

Ab-initio algebrinis modelis šešių nukleonų sistemoms

Ab-initio algebraic approach to six nucleon systems

Augustinas Stepsys¹, Saulius Mickevičius¹, Darius Germanas², Ramutis Kazys Kalinauskas¹

¹Vytauto Didžiojo universitetas, K. Donelaičio 58, LT-44248, Kaunas, Lithuania

²Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius

augustinas.stepsys@vdu.lt

Pastaruoju metu atomo branduoliams tirti yra sėkmingai taikomas bešerdis ab-initio sluoksnių modelis[1]. Ši daugelio kūnų problemos sprendimo metodika yra kaip niekad aktuali branduolio fizikoje, nes dėl augant kompiuterinio skaičiavimo galiai, auga ir sistemų, kurioms ši metodika tinka, dydis. Pažanga teoriniuose bešerdiuose modeliuose leistų mums tirti skaitmeniškai didesnes sistemas, efektyviau skaičiuoti branduolinių sistemų parametrus.

Vidinių Jacobi koordinačių panaudojimas harmoninio osciliatoriaus (HO) bazėje yra pakankamai populiarus metodas tirti s- sluoksnių branduoliams [2]. Norit skaičiuoti branduolinių sistemų parametrus reikia sukonstruoti antisimetriškus ir transliaciškai invariantinius būsenos vektorius. Siekiant užtikrinti transliacinį invariantiškumą būtina pašalinti masės centro judėjimo koordinatę. Jacobi koordinatės leidžia atlikti šį veiksmą tiesiog pereinant iš viendalelinių prie vidinių sistemos koordinačių.

P-sluoksnių branduoliams tradicinis Sleiterio determinantų metodas viendalelėse koordinatėse yra populiaresnis nei Jacobi koordinačių. Taip yra todėl, kad šiose koordinatėse antisimetrizacijos procedūra tampa labai sudėtinga dėl didelės simetrinės grupės algebros ir reikalauja didelio kiekio pakankamai sudėtingų matricinių elementų skaičiavimo. Todėl būtų naudinga metodika vienu metu leidžianti panaudoti vidines koordinates ir pakankamai patogiai pasigaminti antisimetrinius būsenos vektorius.

Šešių nukleonų sistemų tyrimuose mes naudojame kilminius koeficientus antisimetrinių būsenos vektorių konstravimui. Pirma kilminiai koeficientai konstruojami trijų dalelių poklasteriams. Toliau seka kilminių koeficientų konstravimas visai sistemai, pagal simetrinės grupės grandinėle:

$$S_6 \supset S_3 \times S_3. \quad (1)$$

Antisimetriniai būsenos vektoriai randami panaudojant vadinamuosius Λ operatorius, kurie yra sudaryti iš dvi-dalelinių simetrinės grupės perstatymo operatorių [3]. Šie operatoriai leidžia išskirti neredukuotinius poerdvius, charakterizuojamus taip vadinamomis Jungo schemomis. Tokiu būdu yra galima surasti antisimetrinių būsenos vektorių poerdvį, charakterizuojamą Jungo schema [1⁶].

Šešių nukleonų sistemos modelis yra aprašomas panaudojant dvinarių klasterių formalizmą. Būsenos vektoriai yra konstruojami taip vadinamoje J schemoje, geru kvantiniu skaičiumi laikant pilnutinį judesio kiekio momentą. Dirbant J schemoje reikalingų transformacijų atvaizdai tampa žymiai kompaktiškesni, nei populiariesnėje

M schemoje, kurioje geras kvantinis skaičius yra judesio kiekio momento projekcija. Darbas J schemoje reikalauja pakankamai kruopštaus judesio kiekio momento algebros panaudojimo, darbo su judesio kiekio momento perrišimo koeficientais, išreiškiamais panaudojant 6j ir 9j koeficientus.

Siekiant supaprastinti antisimetrizacijos procedūrą, algebriniame modelyje naudojamas izosukinio formalizmas, laikant protoną ir neutroną tapatingomis dalelėmis.

Λ operatorių atvaizdų konstravimui panaudojant Jacobi koordinates HO bazėje reikia pakankamai sudėtingų Jacobi koordinačių transformacijų, kas iš dalies lemia šio metodo nepopuliarumą. Siekiant išspręsti šią problemą, mes pristatome algebrinį modelį šešių nukleonų surištos sistemos parametrų radimui.

Dalis skaičiavimų atlikti naudojant Lietuvos nacionalinio fizinių ir technologijos mokslų centro aukšto našumo superkompiuterį Vilniaus universitete Fizikos fakultete („HPC Saulėtekis“).

Reikšminiai žodžiai: branduolio fizika, matematinė fizika, ab-initio skaičiavimai

Literatūra

- [1] A. Idini et al. Phys. Rev. Lett. 123, 092501 (2019)
- [2] S. Liebig et al. Eur. Phys. J. A 52, 103 (2016)
- [3] S. Mickevičius et al. Phys. Atom. Nucl. 81, 899 (2018)