

Далал Наджи Хамід^{1,*}, Алі Халаф Хасан²

¹ Факультет фізики, Коледж наук, Університет Куфи, Куфа, Ірак

² Факультет фізики, Коледж освіти для дівчат, Університет Куфи, Наджаф, Ірак

*Відповідальний автор: dalal.alkaraawi@uokufa.edu.iq

ЕНЕРГЕТИЧНІ РІВНІ ЯДЕР ⁴⁰Sc ТА ⁴⁰K ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАПІВКЛАСИЧНОГО КУТА ЗВ'ЯЗКУ $\theta_{1,2}$ В МОДИФІКОВАНІЙ ПОВЕРХНЕВІЙ ДЕЛЬТА-ВЗАЄМОДІЇ

Оболонкову модель ядра з використанням модифікованої поверхневої дельта-взаємодії було застосовано в цій роботі для обчислення енергетичних рівнів ізобарних ядер ⁴⁰Sc та ⁴⁰K в стані частинка-дірка. Частинки знаходяться в стані ($1f_{7/2}$), тоді як дірки знаходяться в стані ($1d_{3/2}$, $1s_{1/2}$, $1d_{5/2}$). Загальний кутовий момент і парність визначено для можливих частинок і дірок у вищезазначених ядрах. Автори знайшли таким чином залежність між рівнями енергії та напівкласичним кутом зв'язку $\theta_{1,2}$ для різних орбіталей у межах конфігурації частинка-дірка. Можна відзначити, що рівні енергії наближено описуються двома універсальними функціями, які залежать від напівкласичного кута зв'язку $\theta_{1,2}$. Показано, що теоретичні розрахунки узгоджуються з експериментальними даними.

Ключові слова: оболонкова модель, енергетичні рівні, модифікована поверхнева дельта-взаємодія, ⁴⁰Sc, ⁴⁰K, частинка-дірка.

Далал Наджи Хамід^{1,*} Али Халаф Хасан²

¹ Факультет фізики, Коледж наук, Університет Куфи, Куфа, Ірак

² Факультет фізики, Коледж освіти для дівчат, Університет Куфи, Наджаф, Ірак

*Ответственный автор: dalal.alkaraawi@uokufa.edu.iq

ЕНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УРОВНИ ЯДЕР ⁴⁰Sc И ⁴⁰K ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛУКЛАСИЧЕСКОГО УГЛА СВЯЗИ $\theta_{1,2}$ В МОДИФИЦИРОВАННОМ ПОВЕРХНОСТНОМ ДЕЛЬТА-ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

Оболочечная модель ядра с использованием модифицированного поверхностного дельта-взаимодействия была применена в этой работе для вычисления энергетических уровней изобарных ядер ⁴⁰Sc и ⁴⁰K в состоянии частица-дырка. Частицы находятся в состоянии ($1f_{7/2}$), тогда как дырки находятся в состоянии ($1d_{3/2}$, $1s_{1/2}$, $1d_{5/2}$). Общий угловой момент и четность определены для возможных частиц и дырок у вышеупомянутых ядрах. Авторы нашли таким образом зависимость между уровнями энергии и полуклассическим углом связи $\theta_{1,2}$ для различных орбиталей в пределах конфигурации частица-дырка. Можно отметить, что уровни энергии приближенно описываются двумя универсальными функциями, которые зависят от полуклассического угла связи $\theta_{1,2}$. Показано, что теоретические расчеты согласуются с экспериментальными данными.

Ключевые слова: оболочечная модель, энергетические уровни, модифицированное поверхностное дельта-взаимодействие, ⁴⁰Sc, ⁴⁰K, частица-дырка.

Dalal Naji Hameed^{1,*}, Ali Khalaf Hasan²

¹ Department of Physics, College of Science, University of Kufa, Kufa, Iraq

² Department of Physics, College of Education for Girls, University of Kufa, Najaf, Iraq

*Corresponding author: dalal.alkaraawi@uokufa.edu.iq

ENERGY LEVELS OF NUCLEI ⁴⁰Sc AND ⁴⁰K AS A FUNCTION OF SEMI-CLASSICAL COUPLING ANGLE $\theta_{1,2}$ WITHIN THE MODIFIED SURFACE DELTA-INTERACTION

In this work, nuclear shell model was applied using modified surface delta-interaction to calculate, in particle-hole state, the energy levels of isobar nuclei ⁴⁰Sc and ⁴⁰K. Particles are in the model space ($1f_{7/2}$) while the holes are found in the model space ($1d_{3/2}$, $1s_{1/2}$, $1d_{5/2}$). The total angular momentum and parity are identified for possible particles and holes in nuclei above. Thus, we have used a theoretical study to find relationship between energy levels and the semi-classical coupling angle $\theta_{1,2}$ at different orbitals within particle-hole configuration. We notice the energy levels seem to follow two universal functions which depend on the semi-classical coupling angles $\theta_{1,2}$. We found the theoretical data agree to the experimental data.

Keywords: shell model, energy levels, modified surface delta-interaction, ⁴⁰Sc, ⁴⁰K, particle-hole.

