

Scuola di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali
Corso di Laurea Magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche

Studio e caratterizzazione di un gravimetro compatto ad interferometria atomica

Candidato: Jacopo Grotti

Relatore: Fiodor Sorrentino

Correlatore: Guglielmo Maria Tino

Il lavoro svolto in questa tesi di laurea ha riguardato lo studio e la messa a punto di uno strumento per la misura assoluta dell'accelerazione di gravità terrestre tramite interferometria atomica. In particolare il gravimetro oggetto di questa tesi è stato pensato come una versione compatta e trasportabile di un interferometro atomico a impulsi Raman, in modo da poterlo utilizzare per misure dell'accelerazione di gravità (g) su campo. Una misura molto accurata di g infatti fornisce importanti indicazioni a livello geologico della zona in cui si sta effettuando la misura, e può essere utile per compiere studi a carattere geofisico. Le prestazioni che si possono raggiungere con questo tipo di strumenti sono confrontabili, se non migliori, di quelli degli strumenti classici (misure di g con risoluzione di $2 \cdot 10^{-9} m/s^2 (\sqrt{Hz})^{-1}$). Lo sviluppo di interferometri compatti apre alla possibilità del loro utilizzo in ambiente spaziale, in condizioni di microgravità dove il tempo di misura può aumentare di alcuni ordini di grandezza, e così anche la sensibilità che ne dipende quadraticamente.

Lo schema interferometrico adottato impiega transizioni Raman tra due livelli iperfini dello stato fondamentale di un atomo alcalino (in questo caso di ^{87}Rb), per trasferire impulso agli atomi in modo da separare e ricombinare il pacchetto d'onda atomico. Due fasci laser contropropaganti, con vettori d'onda \vec{k}_1 e \vec{k}_2 e la cui differenza in frequenza è risonante con la separazione iperfine dell'atomo, inducono una transizione a due fotoni. Agli atomi lasciati in caduta libera viene applicata una serie di impulsi Raman che inducono transizioni di tipo $\pi - \pi/2 - \pi$ intervallate da un tempo T che separano, riflettono e ricombinano le loro funzioni d'onda. Nel processo di ricombinazione le due parti della funzione d'onda si trovano sfasate di una quantità: $\Delta\Phi = [(\vec{k}_1 - \vec{k}_2) \cdot \vec{g}]T^2$, da cui si può ricavare il valore di g .

Per fare questo è necessario per prima cosa raccogliere gli atomi in una trappola magneto ottica e raffreddarli fino a temperature dell'ordine del μK , in modo tale che la maggior parte di essi possa contribuire al segnale interferometrico.

In questo lavoro di tesi ho caratterizzato il sistema laser e il banco ottico dello strumento, cercando le condizioni di lavoro migliori e maggiormente stabili. Ho ottimizzato il numero di atomi intrappolati e il tempo necessario a caricarli nella trappola, nonché la temperatura che si raggiunge nella fase di melassa atomica, agendo sia sulla parte ottica che sulla parte relativa al sistema elettronico di controllo dell'esperimento. Ho inoltre studiato e caratterizzato la generazione dei fasci Raman, analizzando il loro rumore di fase (rumore che si trasferisce sulla misura di g).