

## **Dinamica coerente di gas fermionici superfluidi di Li-6 in un potenziale a doppia buca attraverso il crossover BEC-BCS**

Questo lavoro di tesi ha come oggetto il primo studio sperimentale dell'evoluzione coerente di un superfluido composto da coppie di atomi fermionici di Litio ( ${}^6\text{Li}$ ) in un potenziale di trappola a doppia buca. L'elevato grado di controllo dell'interazione, ottenibile per questa specie atomica per mezzo del fenomeno della risonanza di Feshbach, mi ha permesso di effettuare una indagine sistematica della dinamica del superfluido in presenza di una sottile barriera di potenziale, attraverso il cosiddetto BEC-BCS crossover.

La barriera di potenziale è stata implementata nell'esperimento attraverso l'imprinting sugli atomi di uno speciale fascio laser. La radiazione laser, di lunghezza d'onda minore rispetto a quella associata alla transizione ottica principale del Litio, agisce come un potenziale repulsivo sul gas superfluido. Il profilo di intensità di tale fascio, è stato opportunamente modificato realizzando un fascio fortemente asimmetrico nelle due direzioni trasverse rispetto alla sua direzione di propagazione. Conseguentemente, in corrispondenza della nuvola atomica superfluida, il fascio laser agisce come una sottile lama di luce, il cui spessore risulta comparabile con la distanza inter-particella caratteristica del sistema.

Il mio lavoro di tesi è incentrato sui due seguenti argomenti principali:

- **Implementazione e caratterizzazione di una barriera ottica sottile su un esperimento di gas fermionici ultrafreddi.**

Oltre alla costruzione del setup ottico necessario per la creazione e stabilizzazione della lama di luce, ho partecipato alla messa a fuoco della barriera sul campione superfluido. Successivamente, ho condotto una serie di caratterizzazioni delle proprietà della barriera, dalle quali ho potuto determinare le sue dimensioni in corrispondenza della nuvola atomica.

- **Studio della dinamica di un superfluido fermionico attraverso il BEC-BCS crossover, in presenza di una barriera ottica sottile.**

Tramite l'ideazione di tre diversi protocolli sperimentali ho condotto una serie di studi della dinamica del gas superfluido, in funzione della interazione inter-particella e della altezza della barriera. In particolare, ho caratterizzato la dinamica attraverso il monitoraggio, in funzione del tempo di evoluzione del sistema, di tre osservabili distinti: lo sbilanciamento del numero relativo di coppie superfluide nelle due regioni di spazio delimitate dalla barriera; la fase relativa delle due porzioni superfluide delimitate dalla barriera, attraverso lo studio della figura di interferenza dell'onda di materia; il numero di vortici presenti all'interno della nuvola superfluida.

Lo studio sistematico dei tre osservabili sopra elencati, mi ha permesso di individuare, all'interno del piano definito dall'interazione inter-particella e dall'altezza della barriera, due fasi dinamiche distinte. Nel regime di piccole oscillazioni, l'evoluzione del superfluido è caratterizzato da oscillazioni Josephson. Nel regime di alte barriere e di oscillazioni di grande ampiezza, il flusso coerente del superfluido è inibito dalla formazione e propagazione di difetti topologici nel sistema, sotto forma di vortici, originati dal fenomeno del "phase slippage".

La tesi è organizzata nel seguente modo. Nel Capitolo 1 presento una sintetica introduzione alla fisica delle collisioni ultrafredde, nonché un modello semplice con cui comprendere il BEC-BCS crossover nei superfluidi fermionici. Nel Capitolo 2 discuto alcuni risultati teorici concernenti la dinamica di un gas superfluido in un potenziale a doppia buca. Nel Capitolo 3 descrivo l'apparato sperimentale, con particolare attenzione alle parti da me implementate in laboratorio. Infine nel Capitolo 4 descrivo i vari esperimenti svolti ed analizzo le misure ottenute.

*Candidata:* Elettra Neri (Matr. 5497931) (neri@lens.unifi.it)

*Relatore:* Dott. Matteo Zaccanti (zaccanti@lens.unifi.it)

*Correlatore:* Prof. Massimo Inguscio (inguscio@lens.unifi.it)