

Oponentský posudek na disertační práci RNDr. Antona REPKA, PhD. “Theoretical description of nuclear collective excitations”

V předkládané práci se autor zabývá teoretickým popisem kolektivních jaderných excitací, konkrétně přístupem aproximace náhodných fází (Random Phase Approximation – RPA) se Skyrme NN interakcemi. V práci je detailně popsán formalismus RPA, a to nejen pro případ sferických ale i axiálně symetrických jader. Vedle standardní, tzv. 'plné' RPA podává odvození separabilní verze RPA, která vede k výraznému zjednodušení velice náročných výpočtů. Velká pozornost je věnována správnému zahrnutí dvoučásticové Coulombické interakce (přesnosti numerické integrace) pro konkrétní symetrie jaderného systému, korekcím na pohyb těžiště a párovací interakci. Na základě zformulovaných modelů pro popis kolektivních excitací vytvořil Anton Repko výpočetní programy, na kterých nejdříve ukázal vliv vstupních parametrů (např. oscilátorové délky, počtu slupek) a dalších přiblížení (dlouhovlnné přiblížení operátorů přechodu, separabilní RPA) na počítané charakteristiky vybraných jader. Následně byly tyto originální výpočetní programy použity při výpočtech E1 přechodů ve sférických jádrech ^{40}Ca , ^{48}Ca a ^{208}Pb , elektrických monopolových, dipolových a kvadrupolových obřích rezonancí v deformovaném jádře ^{154}Sm a M1 přechodů v jádře ^{50}Cr .

K samotné disertaci nemám zásadních připomínek. Je z ní patrné, že se Anton Repko nejen důkladně seznámil s rozsáhlým teoretickým aparátem jaderných modelů, ale že sám provedl veškerá teoretická odvození používaných modelů, sám napsal a odladil příslušné výpočetní kódy a provedl příslušné výpočty. Studium kolektivních excitací v jádrech je nesporně velice aktuální téma. Poskytuje důležité informace o jaderné struktuře, dynamice a o efektivních NN interakcích. Zájem o podrobné a spolehlivé teoretické výpočty je podněcován probíhajícími experimenty a jejich analýzou. Práce přináší řadu nových vědeckých poznatků, které jsou pro současnou jadernou fyziku významné, např. toroidální povaha nízkenergetického E1 (pygmy) módu, povaha elektrických E0, E1 a E2 rezonancí v ^{154}Sm či projevy tzv. 'scissor' a 'spin-flip' módů v M1 přechodech v ^{50}Cr . Výsledky výpočtů byly shrnuty v šesti článcích publikovaných buď v prestižních časopisech nebo v konferenčních sbornících; další 4 články byly v době podání práce zaslány k publikaci.

Práce je napsána velmi slušnou angličtinou. Je členěna do pěti hlavních kapitol a je doplněna třemi apendixy a příloženým CD, na němž jsou vedle všech zdrojových souborů samotné práce nahrány zmiňované výpočetní programy včetně datových souborů a publikace v práci uvedené. K obsahu práce uvádím následující poznámky a připomínky:

Pokud autor v abstraktu uvádí jako hlavní cíle práce “... podat formalismus RPA metody pro sféricky symetrická jádra ... Metoda RPA je odvozená rovněž pro axiálně deformovaná jádra.”, pak měl uvést důvody, které ho vedly k přeformulování těchto běžně užívaných přístupů, a co tyto jeho snahy reálně přinesly z hlediska výpočtů kolektivních excitací jader.

Výše zmíněné motivaci spolu se zdůvodněním potřeby počítat s tak velikou přesností mělo být věnováno více prostoru v samotném úvodu práce a v závěrečném shrnutí.

Druhá kapitola popisující teoretický formalismus se nečte příliš dobře. Je poměrně rozsáhlá (zabírá přes polovinu celé disertační práce). Některým tématům je věnováno až příliš prostoru (např. antisymetrizaci vlnové funkce na str. 5 a 6), mnoho odvození a vztahů v této části mělo být uvedeno spíše v apendixech než v hlavním textu práce.

Třetí kapitola přináší pečlivou analýzu vlivu parametrů použité báze a vlivu tensorových a spinově závislých členů ve Skyrme interakci na počítané charakteristiky vybraných jader a srovnání předpovědi standardní RPA se separabilní RPA.

Kapitola věnovaná prezentaci fyzikálních výsledků je velice zajímavá a přináší množství unikátních a cenných výsledků (viz druhý a třetí paragraf tohoto posudku). Považuji za velikou škodu, že je tato

kapitola tak krátká a diskuse těchto výsledků až příliš stručná. Na druhou stranu musím připustit, že autor dodal na CD příslušné publikace, jejichž výsledky jsou v práci prezentovány.

