

Алі А. Абдул Хасан¹, Ехсан М. Рахім^{1*}, Саад С. Давуд¹, Акіл М. Джарі¹, Раша З. Ахмед²

¹ Міністерство науки і технологій, Управління ядерних досліджень і програм, Багдад, Ірак

² Університет Багдаду, Коледж освіти для жінок,
кафедра управління людськими ресурсами, Багдад, Ірак

*Відповідальний автор: ehsan.nucl@yahoo.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯДЕРНОЇ СТРУКТУРИ ПАРНО-ПАРНИХ ІЗОТОПІВ ²⁴⁻⁴²Si З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ СКІРМА - ХАРТРИ – ФОКА ТА ХАРТРИ - ФОКА - БОГОЛЮБОВА

Досліджено властивості основних станів ядер та ядерні деформації деяких парно-парних ізотопів кремнію. Сферичний метод Скірма - Хартрі - Фока, що включає обчислення Хартрі - Фока на додаток до декількох загальних параметризацій Скірма, таких як SkB, SkM*, SkE, SkX, SLy4, Skxta, SkP, UNEDF0 і UNEDF1, був використаний для обчислення розподілу густини заряду основних ядерних станів та пов'язаних зарядових радіусів для ²⁸Si і ³⁰Si завдяки наявності експериментальних даних для цих двох стабільних ізотопів. Крім того, масові, нейтронні та протонні густини з пов'язаними з ними радіусами, енергіями зв'язку, поверхневими нейтронними товщинами та зарядовими форм-факторами було розраховано для ізотопів ²⁴⁻⁴²Si з використанням параметризації SkM*. Досліджено квадрупольні деформації вибраних ізотопів у термінах кривих потенційної енергії, виведені як функції параметрів квадрупольної деформації за допомогою обчислень Хартрі - Фока - Боголюбова в аксіально деформованій конфігурації з параметром SkM*.

Ключові слова: властивості основного стану ядра, Скірма - Хартрі - Фок, Хартрі - Фок - Боголюбов, квадрупольна деформація, ізотопи кремнію.

Али А. Абдул Хасан¹, Эхсан М. Рахим^{1*}, Саад С. Давуд¹, Акил М. Джари¹, Раша З. Ахмед²

¹ Министерство науки и технологий, Управление ядерных исследований и программ, Багдад, Ирак

² Университет Багдада, Колледж образования для женщин,
кафедра управления человеческими ресурсами, Багдад, Ирак

*Ответственный автор: ehsan.nucl@yahoo.com

ИССЛЕДОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ СТРУКТУРЫ ЧЕТНО-ЧЕТНЫХ ИЗОТОПОВ ²⁴⁻⁴²Si С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СКИРМА - ХАРТРИ – ФОКА И ХАРТРИ - ФОКА - БОГОЛЮБОВА

Исследованы свойства основных состояний ядер и ядерные деформации некоторых парно-четных изотопов кремния. Сферический метод Скирма - Хартри - Фока, включающий вычисления Хартри - Фока в дополнение к нескольким общим параметризациям Скирма, таких как SkB, SkM* SkE, SkX, SLy4, Skxta, SkP, UNEDF0 и UNEDF1, был использован для вычисления распределения плотности заряда основных ядерных состояний и связанных зарядовых радиусов для ²⁸Si и ³⁰Si благодаря наличию экспериментальных данных для этих двух стабильных изотопов. Кроме того, массовые, нейтронные и протонные плотности со связанными с ними радиусами, энергиями связи, поверхностными нейтронными толщинами и зарядовыми форм-факторами были рассчитаны для изотопов ²⁴⁻⁴²Si с использованием параметризации SkM*. Исследованы квадрупольные деформации выбранных изотопов в терминах кривых потенциальной энергии, выведены как функции параметров квадрупольной деформации с помощью вычислений Хартри - Фока - Боголюбова в аксиально деформированной конфигурации с параметром SkM*.

Ключевые слова: свойства основного состояния ядра, Скирма - Хартри - Фок, Хартри - Фок - Боголюбов, квадрупольная деформация, изотопы кремния.

