

Gli atomi ultrafreddi offrono la possibilità di creare sistemi a bassa dimensionalità grazie all'uso di potenziali ottici o magnetici che congelano la dinamica in una o più direzioni. A Firenze sono in corso diversi esperimenti in cui atomi bosonici sono confinati in una dimensione tramite l'uso di reticoli ottici.

La caratterizzazione di questi sistemi richiede l'estensione di tecniche utilizzate per sistemi tridimensionali, estensione non sempre ovvia. In particolare, la misura della temperatura avviene in maniera semplice per campioni tridimensionali a partire dall'immagine della loro distribuzione di densità durante l'espansione conseguente all'estinzione dei potenziali di trappola. Tale distribuzione di densità riflette la distribuzione di impulso del campione prima del suo rilascio dalla trappola, da cui la temperatura si estrae per mezzo di un fit. Per sistemi unidimensionali, due ordini di problemi si pongono: innanzitutto la transizione tra la fase normale e la fase degenera del gas avviene in maniera graduale e non in modo netto come nel caso tridimensionale, inoltre non si ha una descrizione semplice della distribuzione di impulso nel regime intermedio, ovvero in prossimità della temperatura di degenerazione. La motivazione che ci ha indotto a studiare tali distribuzioni in impulso è quella di mostrare un metodo per stimare la temperatura di un campione unidimensionale di atomi.

In questo lavoro di tesi, mi sono occupata di analizzare immagini di campioni di atomi ultrafreddi di Rubidio-87 intrappolati in un reticolo ottico lungo due direzioni. In tale configurazione, gli atomi sono confinati in un insieme disomogeneo di sistemi unidimensionali, che differiscono per il numero di particelle contenute in ciascuno di essi. Per semplicità, si assume di avere un unico sistema unidimensionale contenente un numero di particelle pari al numero medio di particelle. Di tale sistema si studia la distribuzione in impulso, si mostra come questa è collegata alla funzione di correlazione spaziale e si ricavano due espressioni della distribuzione in impulso nel limite di alte e di basse temperature. In letteratura queste due distribuzioni in impulso sono note: ad alta temperatura, ovvero a temperatura molto superiore alla temperatura di degenerazione, il gas si può considerare ideale e dunque si applica la distribuzione statistica di Bose; a bassa temperatura, al di sotto della temperatura di degenerazione, si forma un "quasi-condensato", la cui distribuzione di impulso ha forma lorentziana. Ho quindi analizzato i dati con un programma di elaborazione numerica, ho applicato entrambe le distribuzioni note alle immagini sperimentali ed ho confrontato i risultati ottenuti per dare una stima della loro temperatura.

Contrariamente a quanto atteso per un "quasi-condensato", il fitting con la funzione lorentziana interpola i dati con scarti superiori rispetto al fitting con la funzione di Bose, in quanto il chi-quadro calcolato per la prima funzione risulta maggiore del valore ottenuto per la seconda. Questo è valido per tutto l'intervallo di temperature considerato. Inoltre si registrano valori del chi-quadro decisamente maggiori rispetto a quelli attesi.

Si conclude che l'ipotesi di un solo sistema unidimensionale non è il corretto punto di partenza per un modello che descriva la dinamica del sistema di atomi in questione. Un'analisi più accurata potrebbe tener conto del fatto che sono presenti più sistemi unidimensionali, ciascuno con caratteristiche (numero di atomi, temperatura di degenerazione,...) lievemente differenti. Il prossimo passo potrebbe essere quello di fare un fit con una funzione che sia la somma di tante lorentziane, ciascuna con parametri ottimizzati per un volume discretizzato contenente alcuni tubi. Infatti la risoluzione ottica non permette di distinguere i singoli microtubi. Nei dati analizzati si è riscontrata la presenza di rumori di fondo di ampiezza non trascurabile rispetto ai conteggi. Inoltre, al fine di determinare la temperatura, si è utilizzata come dato la densità unidimensionale media. Tale quantità media non è facilmente misurabile con buona precisione per sistemi unidimensionali intrappolati e molto densi, ma si riesce a stimare solo l'ordine di grandezza. Ciò comporta una maggiore incertezza sulla temperatura stimata dalla funzione di Lorentz. A conclusione si suggerisce un metodo per una migliore stima della densità unidimensionale di particelle. Variando il parametro densità si può trovare un nuovo valore approssimativo di essa affinché si raggiunga un maggiore accordo tra i due trend di temperatura.

Candidata: Tatiana Renzi - [tatiana.renzi@live.it](mailto:tatiana.renzi@live.it)  
Relatore: Francesco Minardi - [minardi@lens.unifi.it](mailto:minardi@lens.unifi.it)  
Correlatore: Massimo Inguscio - [inguscio@lens.unifi.it](mailto:inguscio@lens.unifi.it)