Pokud jde o výběr referencí, pak autor občas necituje původní práce ale publikace pozdější, někdy dokonce pouze konf. příspěvky jiných autorů, např.:

- a) Ač je práce věnována Skyrme interakcím, není v referencích citována ani jedna práce T.H.R. Skyrmeho (Phil. Mag. 1 (1956) 1043 nebo Nucl. Phys. 9 (1959) 615)
- b) v ref.[2] týkající se metody 'relativistic DBHF' je uveden mnohem pozdější konferenční příspěvek P. Ringa místo aby byly citovány práce R. Machleidta, R. Brockmana a H. Muthera.
- c) v ref. [9] je uvedena pozdější práce D. Gognyho místo aby byla uvedeny jeho původní práce publikované o 30 let dříve.
- d) v odkazu na RMF přístup jsou uváděny práce skupiny P. Ringa místo mnohem dřívějších prací J.D. Walecky.

Je zřejmé, že v tak rozsáhlé práci se nelze vyvarovat překlepů a menších nepřesností, např..

- 1) autor občas píše "nuclear interaction" či "nuclear potential" ale přitom má na mysli "NN interaction"; v úvodu navíc píše "n-n interaction" a "n-n data" místo "N-N interaction" a "N-N data"
- 2) str.2, poslední paragraf, 5. řádek - "Energy density functional ... is ... a microscopic approach to calculate nuclear properties and structure over the whole periodic table" - a co nejlehčí jádra (máločásticové systémy)?
- 3) v rovnici 2.2 chybí " $d^3 r_2$ "
- 4) v rovnicích 2.11 používá " v_α " aniž to bylo předtím definováno
- 5) ve vztahu v paragrafu 4. na konci kapitoly 2.2.3 je nejspíš člen s kinetickou energií uveden navíc
- 6) M^E_{vtc} pod vztahem 2.78 na str. 20 nebylo definováno, stejně tak " h_{skyr} " na str.39
- 7) na str. 41 je použita zkratka VAP, aniž je vysvětlen její význam
- 8) text pod obr. 3.4 "... is demonstrated in Fig.3.4, which is demonstrating ..."?
- 9) str. 55, pod vztahem 4.3 - místo odkazu na 2.69bc má být odkaz na 2.70 a 2.71
- 10) str. 56 dole - "Figures 4.3ab and 4.4 prefer toroidal flow"?
- 11) str.61 začátek kapitoly 4.3 - "Recent experimental data ... allow to investigate their agreement with theoretical predictions" - naopak se zkoumá souhlas teoretických předpovědí s experimentem
- 12) zkratka "QRPA" na obr. 4.11 a 4.12 nebyla definována
- 13) 'Lorentz smoothing' je uvedeno poprvé až v samotném závěru práce ač je během uvedených výpočtů užíváno.

Během obhajoby bych uvítal vyjádření autora k následujícím dotazům:

- 1) Jaké důvody Vás vedly k novému přeformulování přístupů HF a RPA pro sférický a axiálně deformovaný případ, když podobné modely jsou již v jaderných výpočtech běžně používány?

Proč je důležité provádět Skyrme RPA výpočty s takovou přesností (s tak přesným započtením Coulombické intrakce a korekcí na pohyb těžiště a v tak velkých bázích HO)? Proč je třeba počítat s takovou přesností, když samotná RPA je pouhou aproximací, navíc používá quasibosonovou aproximaci a Skyrmovské interakce, které jsou nulového dosahu a zpravidla každá jejich parametrizace je vhodná na popis pouze omezeného množství jaderných charakteristik, a popisovaná experimentální data mají též omezenou přesnost?

Jak se Vaše snahy o co nejvyšší přesnost reálně projevily v konkrétních výpočtech kolektivních excitací jader?

- 2) Proč jsou rozdělení hustot nukleonů v jádrech na obr.3.1a v horní části obr. 3.2 prezentována na logaritmické ose a proč jsou počítána až do $r \sim 30$ fm, když střední kvadratické poloměry studovaných jader jsou menší než 6 fm a navíc se pro $r > 20$ fm začínají projevovat numerické nestability?

- 3) Mohl by autor blíže objasnit, co představují čísla v pravém bloku tabulky 3.3, uvedená pod 'isoscalar EWSR fraction'? Co znamenají výrazy typu ' $10^{-2.8}$ '?

4) Toroidální povaha E1 'pygmy' módu byla v kapitole 4.1 ukázána na výpočtech provedených s jednou konkrétní Skyrme parametrizací (SLy7). Podobně 'scissor' a 'spin-flip' módy v M1 přechodech v kapitole 4.3 byly studovány v rámci jedné Skyrme parametrizace (SGII). Platí uvedené závěry obecně i pro jiné Skyrme parametrizace? Mohl by autor ukázat výsledky i pro nějakou další parametrizaci?

Přes výše zmíněné, spíše formální výhrady oceňuji zajímavé a velmi aktuální téma práce a množství hodnotných, původních výsledků, které naleznou uplatnění při dalším zkoumání kolektivních excitací v jádrech.

Předkládaná práce nesporně splňuje podmínky kladené na doktorské disertační práce. Domnívám se, že autor dostatečně prokázal předpoklady k samostatné vědecké práci, a doporučuji proto, aby byla po úspěšné obhajobě RNDr. Antonu Repkovi, PhD. udělena vědecká hodnost doktor (PhD.) v oboru jaderná fyzika.

V Řeži, 2. února 2016

RNDr. Jiří Mareš, CSc.