Ali A. Abdul Hasan¹, Ehsan M. Raheem^{1*}, Saad S. Dawood¹, Aqeel M. Jary¹, Rasha Z. Ahmed²

¹ Ministry of Science and Technology, Directorate of Nuclear Researches and Applications, Baghdad, Iraq

² University of Baghdad, College of Education for Women, Department of Human Resources, Baghdad, Iraq

*Corresponding author: ehsan.nucl@yahoo.com

NUCLEAR STRUCTURE STUDY OF EVEN-EVEN ²⁴⁻⁴²Si ISOTOPES USING SKYRME - HARTREE - FOCK AND HARTREE - FOCK - BOGOLYUBOV METHODS

The nuclear ground-state properties and the nuclear deformation of some even-even Silicon isotopes have been investigated. The spherical Skyrme - Hartree - Fock method that includes Hartree - Fock calculations in addition to several common Skyrme parameterizations, such as SkB, SkM*, SkE, SkX, SLy4, Skxta, SkP, UNEDF0, and UNEDF1, has been used to calculate the nuclear ground-state charge density distributions and the associated charge

radii for ^{28}Si and ^{30}Si , because of the availability of the experimental data for these two stable isotopes. Furthermore, the mass, neutron and proton densities with the associated radii, the binding energies, the neutron skin thickness, and the charge form factors have been calculated for $^{24-42}\text{Si}$ isotopes using SkM* parameterization. The quadrupole deformations of the selected isotopes have been investigated in terms of the potential energy curves that were deduced as a function of the quadrupole deformation parameters using the axially deformed configurational Hartree - Fock - Bogolyubov calculations with SkM* parameterization.

Keywords: nuclear ground-state properties, Skyrme - Hartree - Fock, Hartree - Fock - Bogolyubov, quadrupole deformation, silicon isotopes.

REFERENCES

1. P. Ring, P. Schuck. *The Nuclear Many-Body Problem* (Springer Science & Business Media, 2004) 716 p.
2. J.-P. Blaizot, G. Ripka. *Quantum Theory of Finite Systems* (MIT press Cambridge, MA, 1986) 657 p.
3. T.H.R. Skyrme. The effective nuclear potential. *Nucl. Phys.* 9 (1958) 615.
4. D. Vautherin, D.M. Brink. Hartree-Fock calculations with Skyrme's interaction. I. Spherical nuclei. *Phys. Rev. C* 5 (1972) 626.
5. C.B. Dover, N. Van Giai. The nucleon-nucleus potential in the Hartree-Fock approximation with Skyrme's interaction. *Nucl. Phys. A* 190 (1972) 373.
6. T. Deforest Jr, J.D. Walecka. Electron scattering and nuclear structure. *Adv. Phys.* 15(57) (1966) 1.
7. K.W. Schmid, P.G. Reinhart. Center-of-mass projection of Skyrme-Hartree-Fock densities. *Nucl. Phys. A* 530 (1991) 283.
8. A.L. Goodman. Hartree-Fock-Bogoliubov Theory with Applications to Nuclei. *Advances in Nuclear Physics* 11 (1979) 263.
9. J. Bartel et al. Towards a better parametrisation of Skyrme-like effective forces: A critical study of the SkM force. *Nucl. Phys. A* 386 (1982) 79.
10. M.V. Stoitsov, W. Nazarewicz, S. Pittel. New discrete basis for nuclear structure studies. *Phys. Rev. C* 58 (1998) 2092.
11. M.V. Stoitsov et al. Quadrupole deformations of neutron-drip-line nuclei studied within the Skyrme Hartree-Fock-Bogoliubov approach. *Phys. Rev. C* 61 (2000) 034311.
12. M.V. Stoitsova et al. Axially deformed solution of the Skyrme-Hartree-Fock-Bogolyubov equations using the transformed harmonic oscillator basis. The program HFBTHO (v1. 66p). *Comput. Phys. Commun.* 167 (2005) 43.
13. Y. Yulianto, Z. Su'ud. Nuclear binding energy and density distribution of Pb isotopes in a Skyrme-Hartree-Fock method. *Nucl. Phys. At. Energy* 18 (2017) 151.
14. Y. Yulianto, Z. Su'ud. Radii and Density Calculations of ^{209}Bi by Using Skyrme-Hartree-Fock Method. *J. Phys. Conf. Ser.* 799 (2017) 12024.
15. A.N. Abdullah. Matter density distributions and elastic form factors of some two-neutron halo nuclei. *Pramana* 89 (3) (2017) 43.
16. A.H. Taqi, E.G. Khidher. Ground and transition properties of ^{40}Ca and ^{48}Ca nuclei. *Nucl. Phys. At. Energy* 19 (2018) 326.
17. A.A. Alzubadi, R.A. Radhi, N.S. Manie. Shell model and Hartree-Fock calculations of longitudinal and transverse electroexcitation of positive and negative parity states in ^{17}O . *Phys. Rev. C* 97 (2018) 024316.
18. T. Bayram, A.H. Yilmaz. Shape of Te isotopes in mean-field formalism. *Pramana* 83(6) (2014) 975.
19. Y. El Bassem, M. Oulne. Ground-state properties of even-even and odd Nd, Ce, and Sm isotopes in Hartree-Fock-Bogoliubov method. *Int. J. Mod. Phys. E* 24(10) (2015) 1550073.
20. Y. El Bassem, M. Oulne. Hartree-Fock-Bogoliubov calculation of ground-state properties of even-even and odd Mo and Ru isotopes. *Nucl. Phys. A* 957 (2017) 22.
21. M. Ouhachi et al. Nuclear structure investigation of neutron-rich Mn isotopes. *Chinese J. Phys.* 56 (2018) 574.
22. W. Greiner, J.A. Maruhn. *Nuclear Models* (Springer, 1996).
23. H. Aytakin, R. Baldik, H. Alici. On the nuclear properties of ^{32}S , ^{64}Zn , ^{67}Zn , ^{89}Y , ^{90}Zr and ^{153}Eu targets used for production of ^{32}P , ^{64}Cu , ^{67}Cu , ^{89}Sr , ^{90}Y , and ^{153}Sm therapeutic radionuclides. *Ann. Nucl. Energy* 46 (2012) 128.
24. P.-G. Reinhard et al. Shape coexistence and the effective nucleon-nucleon interaction. *Phys. Rev. C* 60 (1999) 014316.
25. J. Erler, P. Klupfel, P.G. Reinhard. Self-consistent nuclear mean-field models: example Skyrme-Hartree-Fock. *J. Phys. G* 38 (2011) 33101.
26. M. Brack, C. Guet, H.B. Hakansson. Selfconsistent semiclassical description of average nuclear bulk properties – a link between microscopic and macroscopic models. *Phys. Rep.* 123 (1985) 275.
27. E.B. Suckling. *Nuclear Structure and Dynamics from the Fully Unrestricted Skyrme-Hartree-Fock Model* (Ph.D. Thesis, Univ. of Surrey, 2011).
28. M. Beiner et al. Nuclear ground-state properties and self-consistent calculations with the Skyrme interaction: (I). Spherical description. *Nucl. Phys. A* 238 (1975) 29.
29. A. Bohr, B.R. Mottelson, D. Pines. Possible analogy between the excitation spectra of nuclei and those of the superconducting metallic state. *Phys. Rev.* 110 (1958) 936.

