

Ottimizzazione di una trappola magneto-ottica per un interferometro atomico spaziale

Candidato: Ilaria Vagniluca

Relatore: Prof. Guglielmo M. Tino (guglielmo.tino@fi.infn.it)

Il lavoro svolto in questa tesi si inserisce nella procedura di ottimizzazione dell'apparato sperimentale dedicato a SAI (Space Atom Interferometer), un progetto dell'Agenzia Spaziale Europea con l'obiettivo di estendere alle missioni spaziali l'utilizzo dell'interferometria atomica alla base di sensori ultra-precisi di accelerazioni e rotazioni.

La sensibilità intrinseca di un accelerometro, basato sulle transizioni indotte da fasci Raman contro propaganti su una nuvola di atomi freddi in caduta libera, dipende dal numero di atomi rivelati alla fine di ogni lancio e dall'intervallo di tempo T che intercorre tra due impulsi Raman successivi, durante il quale l'onda di materia accumula lo sfasamento attraverso le due traiettorie dell'interferometro. Nei sensori operanti a terra T è limitato dalla ristrettezza del tempo di volo degli atomi. Se invece l'interferometro viene posto in condizioni di microgravità, allora T è limitato principalmente dal tempo di espansione termica del campione.

Al fine di indagare e sperimentare le potenzialità offerte da un interferometro atomico operante in condizioni di microgravità, è stato assemblato a Firenze un prototipo di accelerometro uniassiale compatto, progettato in modo da essere compatibile con i test di lancio della *Drop Tower* di Brema. Con l'utilizzo di un campione di atomi di ^{87}Rb portati fino a temperature di ~ 100 nanoKelvin, si prevede di raggiungere in questi test una sensibilità intrinseca di misura pari a circa 10^{-10} m/s², con $T \sim 1$ secondo.

In questa tesi ci concentriamo sullo studio e sull'ottimizzazione del sistema di intrappolamento e raffreddamento del prototipo, costituito da una trappola magneto-ottica principale (3D-MOT) alimentata da un fascio di atomi forniti da una 2D-MOT. Una trappola magneto-ottica utilizza coppie di fasci laser contro propaganti con polarizzazione circolare opposta che, insieme a un campo magnetico statico e disomogeneo, permettono di rallentare e raffreddare un campione di atomi e allo stesso tempo di confinarlo in una regione limitata dello spazio.

L'obiettivo delle nostre misure, effettuate presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Firenze, è di trovare i buoni parametri di funzionamento delle due trappole del prototipo, in modo da massimizzare il numero di atomi disponibili per la preparazione del campione dell'interferometro.

Prima di tutto si studia il sistema di rivelazione del prototipo e si calcola il fattore necessario per convertire la lettura del segnale di fluorescenza raccolto in uscita dalla 3D-MOT nel numero di atomi intrappolati.

Si procede poi variando i parametri delle due trappole (frequenza e potenza dei fasci laser, intensità di corrente nelle bobine *anti-Helmholtz*) alla ricerca dei valori che massimizzano il numero di atomi intrappolati nell'unità di tempo nella 3D-MOT.

Infine si studiano le fasi di carica e scarica della 3D-MOT, a diverse temperature della cella di vapore di Rubidio che alimenta la 2D-MOT. L'obiettivo di queste misure è vedere quanto è possibile massimizzare il numero di atomi intrappolati in condizioni stazionarie nella 3D-MOT senza peggiorare troppo le condizioni di vuoto della camera principale, e di indagare sui fenomeni responsabili delle perdite di atomi dal campione.