

Respuesta lineal adiabática y termoeléctrica generalizada para sistemas cuánticos dependientes del tiempo

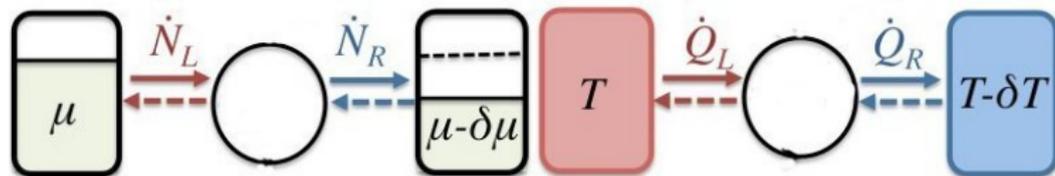
M. F. Ludovico, F. Battista, F. von Oppen, L. Arrachea
arXiv:1506.08617

Julio 06, 2015

Motivaciones

Un reto importante es la incorporación de los efectos cuánticos relacionados con el transporte coherente en nanodispositivos dependientes del tiempo en un marco teórico para efectos termoeléctricos.

Termoeléctricas en respuesta lineal¹



Respuesta lineal $\Rightarrow \delta\mu, \delta T$ pequeñas perturbaciones del estado de equilibrio.

Las relaciones de simetría de Onsager²

$$N_R = L_{11} \frac{\delta\mu}{T} + L_{12} \frac{\delta T}{T^2}$$

$$Q_R = L_{21} \frac{\delta\mu}{T} + L_{22} \frac{\delta T}{T^2}$$

$$L_{11}(-B) = L_{11}(B)$$

$$L_{12}(-B) = L_{21}(B)$$

$$L_{22}(-B) = L_{22}(B).$$

donde L_{11}, L_{22} , son conductividades eléctricas y térmicas y L_{12}, L_{21} , los coeficientes de Seebeck y de Peltier.

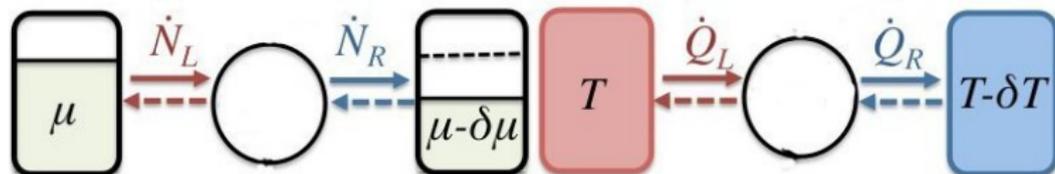
¹ H. Callen, Phys. Rev. **73**, 1349 (1948). ² L. Onsager, Phys. Rev. **38**, 2265 (1931).

Transporte coherente mesoscópico termoeléctrico

Dispositivos mesoscópicos

- constituidos por gran número de átomos : nm- μ m
- PERO gobernados por la mecánica cuántica \rightarrow cuantización de la conductancia.

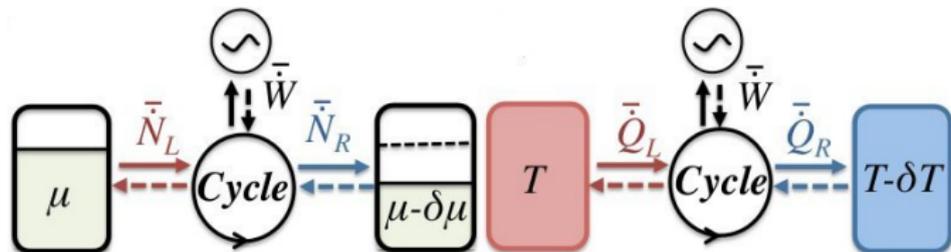
Conductores: potencial efectivo en el cual los electrones fluyen.



Debido a microreversibilidad³: $L_{ij}(-B) = L_{ji}(B)$.

³ P. N. Butcher, J. Phys.: Condens. Matter **2**, 4869 (1990); P. Jacquod, et al., Phys. Rev. B **86**, 155118 (2012).

Transporte mesoscópico adiabático



Parámetros periódicos en el tiempo:

$$\mathbf{V}(t) = \mathbf{V}(t + \mathcal{T}) \equiv (V_1(t), V_2(t), \dots)$$

Régimen adiabático : $\tau_d \ll \mathcal{T}$, $\omega = 2\pi/\mathcal{T}$ y $\tau_d \rightarrow$ (dwell time).

ω caracteriza la DC inducida por el potencial dependiente del tiempo.

Derivamos una descripción termodinámica de este tipo de sistemas.

Termoeléctricas : Generalización

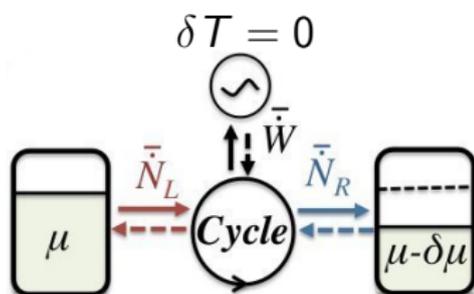
Nos concentramos en los efectos termodinámicos promediados en un período. *Tres* flujos relevantes

$$\begin{aligned}\overline{N}_R &= L_{11} \frac{\delta\mu}{T} + L_{12} \frac{\delta T}{T^2} + L_{13} \frac{\hbar\omega}{T} \\ \overline{Q}_R &= L_{21} \frac{\delta\mu}{T} + L_{22} \frac{\delta T}{T^2} + L_{23} \frac{\hbar\omega}{T} \\ \frac{\overline{W}}{\hbar\omega} &= L_{31} \frac{\delta\mu}{T} + L_{32} \frac{\delta T}{T^2} + L_{33} \frac{\hbar\omega}{T}.\end{aligned}$$

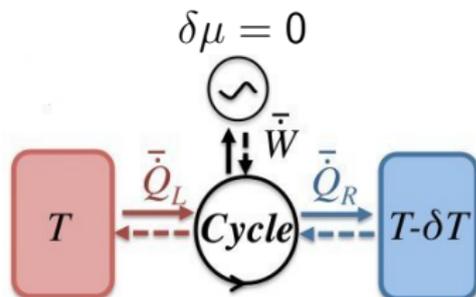
Demostramos⁴ que, debido a la microreversibilidad, en respuesta lineal en régimen adiabático, $L_{ii}(B) = L_{ii}(-B)$, $L_{12}(B) = L_{21}(-B)$
 $L_{13}(B) = -L_{31}(-B)$, $L_{23}(B) = -L_{32}(-B)$.

⁴ M. F. Ludovico, F. Battista, F. von Oppen, L. Arrachea, arXiv:1506.08617.

Aplicaciones y eficiencia



- Motor (flechas completas)
- Generator (flecha discontinua)



- Máquina térmica (flechas completas)
- Bomba de calor (flecha discontinua)

A un valor fijo de δT ($\delta\mu$) o ω : $\eta^{\max} = 1(\eta_c) \Leftrightarrow$ baja disipación $L_{33} \rightarrow 0$ y/o de baja conductancia de carga (calor) $L_{11(22)} \rightarrow 0$.

GRAZIE MILLE