REFERENCES

1. A. Heusler, R.V. Jolos, P. von Brentano. Excitation energies of particle-hole states in ^{208}Pb and the surface delta interaction. *Phys. At. Nucl.* **76** (2013) 807.
2. I. Talmi. The shell model-successes and limitation. *Nucl. Phys. A* **507** (1990) 295.
3. R. Arvien, S.A. Moszkowski. Generalized seniority and the surface delta interaction. *Phys. Rev.* **145** (1966) 831.
4. A. Molinari et al. Effective two-body interaction in simple nuclear spectra. *Nucl. Phys. A* **239** (1975) 45.
5. P. Van Isacker. Geometry of shell-model matrix elements. *EPJ Web Conferences* **78** (2014) 03004.
6. P. Van Isacker. A geometry for the shell model. *EPJ Web Conferences* **178** (2018) 05002.
7. E. Caurier et al. The shell model as a unified view of nuclear structure. *Rev. Mod. Phys.* **77** (2005) 427.
8. J.P. Schiffer. The spectra of near-magic odd-odd nuclei and the effective interaction. *Ann. Phys.* **66** (1971) 798.
9. D.S. Chuu et al. Shell-model calculations of one-hole states in the nuclei of $A = 41 - 43$. *Phys. Rev. C* **27** (1983) 380.
10. A. Heusler et al. Complete identification of states in ^{208}Pb below $E_x = 6.2$ MeV. *Phys. Rev. C* **93** (2016) 054321.
11. A. Heusler, R.V. Jolos, P. von Brentano. Description of one-particle one-hole configurations coupled to the 3-yrast state in the doubly magic nucleus ^{208}Pb . *Phys. Rev. C* **99** (2019) 034323.
12. A.H. Taqi. Particle-particle and hole-hole random phase approximation calculations for ^{42}Ca and ^{38}Ca . *Acta Phys. Pol. B* **41** (2010) 1327.
13. N.A.F.M. Poppelier, P.W.M. Glaudemans. Particle-hole excitations in the ^{208}Pb mass region. *Z. Phys. A* **329** (1988) 275.
14. F.A. Majeed, R.A. Radhi. Dipole and quadrupole electro excitations of the isovector $T = 1$ particle-hole states in ^{12}C . *Chin. Phys. Lett.* **23** (2006) 2699.
15. M. Moinester et al. Multipole analysis of particle-particle or particle-hole multiplets. *Phys. Rev.* **179** (1969) 984.
16. I. Talmi. *Simple Models of Complex Nuclei* (Switzerland: Harwood Academic Publishers, 1993).
17. P. Johnstone. Effective interaction for one-hole states in K isotopes. *Phys. Rev. C* **22** (1980) 2561.
18. W.W. Daehnick. The residual interaction of bound nucleons-two-nucleon matrix elements deduced from transfer experiments. *Phys. Rep.* **96** (1983) 317.
19. P.M. Endt. Energy levels of $A = 21 - 44$ nuclei. *Nucl. Phys. A* **521** (1990) 1.
20. N. Schulz et al. Identification of particle-hole multiplets in ^{40}Sc . *Nucl. Phys. A* **162** (1971) 349.
21. V.Y. Hansper et al. Measurement of the $^{40}\text{Ca}(^3\text{He}, t)^{40}\text{Sc}$ reaction. *Phys. Rev. C* **61** (2000) 028801.
22. H.T. Fortune, R. Sherr. $2p_{3/2}$ strength in $^{40,41}\text{Sc}$ and the $^{39}\text{Ca}(p, \gamma)$ reaction rate. *Phys. Rev. C* **65** (2002) 067301.
23. K. Heyde. *The Nuclear Shell Model. Study Edition* (Berlin: Springer-Verlag, 1994).
24. S.M. Austin, G.M. Crawley. *The Two-Body Force in Nuclei* (London-New York: Plenum Press, 1972).
25. R.F. Casten. *Nuclear Structure from a Simple Perspective* (Oxford: University Press, 1990).
26. J. Suhonen. *From Nucleons to Nucleus. Concepts of Microscopic Nuclear Theory* (Berlin: Springer, 2007).
27. A.K. Hasan, A.R.H. Subber. Level structure of ^{210}Po by means of surface delta interaction. *Turk. J. Phys.* **37** (2013) 348.
28. D.N. Hameed, A.K. Hasan. Energy levels of isobaric nuclei (^{16}N , ^{16}F) within the modified surface delta-interaction model. *Ukr. J. Phys.* **63** (2018) 579.
29. P.J. Brussaard, P.W.M. Glaudemans. *Shell-Model Applications in Nuclear Spectroscopy* (North-Holland, Amsterdam, 1977).
30. A.E.L. Dieperink et al. An investigation of the odd-parity states of ^{40}Ca with the Tabakin interaction and the MSDI. *Nucl. Phys. A* **116** (1968) 556.
31. R. Arvien, S.A. Moszkowski. Generalized seniority and the surface delta interaction. *Phys. Rev.* **145** (1966) 830.
32. R.D. Lawson. *Theory of the Nuclear Shell Model* (Oxford: Clarendon Press, 1980).
33. P.W.M. Glaudemans et al. Two-body matrix elements from a modified surface delta interaction. *Nucl. Phys. A* **102** (1967) 593.
34. A. Faessler, A. Plastino. The surface delta interaction in the transuranic nuclei. *Zeitschrift für Physik* **203**(4) (1967) 333.
35. P. van Isacker, A.O. Macchiavelli. Geometry of the shears mechanism in nuclei. *Phys. Rev. C* **87** (2013) 061301.
36. M. Wang et al. The Ame2012 atomic mass evaluation. *Chin. Phys. C* **36** (2012) 1603.
37. M.M. Be et al. *Table of radionuclides A = 1 to 150. Monographies BIPM-5. Vol. 1* (2004) 173.
38. J. Chen. Nuclear Data Sheets for $A = 40$. *Nucl. Data Sheets* **140** (2017) 340.

Надійшла 20.02.2019

Received 20.02.2019