

A. A. Alzubadi*, C. M. Aldulaimi

Фізичний факультет, Науковий коледж, Багдадський університет, Багдад, Ірак

*Відповідальний автор: ali.abdullatif@sc.uobaghdad.edu.iq

ТРИАКСІАЛЬНА ДЕФОРМАЦІЯ ЯДЕР ПОБЛИЗУ ЛІНІЇ НЕЙТРОННОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ АНАЛІЗУ РЕЛЯТИВІСТСЬКОГО СЕРЕДНЬОГО ПОЛЯ

Дане дослідження присвячено деформації нейтронно-збагачених ядер поблизу лінії нейтронної нестабільності. Розглянуті ядра включають ^{28}O , ^{42}Si , ^{58}Ca , ^{80}Ni , ^{100}Kr , ^{122}Ru , ^{152}Ba , ^{166}Sm і ^{176}Er . Для дослідження триаксіальної деформації використовується релятивістський метод Хартрі - Боголюбова (RHB) з ефективним точковим зв'язком, що залежить від густини, а для аналізу аксіальної деформації використовується метод Скірма - Хартрі - Фока + Бардіна - Купера - Шріффера. Дослідження мало на меті зрозуміти зв'язок між ядерними силами, взаємодією частинок і оболонковою структурою, щоб отримати уяву про унікальну поведінку багатих нейтронами ядер. Незважаючи на те, що ці ядра містять магічні числа, на їхню форму все ще впливає колективна поведінка нуклонів та рівні енергії. Зі збільшенням кількості нейтронів форма плавно переходить від сферичної до триаксіальної, а потім до витягнутої. Аналіз аксіальної деформації підтвердив результати аналізу триаксіальної деформації методом RHB. Дисбаланс у кількості протонів і нейтронів може вплинути на енергію спарювання, де додаткові нейтрони можуть зменшити загальну енергію спарювання, а протони можуть порушити спарювання нуклонів через сильніше кулонівське відштовхування між ними.

Ключові слова: релятивістське середнє поле, Хартрі - Фок + Бардін - Купер - Шріффер, тривісна деформація, нейтронна крапельниця, колективний рух.

A. A. Alzubadi*, S. M. Aldulaimi

Department of Physics, College of Science, University of Baghdad, Baghdad, Iraq

*Corresponding author: ali.abdullatif@sc.uobaghdad.edu.iq

RELATIVISTIC MEAN FIELD ANALYSIS OF TRIAXIAL DEFORMATION FOR NUCLEI NEAR THE NEUTRON DRIP LINE

The present study focuses on the deformation of neutron-rich nuclei near the neutron drip line. The nuclei of interest include ^{28}O , ^{42}Si , ^{58}Ca , ^{80}Ni , ^{100}Kr , ^{122}Ru , ^{152}Ba , ^{166}Sm , and ^{176}Er . The relativistic Hartree - Bogoliubov (RHB) approach with effective density-dependent point coupling is utilized to investigate the triaxial deformation, and Skyrme - Hartree - Fock + Bardeen - Cooper - Schrieffer is used to analyze the axial deformation. The study aimed to understand the interplay between nuclear forces, particle interactions, and shell structure to gain insights into the unique behavior of neutron-rich nuclei. Despite these nuclei containing magic numbers, their shapes are still affected by the nucleons' collective behavior and energy levels. As the number of neutrons increases, the shape smoothly transitions from spherical to triaxial and then to prolate. The axial deformation analysis confirmed the results of the triaxial deformation analysis using the RHB method. An imbalance in the number of protons and neutrons can affect pairing energy, where extra neutrons can reduce overall pairing energy, and protons can disrupt the nucleon pairing due to stronger Coulomb repulsion between them.

Keywords: relativistic mean-field, Hartree - Fock + Bardeen - Cooper - Schrieffer, triaxial deformation, neutron dripline, collective motion.

REFERENCES

1. K. Heyde. *Basic Ideas and Concepts in Nuclear Physics*. 2nd edition (Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 1999) 524 p.
2. N. Takigawa, K. Washiyama. *Fundamentals of Nuclear Physics* (Tokyo-Japan: Springer, 2017) 269 p.
3. A. Shukla, S. K. Patra (Eds.). *Nuclear Structure Physics* (Taylor & Francis Group, 2020) 416 p.
4. W. Koepf, P. Ring. Has the nucleus ^{24}Mg a triaxial shape? a relativistic investigation. *Phys. Lett. B* 212 (1988) 397.
5. G.A. Lalazissis, M.M. Sharma. Ground-state properties of exotic nuclei near $Z = 40$ in the relativistic mean-field theory. *Nucl. Phys. A* 586 (1995) 201.
6. D. Hirata et al. Triaxial deformation of unstable nuclei in the relativistic mean-field theory. *Nucl. Phys. A* 609 (1996) 131.
7. J.M. Yao et al. Candidate multiple chiral doublets nucleus ^{106}Rh in a triaxial relativistic mean-field approach with time-odd fields. *Phys. Rev. C* 79 (2009) 067302.
8. Z.P. Li et al. Relativistic energy density functionals: Low-energy collective states of ^{240}Pu and ^{166}Er . *Phys. Rev. C* 81 (2010) 064321.

