

# Transizione di Landau-Zener in un sistema atomico a due livelli

## Relatore:

Dr. Francesco Saverio Cataliotti, [francescosaverio.cataliotti@unifi.it](mailto:francescosaverio.cataliotti@unifi.it)

## Candidato:

Tommaso Petrucciani, [tommaso.petrucciani@stud.unifi.it](mailto:tommaso.petrucciani@stud.unifi.it)

Il modello di Landau-Zener fornisce la probabilità di transizione tra due stati quantistici accoppiati da un campo esterno di ampiezza costante e con frequenza dipendente dal tempo, che passa attraverso la condizione di risonanza con la frequenza di transizione (ovvero il detuning compie una "spazzata" in frequenza attorno alla condizione di risonanza). L'incrocio tra i livelli osservato (in prima approssimazione) nella base diabatica (ovvero degli autostati dell'Hamiltoniana in assenza di interazione) diventa un passaggio proibito nella base adiabatica (degli stati "vestiti", cioè degli autostati dell'Hamiltoniana in presenza di interazione). Questo lavoro di tesi si concentra nello studio (in questo modello) di un passaggio rapido adiabatico tra i due sottolivelli Zeeman  $m_F = 0$  degli stati iperfini  $F = 2$  e  $F = 1$  dello stato fondamentale  $5^2S_{1/2}$  dell'atomo di  $^{87}\text{Rb}$  e nell'osservazione del trasferimento di popolazione tra i livelli, con un confronto con l'andamento teorico atteso. Tutte le interrogazioni svolte sul sistema sono state eseguite su un condensato di Bose-Einstein (BEC), condizione che il gas di rubidio ha raggiunto dopo un processo di raffreddamento laser, all'interno di una trappola magneto ottica (MOT), ed un processo di raffreddamento evaporativo, all'interno di una trappola magnetostatica. Gli atomi condensati occupano tutti lo stesso stato quantistico quindi il risultato della misura della percentuale di popolazione atomica che si trova in un sottostato corrisponde alla misura della probabilità per il singolo atomo di occupare quel particolare sottostato. La tesi si sviluppa in tre fasi. Per prima una introduzione teorica dei sistemi a due livelli, nella quale vengono definite le oscillazioni di Rabi, il formalismo della matrice densità, l'inseguimento adiabatico e la formula di Landau-Zener. A seguire viene data una descrizione della preparazione del sistema atomico interrogato e del lavoro svolto su di esso. Infine vengono esposti i dati raccolti nelle diverse fasi di lavoro: ricerca della condizione di risonanza iniziale col sistema, estrazione delle frequenze di Rabi e dei tassi di smorzamento osservati. A seguito dell'osservazione dell'efficienza di trasferimento di popolazione tra gli stati in funzione delle diverse ampiezze della spazzata in frequenza del detuning (per una lunghezza dell'impulso di accoppiamento di  $50\mu\text{s}$ ) sono state selezionate due ampiezze, a  $0.05\text{MHz}$  e  $0.7\text{MHz}$  con le quali siamo andati a eseguire i trasferimenti e ad osservare l'andamento in funzione del tempo della variazione di popolazione. Si è riscontrato che solo i dati raccolti dal trasferimento eseguito con la spazzata di ampiezza  $0.7\text{MHz}$  hanno un andamento che segue l'andamento teorico atteso per il passaggio adiabatico rapido, mentre quelli della spazzata di  $0.05\text{MHz}$  mostrano una "saturazione" della popolazione attorno ad una efficienza di trasferimento del 50%.