

Dinamica coerente di un condensato di Bose-Einstein in un potenziale a doppia buca

Candidata: Eleonora Lippi

Relatore: Dott. Marco Fattori (fattori@lens.unifi.it)

Correlatore: Prof. Giovanni Modugno (modugno@lens.unifi.it)

Questo lavoro di tesi ha come oggetto lo studio sperimentale dell'evoluzione coerente di un condensato di Bose Einstein in un potenziale di trappola a doppia buca. La disponibilità di un oggetto quantistico macroscopico ci ha permesso di misurare con precisione l'evoluzione temporale degli stati quantistici del sistema, e di confrontarli con un modello teorico. Questo studio costituisce la fase preliminare di caratterizzazione di un innovativo interferometro Mach-Zehnder con atomi intrappolati per la misura di forze con elevata sensibilità e risoluzione spaziale.

Utilizzando isotopi di K-39 abbiamo potuto cancellare quasi completamente l'interazione tra gli atomi sfruttando una risonanza magnetica di Feshbach. In questo modo siamo stati in grado di limitare l'evoluzione ai soli due livelli energeticamente più bassi.

In un primo esperimento abbiamo creato una sovrapposizione coerente di un condensato nelle due buche di potenziale e abbiamo studiato l'evoluzione della differenza di fase causata da una differenza di energia tra i due modi spaziali. In un secondo esperimento abbiamo invece osservato l'oscillazione coerente degli atomi tra le due buche. Confrontando i dati sperimentali con un modello teorico di singola particella, abbiamo potuto determinare i parametri fondamentali dell'Hamiltoniana che descrive il sistema, ossia l'energia di tunneling e la differenza di profondità dei minimi di potenziale.

L'accurata caratterizzazione del sistema costituisce la base di partenza per studi futuri con condensati interagenti per simulare giunzioni Josephson superconduttive e per produrre stati entanglati capaci di offrire risoluzione sub shot noise nella stima della fase interferometrica.

La tesi è organizzata nel seguente modo. Nel Capitolo 1 presento il modello teorico per la descrizione di un onda di materia confinata in un potenziale di doppia buca limitandomi ai due stati ad energia minore. L'analisi comprende sia il caso di potenziale simmetrico che asimmetrico. Nel Capitolo 2 introduco il potenziale di doppia buca che impieghiamo sperimentalmente e descrivo l'analisi numerica unidimensionale necessaria al calcolo esatto di energie e funzioni d'onda in trappola. Nel terzo capitolo descrivo brevemente l'apparato sperimentale con particolare attenzione al condensato di K39 con interazione accordabile, al sistema ottico per creare il potenziale di trappola e alla tecnica di rivelazione in assorbimento dei campioni atomici ultrfreddi. Infine nel Capitolo 4 descrivo i due esperimenti svolti e analizzo le misure ottenute.