9. J.M. Yao. Configuration mixing of angular-momentum-projected triaxial relativistic mean-field wave functions. II. Microscopic analysis of low-lying states in magnesium isotopes. *Phys. Rev. C* 83 (2011) 014308.
10. B.-N. Lu et al. Multidimensionally-constrained relativistic mean-field models and potential-energy surfaces of actinide nuclei. *Phys. Rev. C* 89 (2014) 014323.
11. W.X. Xue et al. Triaxially deformed relativistic point-coupling model for Λ hypernuclei: A quantitative analysis of the hyperon impurity effect on nuclear collective properties. *Phys. Rev. C* 91 (2015) 024327.
12. H. Abusara, S. Ahmad. Shape evolution in Kr, Zr, and Sr isotopic chains in covariant density functional theory. *Phys. Rev. C* 96 (2017) 064303.
13. J.-U. Nabi et al. The nuclear ground-state properties and stellar electron emission rates of ^{76}Fe , ^{78}Ni , ^{80}Zn , ^{126}Ru , ^{128}Pd and ^{130}Cd using RMF and pn-QRPA models. *Nucl. Phys. A* 1015 (2021) 122278.
14. V. Kumar et al. The microscopic studies of the even-even $^{12-28}\text{O}$, $^{34-60}\text{Ca}$, $^{48-80}\text{Ni}$, and $^{100-134}\text{Sn}$ using covariant density functional theory. *Nucl. Phys. A* 1022 (2022) 122429.
15. Y.-T. Rong et al. Anatomy of octupole correlations in ^{96}Zr with a symmetry-restored multidimensionally-constrained covariant density functional theory. *Phys. Lett. B* 840 (2023) 137896.
16. T. Nikšić et al. DIRHB – A relativistic self-consistent mean-field framework for atomic nuclei. *Comput. Phys. Commun.* 185(6) (2014) 1808.
17. H.A. Bahr, A.A. Alzubadi. Relativistic and nonrelativistic mean field analysis of the shell evolution in $^{44-52}\text{Ar}$ isotopes. *Int. J. Mod. Phys. E* 31(4) (2022) 2250029.
18. A.A. Allami, A.A. Alzubadi. Study of the nuclear structure of some exotic nuclei using nonrelativistic and relativistic mean-field methods. *Int. J. Mod. Phys. E* 29(12) (2020) 2050090.
19. W. Koepf, P. Ring. A relativistic description of rotating nuclei: The yrast line of ^{20}Ne . *Nucl. Phys. A* 493(1) (1989) 61.
20. P. Ring, P. Schuck. *The Nuclear Many-Body Problem* (Berlin: Springer-Verlag, 1980).
21. A. Staszczak et al. Augmented Lagrangian method for constrained nuclear density functional theory. *Eur. Phys. J. A* 46 (2010) 85.
22. A. Bohr, B.R. Mottelson. *Nuclear Structure*. In 2 volumes (New York, USA: Benjamin, 1975) 1256 p.
23. A.A. Alzubadi. Investigation of nuclear structure of $^{30-44}\text{S}$ isotopes using spherical and deformed Skyrme-Hartree-Fock method. *Indian J. Phys.* 89 (2015) 619.
24. A.A. Alzubadi, R.S. Obaid. An analysis of the tensor force and pairing correlation on the disappearance of nuclear magicity at $N = 28$ region. *Braz. J. Phys.* 53 (2023) 99.
25. J.-P. Delaroche et al. Structure of even-even nuclei using a mapped collective Hamiltonian and the D1S Gogny interaction. *Phys. Rev. C* 81 (2010) 014303.
26. P. Möller et al. Nuclear ground-state masses and deformations: FRDM (2012). *At. Data Nucl. Data Tables* 109-110 (2016) 1.
27. A. Gade, S.N. Liddick. Shape coexistence in neutron-rich nuclei. *J. Phys. G* 43 (2016) 024001.

Надійшла / Received 05.04.2024