

Titolo: Development of an experimental apparatus for the realization of dipolar quantum gases of Dysprosium atoms

Titolo italiano: Sviluppo di un apparato sperimentale per la realizzazione di un gas quantistico dipolare di atomi di Disprosio

Candidato: Leonardo Del Bino

Relatore: Eleonora Lucioni

Correlatore: Giovanni Modugno

Negli ultimi decenni gli esperimenti con gas ultrafreddi hanno permesso di creare dei simulatori quantistici di una grande varietà di fenomeni che non possono essere studiati nella materia condensata, a causa dello scarso controllo sui parametri di interesse, e non possono essere simulati numericamente a causa della complessità tipica dei problemi a molti corpi. Tipicamente in esperimenti di gas quantistici gli atomi interagiscono per interazioni di contatto di tipo van der Waals, mentre nei solidi le interazioni dominanti sono a lungo raggio come ad esempio l'interazione Coulombiana o dipolare.

Lo studio dei gas dipolari ultrafreddi rappresenta un'evoluzione di questa tipologia di esperimenti che permetterà di studiare interazioni a lungo raggio e anisotrope presenti in natura nella materia condensata ma finora precluse a questo tipo di esperimenti. La presenza di questa ulteriore interazione dovrebbe dare origine ad una nuova varietà di fenomeni attualmente teorizzati ma mai osservati nella materia condensata.

In questa tesi viene descritta la nascita di un esperimento per la realizzazione e lo studio di un condensato di atomi di disprosio. Nella prima parte viene contestualizzata la scelta di questo atomo, quello con il momento magnetico nello stato fondamentale più alto della tavola periodica, per la realizzazione e ne vengono descritte le caratteristiche salienti. Nella seconda parte vengono trattati da un punto di vista teorico i fenomeni fisici che permettono di arrivare ad avere un gas ultrafreddo intrappolato in una trappola ottica a partire da un campione di materiale allo stato solido. In particolare viene trattata l'interazione radiazione-materia e la sua applicazione alla manipolazione e al raffreddamento di gas atomici. Una sezione è dedicata all'ottica non lineare per quanto riguarda la generazione di seconda armonica in cristalli non lineari. Infine vengono descritti due metodi di stabilizzazione in frequenza utilizzati nell'esperimento

Nella parte sperimentale della tesi viene descritta la progettazione, realizzazione e caratterizzazione delle sorgenti laser implementando una cavità di generazione di seconda armonica (SHG) e la relativa elettronica di controllo e stabilizzazione per la realizzazione di una sorgente di luce a 421 nm ad alta potenza. Questa luce viene poi agganciata alla transizione atomica con il metodo Pound Drever Hall e iniettata in fibra per raggiungere varie parti dell'apparato da vuoto dopo essere stata opportunamente spostata in frequenza.

Infine viene descritta la progettazione realizzazione e test dell'apparato da vuoto. Un fascio atomico di disprosio viene prodotto da una cella effusiva di cui si è curato attentamente il design per ottenere un fascio il più collimato possibile. In seguito si descrive la progettazione di un raffreddamento trasverso per migliorare la collimazione del fascio in uscita dal forno, per finire con la realizzazione di uno Zeeman slower per rallentare il fascio atomico fino a velocità sufficientemente basse per la cattura in una trappola magneto ottica (MOT).

In conclusione si mostrano i risultati dei primi test sul funzionamento dello Zeeman slower e i progetti per la trappola magneto ottica e le trappole di dipolo che verranno successivamente aggiunte all'esperimento.