

Tesi di laurea specialistica in Scienze Fisiche e Astrofisiche

Produzione e Caratterizzazione di Gas Degeneri Bosonici Unidimensionali con Interazioni Repulsive

Candidato: Sara Rosi

Relatore: Dott.ssa Chiara Fort

In questa tesi viene presentato uno studio sperimentale sulla produzione e caratterizzazione di gas bosonici degeneri unidimensionali, in un regime con forti correlazioni e fluttuazioni. La fisica che caratterizza i sistemi unidimensionali è peculiare, essi sono sviluppati e studiati in diversi campi della fisica: dalle nanostrutture ai conduttori organici, fino a giungere ai gas a basse temperature. Classifichiamo come unidimensionale un sistema i cui gradi di libertà in due direzioni siano congelati, di cui si considera quindi la dinamica solamente nella terza direzione spaziale rimanente. Nel nostro caso il forte confinamento in due direzioni è prodotto da due reticoli ottici, realizzati con due fasci laser a 830 nm contropropaganti che si propagano in due direzioni ortogonali fra loro. Nel reticolo bidimensionale così realizzato viene caricato un condensato di Bose-Einstein di $\sim 10^5$ atomi di ^{87}Rb che, riarrangiandosi nel reticolo, produce un array di gas 1D.

Allo scopo di studiare i gas 1D in un regime di forti correlazioni, ci siamo proposti di aumentare le interazioni nei gas 1D, sfruttando il fatto che in questi sistemi il rapporto fra energia d'interazione ed energia cinetica aumenta diminuendo la densità. Questo rapporto è quantificato dal parametro adimensionale γ , che nella configurazione iniziale è < 1 . Abbiamo introdotto una decompressione (in direzione trasversa) della trappola magnetica in cui è prodotto il condensato, al fine di aumentarne la dimensione e quindi il numero di gas 1D che avranno, a parità di numero totale di atomi nell'array, una densità minore. Siamo passati da una frequenza di confinamento di 87 Hz ad una di 57 Hz , ottenendo un aumento di γ , che in questa configurazione è compreso fra $0.4 \div 1.4$. Per aumentare ulteriormente le interazioni, abbiamo inoltre aggiunto un potenziale ottico deconfinante lungo la direzione longitudinale dei tubi, realizzato focalizzando luce a 532 nm di un laser VERDI con una potenza in uscita di 8 W . L'ottimizzazione del potenziale di deconfinamento si è rivelata molto critica, poichè richiede un allineamento del fascio deconfinante sugli atomi con una precisione di pochi μm . Abbiamo quindi effettuato un'accurata analisi del rumore nel puntamento e nella dimensione del fascio indotti da effetti termici su alcuni dispositivi ottici utilizzati nell'esperimento, valutando anche l'ipotesi di introdurre una fibra ottica con cui sono state effettuate solamente indagini preliminari.

Nell'ultima parte di questo lavoro di tesi è riportata la caratterizzazione dei gas 1D prodotti con il reticolo ottico bidimensionale nella trappola magnetica decompressa. La prima parte dell'analisi riguarda la misura delle frequenze di alcuni modi di eccitazione: dal rapporto fra la frequenza di oscillazione del primo modo compressionale, il breathing, e quella dell'oscillazione dipolare del centro di massa, si possono ottenere informazioni sul regime di degenerazione. Il valore ottenuto testimonia che i gas 1D sono nel regime superfluido. La seconda parte dell'analisi riguarda invece lo studio delle proprietà di coerenza di fase dei gas 1D, effettuata con due tecniche diverse: la misura dello spettro di eccitazione tramite scattering inelastico di luce (scattering di Bragg) e la mappatura diretta della distribuzione d'impulso del gas 1D attraverso la misura della distribuzione di densità da immagini acquisite dopo tempo di volo. Con reticoli ottici sufficientemente profondi i risultati ottenuti sono in accordo e danno indicazioni quantitative sulle fluttuazioni di fase indotte dalla temperatura nel campione prodotto.