30. A.A. Alzubadi, A.A. Abdulhasan. Nuclear deformation study using the framework of self-consistent Hartree-Fock-Bogoliubov. *Karbala Int. J. Mod. Sci.* 1 (2015) 110.
31. L.R.B. Elton. *Nuclear Size* (London: Oxford University Press, 1961)114 p.
32. A.N. Antonov. Charge density distributions and related form factors in neutron-rich light exotic nuclei. *Int. J. Mod. Phys. E* 13 (2004) 759.
33. H. De Vries, C.W. De Jager, C. De Vries. Nuclear charge-density-distribution parameters from elastic electron scattering. *At. Data. Nucl. Data Tables* 36 (1987) 495.
34. B. Schuetrumpf, W. Nazarewicz, P.-G. Reinhard. Central depression in nucleonic densities: Trend analysis in nuclear density-functional-theory approach. *Phys. Rev. C* 96 (2017) 024306.
35. H.S. Kohler. Skyrme force and the mass formula. *Nucl. Phys. A* 258 (1976) 301.
36. J. Friedrich, P.-G. Reinhard. Skyrme-force parametrization: Least-squares fit to nuclear ground-state properties. *Phys. Rev. C* 33 (1986) 335.
37. B.A. Brown. New Skyrme interaction for normal and exotic nuclei. *Phys. Rev. C* 58 (1998) 220.
38. E. Chabanat. A Skyrme parametrization from subnuclear to neutron star densities Part II. Nuclei far from stabilities. *Nucl. Phys. A* 635 (1998) 231.
39. B.A. Brown et al. Tensor interaction contributions to single-particle energies. *Phys. Rev. C* 74 (2006) 061303.
40. J. Dobaczewski, H. Flocard, J. Treiner. Hartree-Fock-Bogolyubov description of nuclei near the neutron-drip line. *Nucl. Phys. A* 422 (1984) 103.
41. M. Kortelainen et al. Nuclear energy density optimization. *Phys. Rev. C* 82 (2010) 024313.
42. M. Kortelainen et al. Nuclear energy density optimization: Large deformations. *Phys. Rev. C* 85 (2012) 024304.
43. I. Angeli, K.P. Marinova. Table of experimental nuclear ground-state charge radii: An update. *At. Data. Nucl. Data Tables* 99 (2013) 69.
44. M. Wang et al. The Ame2012 atomic mass evaluation. *Chinese Phys. C* 36 (2012) 1603.
45. G.C. Li, M.R. Yearian, I. Sick. High-momentum-transfer electron scattering from ^{24}Mg , ^{27}Al , ^{28}Si , and ^{32}S . *Phys. Rev. C* 9 (1974) 1861.
46. J. Wesselling et al. $2s_{1/2}$ occupancies in ^{30}Si , ^{31}P , and ^{32}S . *Phys. Rev. C* 55 (1997) 2773

Надійшла / Received 25.07.2019