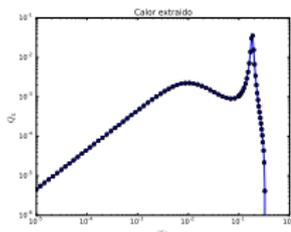
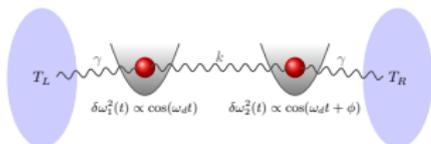
# Los modelos más sencillos

## Entornos idénticos - Cadena de dos osciladores

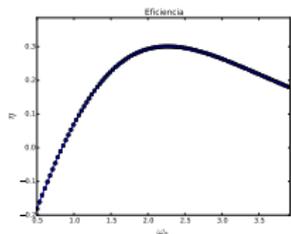
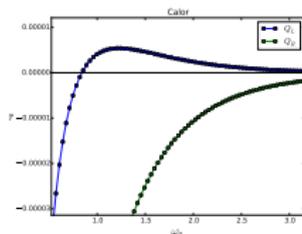
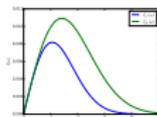
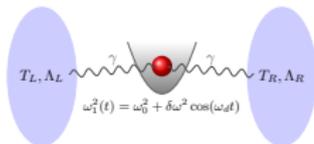


# Los modelos más sencillos

## Entornos idénticos - Cadena de dos osciladores

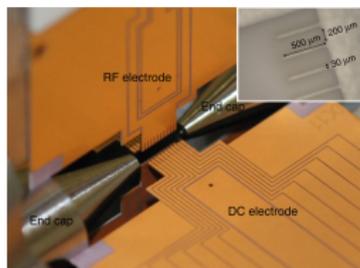
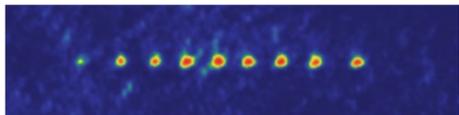


## Entornos con distinto contenido espectral - Un único oscilador



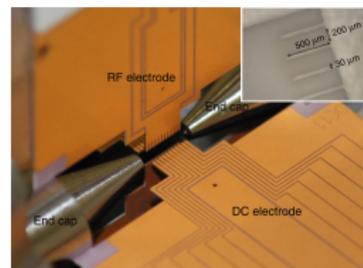
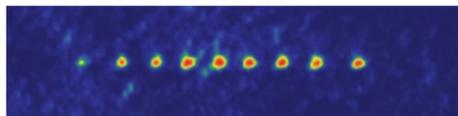
# A futuro

- ▶ Estudiar nuevos procesos de enfriamiento en cristales de iones o sistemas optomecánicos.



# A futuro

- ▶ Estudiar nuevos procesos de enfriamiento en cristales de iones o sistemas optomecánicos.



- ▶ Generación de correlaciones cuánticas robustas por medio de forzado paramétrico.

Bringing Entanglement to the High Temperature Limit

Fernando Galve, Leonardo A. Pachón, and David Zueco  
Phys. Rev. Lett. **105**, 180501 – Published 25 October 2010

Muchas Gracias!!