

Recenzja pracy doktorskiej pani Emilii Witkowskiej pt.
„Metoda pól klasycznych w opisie gazu bozonowego w równowadze
termodynamicznej”.

Praca doktorska pani Emilii Witkowskiej stanowi bardzo pedagogiczne wprowadzenie do metody opisu kondensatu Bosego-Einsteina przy pomocy pól klasycznych. Jest to metoda z powodzeniem rozwijana od kilku lat między innymi w środowisku fizyków warszawskich i białostockich. Niezależnie od tego, **praca zawiera ciekawe oryginalne wyniki autorki dotyczące interpretacji parametru obciążenia, a także ewolucji w czasie takich wielkości jak wariacja fazy kondensatu czy funkcje korelacji. Te ostatnie zostały opisane analitycznie przy pomocy szeregu coraz lepszych przybliżeń, począwszy od metody Bogoliubowa a skończywszy na przybliżeniu ergodycznym, które coraz dokładniej oddają zachowanie tych wielkości obserwowane w symulacjach metodą pól klasycznych. Stosunkowo niezależną częścią jest rozdział czwarty, który opisuje nietypowe zastosowanie metody w relatywistycznej teorii pola.**

Chciałbym, aby doktorantka odniosła się do następujących dwu uwag. Pierwsza z nich jest uwagą techniczną, dotyczącą bezpośrednio treści pracy, a celem drugiej jest sprowokowanie refleksji natury bardziej ogólnej.

1. Niepokoi mnie sformułowanie modelu ergodycznego w równaniu (3.52): $P_\infty(\{k_k(t)\}) = \delta\left(E - \sum_{k \neq 0} \epsilon_k b_k^*(t) b_k(t)\right)$. Na pozór nie można mu niczego zarzucić, ale w rozważanym kontekście nie ma powodu by energia Bogoliubowa (3.53) była zachowana. Owszem, ta energia jest zachowana w zlinearyzowanym modelu Bogoliubowa, ale jeśli uwzględniamy nieliniowe sprzężenia pomiędzy modami Bogoliubowa oraz transfer cząstek pomiędzy modelem kondensatowym a pozostałymi modami, to energia Bogoliubowa nie jest dokładnie zachowana. Na przykład, być może, należałoby uwzględnić, że energia kondensatu zależy od liczby skondensowanych atomów $N_0(t)$. Wydaje mi się, że skoro celem modelu ergodycznego jest wyliczenie funkcji korelacji liczby atomów w kondensacie, to nie można przybliżać, że $N_0(t)$ jest stałe i bliskie N pomimo, że w wielu innych zastosowaniach takie przybliżenie jest uzasadnione i powszechnie stosowane.

2. Zastanawia mnie zakres stosowalności metody pól klasycznych. Z tekstu pracy wynika, że **warunkiem koniecznym** stosowalności metody jest, aby wszystkie mody uwzględniane w rachunkach miały obsadzenia dużo większe niż 1 cząstka. Dalej pokazane jest przekonująco, że w skończonej temperaturze można ograniczyć się do takich k , że ten warunek jest spełniony, a co więcej wprowadzone obciążenie samo z siebie czyni rozkład obsadzeń bliższym poprawnemu rozkładowi kwantowemu. Dlatego zastanawia mnie czy można podobną metodę zastosować również w zerowej temperaturze np. w następujących sytuacjach:

(i) *Kondensat w pudle o rozmiarach L* . Jak wiadomo, mody o małych k mają duże obsadzenia wynikające z kwantowego zubożenia. Czy mogą zastosować metodę pól klasycznych do opisu np. odpowiedzi kondensatu na zależny od czasu potencjał zaburzający

(ii) *Atomy w jednowymiarowej sieci optycznej*. Załóżmy, że tunelowanie pomiędzy oczkami sieci jest początkowo na tyle słabe, że cząstki są początkowo w stanie Motta $|n, n, n, \dots, n\rangle$, to znaczy w każdym oczku jest dokładnie n atomów. Zakładam, że n jest duże, czyli każde oczko jest silnie obsadzone, ale można sprawdzić, że również w reprezentacji pseudopędu k każdy mod ma duże obsadzenie. Czy mogą użyć metody pól klasycznych np. do opisu manipulacji taką siatką optyczną

Czy duże obsadzenia wszystkich modów są nie tylko **konieczne**, ale również **wystarczające** dla poprawności metody, czy też w pewnych sytuacjach występują efekty kwantowe, których tą metodą opisać nie można pomimo dużych obsadzeń wszystkich modów

Podsumowując, **rozprawa pani Witkowskiej spełnia ustawowe jak i zwyczajowe wymogi stawiane pracom doktorskim. Dlatego wnioskuję o dopuszczenie doktorantki do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.**

Z wyrazami szacunku,
dr hab. Jacek Dziarmaga

