

Quantum state reconstruction on an Atom-Chip

Candidato: Barbara Cilenti

barbara.cilenti@stud.unifi.it

Relatore: Prof. Francesco Saverio Cataliotti

fsc@lens.unifi.it

Conoscere lo stato quantistico di un sistema significa avere la possibilità di prevedere, prima di effettuare una misura, quali saranno i possibili risultati e con quale probabilità ciascuno di essi si presenterà.

In generale, l'identificazione di uno stato quantistico non è banale e richiede l'osservazione del sistema sotto differenti "punti di vista": ciò si traduce nella richiesta di elaborare un set di misure che risultino sufficienti per la ricostruzione a posteriori dello stato, quindi specifiche del sistema in esame. Inoltre, a causa del fatto che, in meccanica quantistica, fare una misura su un sistema equivale a perturbarne lo stato, è anche necessario disporre di più copie identiche del sistema da esaminare. Questi sono gli elementi alla base della *Tomografia quantistica*.

Lo scopo della mia tesi era quello di dimostrare sperimentalmente una procedura tomografica per la ricostruzione dello stato interno di un atomo di ^{87}Rb nello stato iperfine con momento angolare $F = 2$.

La procedura sperimentale per la ricostruzione è la seguente: si impone un campo magnetico omogeneo allo scopo di rimuovere la degenerazione dei sottolivelli Zeeman dello stato, successivamente si forzano gli atomi ad evolvere nel tempo sotto l'effetto di una Hamiltoniana nota, le cui caratteristiche sono state fissate sperimentalmente, e infine si misura, tramite un'analisi alla "Stern-Gerlach", la distribuzione della popolazione atomica tra i sottolivelli dopo un tempo di evoluzione variabile.

L'elaborazione dei dati raccolti sfrutta l'ipotesi di completa conoscenza della Hamiltoniana di evoluzione: si sceglie uno stato iniziale, se ne simula l'evoluzione temporale causata da tale Hamiltoniana e si associa a ciascuno stato una funzione di errore che misuri la distanza cumulativa tra l'evoluzione simulata e i dati sperimentali. Lo stato iniziale che meglio riproduce i risultati delle misure viene scelto come lo stato ricostruito.

La procedura è stata applicata a sovrapposizioni coerenti dei sottolivelli Zeeman prodotte partendo da un BEC prodotto nello stato $|F = 2, M_F = +2\rangle$ e successivamente manipolato per mezzo di un impulso di radiofrequenza modulato nel tempo secondo un algoritmo di "Optimal Control" già in uso in laboratorio. In parallelo alla ricostruzione tomografica, per ogni stato è stata elaborata una stima indipendente dello stato da ricostruire in modo da poter valutare l'accuratezza delle ricostruzioni calcolandone la *Fidelity* di Uhlman.

In aggiunta alla ricostruzione degli stati, la procedura ha anche permesso di ottenere informazioni sul rumore indotto nell'evoluzione del sistema dall'accoppiamento con l'ambiente esterno, e di come esso vari nel tempo.

La procedura tomografica implementata permetterà nel futuro di verificare accuratamente l'efficienza di ogni protocollo di manipolazione coerente sperimentato sugli atomi dando così la possibilità di elaborare procedure per la manipolazione e la protezione della dinamica quantistica.