

Candidato: Andrea Civilini (andrea.civilini@stud.unifi.it)

Relatore: Francesco Saverio Cataliotti (fsc@lens.unifi.it)

TRANSIZIONI A MICROONDA FRA LIVELLI IPERFINI

La manipolazione coerente di sistemi quantistici a due livelli si presta a numerose applicazioni: dall'indagine di aspetti fondamentali della fisica quantistica agli orologi atomici, dai magnetometri all'informatica quantistica.

I vantaggi nell'utilizzare atomi neutri come modelli di un sistema quantistico a due livelli è la loro debole interazione con l'ambiente e la ricca varietà di mezzi che possono essere utilizzati per la manipolazione dei gradi di libertà interni ed esterni.

Nel laboratorio dove è stata svolta questa tesi sono in corso esperimenti volti alla manipolazione coerente di stati interni di atomi ultrafreddi di ^{87}Rb . In questi atomi l'interazione iperfine tra lo spin degli elettroni e lo spin nucleare separa lo stato ground in due livelli che differiscono in energia, a meno di una costante di Planck a moltiplicare, di circa 6.84 GHz. Questo sistema può essere trattato come un sistema a due livelli, infatti la differenza di energia tra questi stati e il primo livello eccitato è di qualche centinaia di THz.

Lo scopo principale di questa tesi è stata l'osservazione sperimentale delle transizioni di dipolo magnetico fra gli stati iperfini del livello fondamentale dell'atomo di ^{87}Rb . su cui un debole campo magnetico esterno rimuove la degenerazione sulla proiezione dello spin m_F per effetto Zeeman.

Tali transizioni sono state indotte con radiazione a microonda prodotta da un'antenna commerciale posta appena al di fuori del sistema da vuoto contenente il campione atomico.

Abbiamo studiato le oscillazioni Rabi per la distribuzione della popolazione atomica tra i due livelli $|F'm_{F'}\rangle$ e $|F''m_{F''}\rangle$ in funzione della durata di un impulso microonde, opportunamente sincronizzato in frequenza per guidare questa transizione.

La peculiarità dell'apparato sperimentale è l'uso di un Atom-chip, ovvero un sistema integrato di sorgenti di campo elettromagnetico in grado di intrappolare e manipolare gli atomi da temperature dell'ordine delle centinaia di microKelvin fino alla degenerazione quantistica.

La misura svolta per questo lavoro di tesi riveste un particolare interesse per il lavoro sperimentale in corso nel Laboratorio, infatti, mentre le sorgenti integrate nell'Atom-chip consentono di controllare le possibili orientazioni dello spin atomico all'interno di un particolare livello iperfine, queste sorgenti non sono in grado di indurre transizioni fra stati iperfini. L'utilizzo di queste transizioni è invece molto importante per il controllo della dinamica quantistica.

Con il lavoro illustrato in questa tesi è stato possibile dimostrare che, con un'antenna commerciale ed il sistema di generatori a microonda attualmente disponibili in laboratorio si possono indurre transizioni fra i livelli iperfini con frequenze accoppiamento intorno ai 25 kHz. Poiché per la realizzazione degli schemi di manipolazione appena menzionati sono necessarie frequenze superiori ai 200 kHz sarà necessario inviare sugli atomi una potenza 100 volte superiore a quella utilizzata. Infatti la frequenza di accoppiamento scala linearmente con l'ampiezza del campo applicato e quindi come la radice quadrata della potenza. Per questo si dovranno utilizzare: una nuova antenna con un guadagno di 40 dBi, ed un amplificatore con una potenza di 10 W (contro 1W attualmente disponibile).

Il lavoro di tesi svolto ha dunque permesso il corretto dimensionamento degli elementi della nuova sorgente a microonde.