



Tesi di Laurea Magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche
**Dimostrazione della superfluidità di un supersolido dipolare
tramite effetti di rotazione non classica**

Candidato: Giulio Biagioni (giulio.biagioni@stud.unifi.it)

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

Discussa il 21/04/2020 con la votazione di 110/110 e Lode.

Abstract

Dopo 50 anni dalle prime speculazioni teoriche, la fase supersolida della materia è stata osservata nel 2019 in un gas quantistico dipolare. Il supersolido è uno stato quantistico paradossale, in cui gli stessi atomi che formano una struttura cristallina sono delocalizzati su tutto il sistema e sono responsabili di un trasporto coerente di materia, tipico dei superfluidi. Il risultato principale che ho raggiunto nel corso della tesi è la prima prova sperimentale diretta della natura superfluida del supersolido dipolare recentemente scoperto. Ho ottenuto questo risultato tramite lo studio del comportamento anomalo del supersolido sotto rotazione, che possiede un momento di inerzia ridotto rispetto al valore classico, come accade per i superfluidi standard. Nel contesto della supersolidità, la riduzione del momento di inerzia è anche chiamata "non-classical rotational inertia" (NCRI). Per studiare le proprietà rotazionali del supersolido dipolare, ho utilizzato il modo di "scissors", un modo di eccitazione di un sistema confinato in una trappola che, nel limite di piccoli angoli, corrisponde ad una oscillazione della nuvola atomica attorno ad uno dei suoi assi. Dalla frequenza dell'oscillazione ho ricavato il momento di inerzia del supersolido, in analogia con esperimenti con pendoli di torsione realizzati nel passato per cercare di osservare effetti di NCRI nell'elio solido. Ho misurato una frequenza di oscillazione che cambia chiaramente attraversando la transizione dal condensato di Bose-Einstein (BEC) alla fase supersolida. Il momento di inerzia del supersolido risulta maggiore di quello della BEC, che è un sistema completamente superfluido, ma rimane ben al di sotto del valore classico, dimostrando così le proprietà superfluide del supersolido dipolare. Seguendo un lavoro storico di A.J. Leggett, ho estratto dai dati sperimentali una stima della frazione superfluida, che quantifica la frazione del sistema che si disaccoppia dalla rotazione, trovando un valore consistente con il 100 %. I risultati descritti nella mia tesi sono oggetto di un articolo scientifico accettato per la pubblicazione sul giornale Science.

Durante il mio lavoro di tesi, ho anche iniziato altri due progetti che sto continuando a sviluppare al momento. Primo, ho costruito e caratterizzato un reticolo ottico per realizzare due tipi di esperimenti sul supersolido dipolare: l'esplorazione di stati supersolidi metastabili con un passo reticolare variabile e l'osservazione

dell'effetto Josephson tra due siti reticolari adiacenti del supersolido. Secondo, ho sviluppato un semplice modello teorico per spiegare la transizione BEC-supersolido nei sistemi dipolari partendo da un'analogia con ben noti modelli con interazioni soft-core. Quest'ultimo lavoro, una volta ultimato, potrà contribuire alla comprensione e alla realizzazione di supersolidi in due dimensioni.