

Realizzazione di un gradiometro atomico con diffrazione di Bragg ad alto trasferimento d'impulso

Relatore: Guglielmo M. Tino, guglielmo.tino@unifi.it

Candidato: Giulio D'Amico, giuliolupo12007@gmail.com

Il lavoro di tesi realizzato è incentrato sullo studio di un gradiometro atomico, in cui la manipolazione degli atomi durante la sequenza interferometrica, avviene grazie a processi di diffrazione atomica di Bragg. In particolare l'apparato in questione è l'apparato MAGIA dell'Università e INFN di Firenze.

Poiché è la prima volta che la diffrazione atomica di Bragg viene utilizzata in questo apparato, è importante studiarne il comportamento in modo da determinare le migliori condizioni sperimentali per misure future. Dopo aver identificato gli ordini di diffrazione raggiungibili abbiamo modificato vari parametri sperimentali in modo da ottenere il maggior contrasto interferometrico possibile nelle nostre attuali condizioni sperimentali. In particolare abbiamo agito sul tempo di evoluzione libera tra impulsi interferometrici, sulla selettività del processo di selezione in velocità verticale applicato ai campioni atomici e sulla durata degli impulsi interferometrici stessi. Dopo questa caratterizzazione sistematica abbiamo potuto eseguire una misura gradiometrica da cui è stato possibile ricavare un risultato che ha confermato l'attuale operatività dell'apparato con processi di diffrazione di Bragg al terzo ordine.

Le condizioni sperimentali attuali limitano la massima efficienza dell'apparato per due ragioni principali: la potenza laser disponibile attualmente (limitata a 400 mW per fascio di Bragg) e le dimensioni delle nuvole atomiche interrogate. Il primo problema può essere risolto con lo sviluppo di un nuovo sistema laser indipendente, dedicato a stimolare le transizioni di Bragg. Il secondo problema è sicuramente più difficile da trattare. Una possibile soluzione consiste nello sviluppo di un ulteriore stadio di raffreddamento del campione atomico, basato sulla tecnica del Raman sideband cooling bidimensionale. Questo schema di raffreddamento necessita di nuove sorgenti laser, la cui realizzazione ha interessato particolarmente questo lavoro di tesi.

In particolare abbiamo realizzato tre nuove sorgenti laser, di cui una attivamente stabilizzata sulla linea D1 del ^{87}Rb grazie alla tecnica spettroscopica MTS (Modulation Transfer Spectroscopy). Questa sorgente costituisce quindi un nuovo oscillatore di riferimento per l'apparato insieme a quello già pre-esistente e stabilizzato sulla linea D2 del ^{87}Rb . Queste tre nuove sorgenti possono essere utilizzate per pompare otticamente atomi di ^{87}Rb nello stato fondamentale con $|F = 2, m_F = 0\rangle$ e limitare le perdite atomiche dovute al processo di selezione in velocità.

Infine, per verificare le potenzialità del nuovo gradiometro di Bragg abbiamo realizzato delle prime misure in cui si sono acquisiti segnali gradiometrici ricavati da interferometri in differenti stati atomici interni. Le misure sono volte ad una verifica del principio di equivalenza debole. Abbiamo illustrato i due approcci sperimentali adottati e presentato i risultati ottenuti in entrambi i casi. Mentre con il primo approccio seguito ricaviamo dei risultati totalmente in accordo con il principio di equivalenza debole ed eseguiamo un test del principio ad un livello di 10^{-9} , con il secondo metodo applicato non possiamo ancora dare un risultato conclusivo a causa della complicata analisi dati necessaria e della possibile influenza nelle misure di effetti sistematici ancora non caratterizzati. Nonostante questo siamo confidenti che il metodo sperimentale applicato sia valido ed in grado di rigettare numerosi contributi di rumore sistematico. Inoltre questo primo set di misure costituisce un esempio interessante delle effettive potenzialità dell'apparato.