
Titolo: Macchina termica di Otto quantistica non adiabatica

Relatore: Prof. Michele Campisi (michele.campisi@unifi.it)

Candidato: Marco Falsetti (marco.falsetti@stud.unifi.it)

Con il rapido sviluppo delle tecnologie quantistiche, lo studio degli scambi energetici in sistemi e dispositivi quantistici sta acquistando sempre maggiore importanza. Questo ha determinato un crescente interesse per un nuovo campo della fisica che è stato denominato “termodinamica quantistica” il cui oggetto è appunto lo studio dei processi termodinamici che avvengono in regime quantistico. Uno degli scopi è proprio quello di comprendere i meccanismi di dissipazione e di trasporto di energia in dispositivi quantistici (per esempio i computer quantistici), in modo da poterli mitigare o manipolare. In questa tesi studiamo una macchina termica, il cui “fluido di lavoro” è un singolo qubit che è sottoposto ad un ciclo di Otto A) il qubit, inizialmente preparato in equilibrio termico a temperatura T_1 , è soggetto ad una “espansione” (a cui è associata una compressione del suo spettro energetico) che avviene in una situazione di isolamento termico. B) il qubit viene lasciato termalizzare con un bagno a temperatura T_2 . C) il qubit è soggetto ad una “compressione” (a cui è associata una espansione del suo spettro energetico) che avviene in una situazione di isolamento termico. D) il qubit viene lasciato termalizzare con un bagno a temperatura T_1 , chiudendo così il ciclo. Le trasformazioni in regime di isolamento termico avvengono secondo la dinamica di Landau-Zener. Abbiamo studiato i regimi di funzionamento e la relativa efficienza termodinamica della macchina sia nel caso adiabatico (variazione lenta di un parametro esterno) in cui non ci sono transizioni tra gli stati, sia nel caso generale in cui la probabilità di transizione tra gli stati è finita.

La tesi è strutturata come segue. Nel primo capitolo enunciamo e dimostriamo il teorema adiabatico seguendo la trattazione data da B. H. Bransden [1].

Nel secondo capitolo introduciamo il modello di Landau-Zener-Sückerberg-Majorana. Seguendo la trattazione di K. Konishi e G. Paffuti[6], mostriamo come calcolare le probabilità di transizione per un processo compreso tra $t = -\infty$ e $t = +\infty$.

Nel terzo capitolo descriviamo la macchina di Otto a singolo qubit e diamo espressione analitica delle quantità termodinamiche per essa rilevanti, e cioè i calori medi scambiati con i due bagni e il lavoro medio esercitato su di essa. Daremo l’espressione generale di esse, valida nel caso in cui il parametro esterno non vari necessariamente in maniera lenta, in termini della probabilità di transizione di Landau-Zener. Nel caso di variazione lenta è facile individuare analiticamente i regimi di funzionamento della macchina (cioè per quali valori dei parametri si comporta da macchina termica, da macchina refrigerante, o da altri tipo di macchina che verranno descritti). Nel caso generale abbiamo usato dei metodi numerici per determinarli e rappresentarli graficamente. La tesi si conclude con lo studio dell’efficienza della macchina sia nel regime di macchina termica che nel regime di macchina refrigerante in funzione della probabilità di transizione di Landau-Zener.