

TITOLO: Controllo di fermioni ultrafreddi con una transizione ottica di orologio:
 accoppiamento spin-orbita e dimensioni sintetiche

RELATORE: Prof. Leonardo Fallani

CANDIDATO: Lorenzo Franchi

Questo lavoro di tesi, svolto presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università degli studi di Firenze nell'ambito dell'esperimento dedicato allo studio di gas ultrafreddi di Itterbio, ha permesso di verificare l'efficacia di un nuovo metodo di simulazione quantistica per mezzo dell'uso della transizione di orologio fra lo stato fondamentale $|^1S_0\rangle$ e lo stato metastabile $|^3P_0\rangle$.

Nella prima parte del lavoro sono state effettuate misure che hanno portato alla determinazione spettroscopica dell'accoppiamento spin-orbita, effetto che lega l'impulso di un atomo al suo stato interno. Queste misure, svolte per mezzo della transizione di orologio precedentemente introdotta, hanno permesso di determinare la transizione fra regime di Lamb-Dicke, in cui il moto atomico è soppresso dall'elevata profondità reticolare, e il regime di interazione spin-orbita preponderante, permettendo di verificare le recenti previsioni teoriche a riguardo.

Questo metodo sperimentale ha anche consentito di realizzare la prima implementazione del concetto di "dimensione sintetica" attraverso la manipolazione dello stato elettronico e di simulare la fisica di un sistema cristallino bidimensionale in cui si introduce un campo magnetico sintetico molto intenso. Questa nuova tecnica, basata su transizioni a singolo fotone, ha permesso di studiare proprietà fondamentali del sistema simulato, quale l'inversione del segno della corrente chirale associata agli stati di bordo.

La possibilità di effettuare la transizione ad un fotone fra due livelli ultrastabili $|^1S_0\rangle \rightarrow |^3P_0\rangle$ è stata resa possibile dall'uso di un laser di orologio stabilizzato per mezzo del collegamento con una fibra ottica di 642 km proveniente dall'INRiM di Torino.

Nell'ultima parte di questo lavoro ci si è occupati della costruzione di un primo prototipo di laser a diodo che permetta di effettuare il pompaggio ottico della transizione $|^3P_0\rangle \rightarrow |^3S_1\rangle$, allo scopo di effettuare un *imaging* degli atomi nello stato $|^3P_0\rangle$.

Dato che i primi tentativi di stabilizzazione in frequenza effettuati sulla sorgente a 649 nm, necessaria ad eccitare la transizione $|^3P_0\rangle \rightarrow |^3S_1\rangle$, non hanno momentaneamente portato a risultati convincenti, si è infine pensato ad una possibile alternativa. Per questo motivo si è simulato l'effetto di una sorgente che permetta di eccitare la transizione $|^3P_0\rangle \rightarrow |^3D_1\rangle$ a 1389 nm. La realizzazione di questa sorgente di radiazione infrarossa verrà implementata nel sistema sperimentale in futuro e permetterà di rilevare la popolazione dello stato metastabile.