

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor: **Radek Folprecht**
Název práce: Many-body methods within the nuclear Lipkin model
Studijní program a obor: fyzika
Rok odevzdání: 2023

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: prof. RNDr. Jan Kvasil, DrSc.
Pracoviště: ÚČJF MFF UK
Kontaktní e-mail: kvasil@ipnp.troja.mff.cuni.cz

Odborná úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

- originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

- veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/opponenta:

Předmětem předkládané bakalářské práce je srovnání teoretických přístupů používaných pro popis jaderné struktury v rámci jednoduchého „toy“ Lipkinova modelu. Tento jednoduchý dvouhladinový model je často využíván pro testování a demonstrací různých fyzikálních modelových představ nejenom v jaderné fyzice. Jeho výhodou je relativně snadné získání exaktního řešení pohybových rovnic pro daný kvantový systém, se kterým je pak možné srovnávat výsledky z alternativních přístupů vyžadovaných realistickými kvantovými systémy s velkými konfiguračními prostoty jako je jádro. Lipkinův model je využíván také v pedagogickém procesu, protože lze na něm demonstrovat názorně, a často i explicitně, modely řešení kvantově mechanických pohybových rovnic pro daný kvantový systém.

V první kapitole bakalářské práce je popsán podrobně Lipkinův model, konkrétně je určen modelový hamiltonian zahrnující střední pole a dvoučásticové interakce nad ním. Dále jsou demonstrovány jeho spektrální charakteristiky včetně fázového přechodu spojeného s „particle-particle“ částí dvoučásticové interakce. Ve druhé kapitole R. Folprecht formuluje Hartree-Fockovu (HF) variační metodu pro Lipkinův model. Podrobně diskutuje numerická řešení odpovídajících HF rovnic (t.j. jednočásticové HF energie a vlnové funkce) v závislosti na síle „particle-hole“ a „particle-particle“ části dvoučásticové interakce. Třetí kapitola je věnována tzv. „random phase“ aproximaci (RPA), která zahrnuje zbytkové interakce nad HF středním polem a popisuje kolektivní vibrační stavy uvažovaného kvantového systému. Podrobně jsou diskutovány výsledné energie základního stavu, 1. a 2. excitovaného stavu v závislosti na síle zbytkových interakcí v hamiltonianu Lipkinova modelu. RPA řešení jsou srovnávána s exaktním řešením. Kromě standardního řešení RPA je také ukázána tzv. iterativní možnost (iterative extension method) řešení RPA rovnic (RPAIE řešení). Ve čtvrté kapitole je diskutována Bardeen-Cooper-Schrieffer metoda v rámci Lipkinova modelu.

Oceňuji, že bakalářská práce je napsána v angličtině bez viditelných formálních chyb a překlepů. Je srozumitelná. Způsob, jakým je napsána, svědčí o tom, že autor dané problematice hluboce rozumí a že se musel seznámit s poměrně rozsáhlou literaturou. Předkládaná práce splňuje všechny požadavky a hodnotím ji jako vynikající.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

Komentář k obrázkům 3.3.2, 3.3.4 a 3.4.1.

Obrázky 3.3.2 a 3.3.4 ukazují závislost energie E_0 základního RPA stavu a energie E_1 prvního excitovaného RPA stavu v závislosti na síle v particle-hole interakce (při zafixované síle w particle-particle interakce). V těchto závislostech jsou vidět ostré nepravidelnosti pro standardní RPA řešení (tzv. RPA kolapsy). Např. pro $N=4$ (při $w=0$) je z obr. 3.3.2 zřejmé, že takový RPA kolaps s hodnotou energie $E_0/\varepsilon \sim -2.5$ nastává pro $v = 1$. Tentýž RPA kolaps se pozoruje i na obr.3.3.4, kde pro $N=4$ (při $w=0$) s rostoucím v klesá excitační energie E_1 také do hodnoty $E_1/\varepsilon \sim -2.5$ pro $v = 1$. Při této hodnotě $v = 1$ se struktura základního stavu změní, hrubě řečeno základní stav převezme strukturu prvního excitovaného stavu a vice versa (nastane fázový přechod základního stavu, který je rovněž popsán v bakalářské práci). S tímto souvisí i moje otázka k obr.3.4.1.

Na obr. 3.4.1 jsou ukázány (mimo jiné) energie základního stavu E_0/ε v závislosti na v (při zafixované hodnotě $w=0$) pro RPAIE při různých počtech iterací – $i=1$ a $i=5$). Z obr. 3.4.1 vyplývá, že RPAIE evidentně shlazuje výše zmíněné ostré nepravidelnosti (RPA kolapsy) v závislosti E_0/ε na v . Jak je uvedeno v bakalářské práci v RPAIE přístupu je zahrnut Thoulessův teorém (viz. (3.3.1)), který jde za rámec kvazi-bosonové aproximace QBA. Znamená to tedy, že pokud jdeme za rámec QBA, zrušíme všechny RPA kolapsy, nebo to platí pouze pro Lipkinův model? Existují v literatuře nějaké práce s RPAIE s realistickými interakcemi, tj. nejenom s Lipkinovým modelem?

Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta:

Praha 30.5.2023