

Condensazione di Bose-Einstein per particelle non interagenti

Candidato: Manuel Alessandro Medina (manuel.medina@stud.unifi.it)

Relatore: Prof. Alessandro Cuccoli (cuccoli@fi.infn.it)

La condensazione di Bose-Einstein (BEC) fu predetta per la prima volta da Albert Einstein basandosi sul lavoro di Bose nel 1925. A questi primi risultati seguirono decenni di studio sull'argomento dal punto di vista teorico, in quanto la tecnologia non era ancora sufficientemente avanzata per poter verificare sperimentalmente le previsioni teoriche in modo diretto. Tutto questo è cambiato con l'avvento, negli anni novanta, di nuove tecniche di manipolazione degli atomi, come le trappole magnetiche e il raffreddamento evaporativo. Grazie a questi nuovi sviluppi fu creato nel 1995 il primo condensato composto da atomi di ^{87}Rb da parte di Eric Cornell e Carl Wieman presso il laboratorio JILA dell'Università del Colorado; a questo esperimento ne seguirono molti altri nel corso degli anni immediatamente successivi, nei quali si è assistito al moltiplicarsi di studi, sia teorici che sperimentali, sull'argomento.

In questo lavoro di tesi ci concentriamo sugli aspetti teorici di base della BEC, considerando un sistema composto da bosoni non interagenti in D dimensioni. Alcune delle grandezze più significative (temperatura critica, frazione condensata) sono state determinate al variare di D in diverse situazioni di interesse sperimentale.

In primo luogo è stato considerato un semplice gas di particelle libere nel limite termodinamico in modo tale da mettere in evidenza gli aspetti caratteristici del fenomeno, come, ad esempio, il ruolo importante svolto dalla dimensione del sistema e le somiglianze tra questo tipo di condensazione e una transizione liquido-vapore classica.

Successivamente si sono considerate particelle poste in un potenziale esterno. Per il potenziale armonico è stato prima effettuato il calcolo esatto utilizzando lo spettro di oscillatore armonico quantistico, e poi si è adottata l'approssimazione semiclassica. Una volta verificata la consistenza per il potenziale armonico di quest'ultimo metodo, lo abbiamo usato per estendere i risultati al caso di un potenziale esterno con generica legge di potenza. Abbiamo quindi osservato come il tipo di potenziale esterno influenzi in maniera significativa i risultati ottenuti in precedenza e in particolare come il diverso potenziale agente sulle particelle possa rendere o meno possibile il verificarsi della condensazione di Bose-Einstein in un sistema data la sua dimensione D . Infine è stato affrontato il problema di come la fenomenologia sia alterata qualora non sia rigorosamente valido il limite termodinamico: sono state calcolate le correzioni per numero di particelle finito, evidenziando le differenze più interessanti rispetto alle precedenti analisi, e in particolar modo la possibilità di osservare fenomeni di condensazione anche in sistemi unidimensionali nel caso di potenziale esterno armonico.