

Riassunto tesi

Candidata: Louise Wolswijk louise.wolswijk@stud.unifi.it

Titolo Tesi: “Osservazione sperimentale di gocce quantistiche di atomi ultrafreddi di potassio nello spazio libero”

Relatore: Marco Fattori marco.fattori@unifi.it

In natura la formazione di sistemi auto-confinati (self-bound) avviene nei più svariati contesti. Alcuni esempi sono le stelle, oppure, in un contesto più vicino a noi, le gocce d’acqua. L’elemento che accomuna tutti i sistemi *self-bound* è la presenza di due forze, di segno opposto, che si bilanciano perfettamente. L’oggetto di questo lavoro di tesi è lo studio di una nuova classe di oggetti self-bound, scoperti solo recentemente nel contesto degli atomi ultrafreddi. Si tratta di una miscela di atomi bosonici che, nonostante il regime estremamente diluito tipico dei gas quantistici, in un particolare regime di interazioni può formare gocce simili alle gocce classiche. L’esistenza di questa esotica fase quantistica, predetta teoricamente nel 2015, è basata sulla competizione di due termini di energia: il primo dato dall’energia di interazione attrattiva del campo medio e il secondo legato alle fluttuazioni quantistiche del condensato, che forniscono un termine repulsivo.

In questo lavoro di tesi è stata osservata sperimentalmente la formazione di queste gocce quantistiche (*quantum droplets*) in una miscela di atomi di potassio, nel regime di interazioni predetto dalla teoria.

Abbiamo dimostrato la natura self-bound delle droplet, mostrando come rimangono auto-confinite quando rilasciate nello spazio libero, a differenza dei tipici gas quantistici che si espandono in assenza di confinamenti esterni. Abbiamo caratterizzato le proprietà delle droplet, misurandone le dimensioni e il numero di atomi e confrontando i risultati sperimentali con le previsioni della teoria.

Per poter osservare le droplet, caratterizzate da un’alta densità rispetto alle densità tipiche dei gas quantistici, è stato necessario sviluppare una tecnica di *imaging* opportuna, adattando la tecnica di imaging in assorbimento al nostro caso specifico. A causa delle piccole dimensioni delle droplet e della loro alta densità, entrano infatti in gioco effetti solitamente trascurabili nell’imaging di atomi ultrafreddi. Abbiamo quindi individuato le possibili sorgenti di errori sistematici nella rivelazione dei profili di densità delle droplet e abbiamo studiato le relative soluzioni.

Uno sviluppo ulteriore della tecnica di imaging consiste nella realizzazione di un imaging non distruttivo a campo magnetico non nullo. Parte del mio lavoro di tesi è stato dedicato allo studio della realizzabilità di questo tipo di imaging nelle condizioni specifiche del nostro esperimento e alla definizione del protocollo da implementare nel sistema sperimentale.

Questo lavoro apre le porte allo studio di interessanti proprietà delle droplet, ad esempio del loro peculiare spettro di eccitazione e della loro dinamica. La tecnica di imaging che ho studiato, da quello che sappiamo, non risulta essere stata applicata prima in configurazioni sperimentali quali la nostra e potrà fornire notevoli vantaggi per gli esperimenti futuri, grazie alle sue caratteristiche di essere non-distruttiva e di semplice implementazione sperimentale.