

## RIASSUNTO TESI TRIENNALE

**Titolo:** Realizzazione di un condensato di Bose-Einstein di atomi di rubidio nello stato iperfine  $F=1$  in micro-trappola magnetica

**Candidato:** Barbara Cilenti `barbara.cilenti@stud.unifi.it`

**Relatore:** Prof. Francesco Saverio Cataliotti `fsc@lens.unifi.it`

**Correlatore:** Dott.ssa Chiara Fort `fort@lens.unifi.it`

Il lavoro di tesi presenta la procedura tramite la quale è stato realizzato un condensato di Bose-Einstein (BEC) di  $^{87}\text{Rb}$  nello stato iperfine  $F = 1$  in micro-trappola magnetica. Siamo partiti da una procedura già operativa per lo stato  $F = 2$  e l'abbiamo adattata al nostro scopo. Per realizzare un BEC è necessario lavorare a basse densità in modo da ridurre gli urti a tre corpi (anelastici) i quali favoriscono la transizione allo stato solido. Per far condensare un gas a bassi valori di densità è necessario raffreddare il sistema a temperature inferiori al  $\mu\text{K}$ . A questo scopo si elabora una procedura suddivisa in tre fasi principali: *preraffreddamento laser*, *intrappolamento degli atomi* e *raffreddamento evaporativo*. Lo stadio di raffreddamento laser è realizzato con una trappola magneto-ottica, produce una nuvola atomica a  $T \sim 10\mu\text{K}$  e non è stato modificato nel corso del nostro lavoro. L'intrappolamento è una fase chiave: è qui infatti che gli atomi sono sottoposti al raffreddamento evaporativo e quindi si realizza il condensato. È possibile confinare atomi neutri tramite l'imposizione di un campo magnetico statico  $\vec{B}$  non uniforme nello spazio. In approssimazione di campo debole il potenziale di interazione tra atomo e campo è esprimibile in funzione dell'operatore momento angolare totale  $\vec{F}$  e la forza di intrappolamento assume la forma  $\vec{F} = \mu_B g_F M_F \nabla B$ , con  $M_F$  autovalore della proiezione del momento  $\vec{F}$  lungo la direzione del campo e  $B$  modulo del campo. I punti in cui gli atomi si concentrano sono i massimi e i minimi di  $B$ , a seconda del segno di  $g_F M_F$ . Il teorema di Earnshaw prevede l'impossibilità di realizzare punti di massimo per il campo magnetico, quindi si costruisce una trappola per gli atomi producendo una configurazione di campo magnetico il cui modulo preveda un minimo. Nell'esperimento la trappola è generata da un conduttore micrometrico con l'aggiunta di campi uniformi nelle tre direzioni: il potenziale di intrappolamento è *armonico*. Oltre al profilo, le altre caratteristiche importanti sono il *fondo trappola*, che coincide con l'energia  $E_{min}$  posseduta dall'atomo nel punto di minimo del modulo del campo, e la *profondità di trappola*, che invece coincide con la massima energia rispetto al fondo  $\Delta E_{max}$  che un atomo può possedere rimanendo intrappolato. Le caratteristiche di trappola dipendono da  $g_F M_F$ , quindi cambiare lo stato in cui si desidera confinare gli atomi richiede una modifica della configurazione dei campi magnetici. Ottimizzata la trappola, si passa al raffreddamento evaporativo: l'idea alla base è quella di rimuovere gli elementi più caldi dal sistema, lasciando che gli atomi restanti termalizzino a temperatura inferiore tramite collisioni elastiche. L'evaporazione in trappola si realizza forzando il passaggio a uno stato non intrappolato tramite radiofrequenza: gli atomi più caldi raggiungono regioni dove il modulo del campo è maggiore, quindi la separazione in energia dei livelli coinvolti nella transizione corrisponde a una frequenza maggiore. Per raggiungere la temperatura di condensazione si modula la radiofrequenza secondo una rampa discendente, sufficientemente lenta da permettere la ritermalizzazione del sistema a ogni rimozione. La rampa è stata adattata alla trappola prodotta per gli atomi in  $F = 1$ . Ottimizzata l'evaporazione, abbiamo verificato che il condensato presentasse le caratteristiche previste teoricamente per gas diluito in presenza di potenziale armonico. Le informazioni su temperatura, dimensione e numero di atomi della nuvola atomica sono state ottenute acquisendo immagini del sistema in assorbimento.