

С. Б. Дома\*

Кафедра математики та інформатики  
Природничого факультету Александрійського університету, Александрія, Єгипет

\*Відповідальний автор: sbdoma@alexu.edu.eg

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНОГО ТА ЗБУДЖЕНИХ СТАНІВ ЯДЕР З $A = 6$

Енергія зв'язку, середньоквадратичний радіус, магнітний дипольний момент, електричний квадрупольний момент та момент інерції ядра  ${}^6\text{Li}$  були обчислені за допомогою різних моделей. Трансляційно-інваріантна оболонкова модель була застосована для обчислення енергії зв'язку, середньоквадратичного радіуса та магнітного дипольного моменту з використанням дво- та тричастинкових взаємодій. Також спектри ядер з  $A = 6$  були обчислені в трансляційно-інваріантній оболонковій моделі. До того ж було розраховане значення  $ft$  для дозволеного переходу  ${}^6\text{He} \{J^\pi = 0^+; T = 1\} \beta^- \rightarrow {}^6\text{Li} \{J^{\pi'} = 1^+; T' = 0\}$ . Для розрахунку моменту інерції  ${}^6\text{Li}$  була застосована концепція одночастинкової рідини Шредінгера для аксіально-симетричних деформованих ядер. Також було розраховано магнітний дипольний момент та електричний квадрупольний момент ядра  ${}^6\text{Li}$  для цього випадку аксіально-симетричної форми. Крім того, модель ядерної надплинності була застосована для обчислення моменту інерції  ${}^6\text{Li}$ , базуючись на одночастинковому деформованому анізотропному осциляторному потенціалі з доданим спін-орбітальним членом та членом, пропорційним квадрату орбітального моменту імпульсу, як зазвичай у цьому випадку. Отримані одночастинкові хвильові функції були використані для обчислення магнітного дипольного моменту та електричного квадрупольного моменту  ${}^6\text{Li}$ .

*Ключові слова:* трансляційно-інваріантна оболонкова модель, ядра з  $A = 6$ , енергія зв'язку, спектр, середньоквадратичний радіус, магнітний дипольний момент, квадрупольний момент,  $ft$ -значення, одночастинкова рідина Шредінгера, модель ядерної надплинності.

S. B. Doma\*

Department of Mathematics and Computer Science, Faculty of Science,  
Alexandria University, Alexandria, Egypt

\*Corresponding author: sbdoma@alexu.edu.eg

## GROUND AND EXCITED STATE CHARACTERISTICS OF THE NUCLEI WITH $A = 6$

The binding energy, the root-mean-square radius, the magnetic dipole moment, the electric quadrupole moment, and the moment of inertia of the nucleus  ${}^6\text{Li}$  are calculated by applying different models. The translation invariant shell model is applied to calculate the binding energy, the root-mean-square radius, and the magnetic dipole moment by using two- and three-body interactions. Also, the spectra of the nuclei with  $A = 6$  are calculated by using the translation-invariant shell model. Moreover, the  $ft$ -value of the allowed transition:  ${}^6\text{He} \{J^\pi = 0^+; T = 1\} \beta^- \rightarrow {}^6\text{Li} \{J^{\pi'} = 1^+; T' = 0\}$  is also calculated. Furthermore, the concept of the single-particle Schrödinger fluid for axially symmetric deformed nuclei is applied to calculate the moment of inertia of  ${}^6\text{Li}$ . Also, we calculated the magnetic dipole moment and the electric quadrupole moment of the nucleus  ${}^6\text{Li}$  in this case of axially symmetric shape. Moreover, the nuclear superfluidity model is applied to calculate the moment of inertia of  ${}^6\text{Li}$ , based on a single-particle deformed anisotropic oscillator potential added to it a spin-orbit term and a term proportional to the square of the orbital angular momentum, as usual in this case. The single-particle wave functions obtained in this case are used to calculate the magnetic dipole moment and the electric quadrupole moment of  ${}^6\text{Li}$ .

*Keywords:* translation invariant shell model, nuclei with  $A = 6$ , binding energy, spectrum, root-mean-square radius, magnetic dipole moment, quadrupole moment,  $ft$ -value, single-particle Schrödinger fluid, nuclear superfluidity model.

## REFERENCES

1. A.M. Lane. Studies in Intermediate Coupling: III The Lithium Isotopes. *Proc. Phys. Soc. Sect. A* 68(3) (1955) 189.
2. F.C. Barker. Intermediate coupling shell-model calculations for light nuclei. *Nucl. Phys.* 83(2) (1966) 418.
3. H.A. Bethe, J. Goldstone. Effect of a repulsive core in the theory of complex nuclei. *Proc. Roy. Soc. A* 238 (1957) 551.
4. F.C. Khanna, Y.C. Tang, K. Wildermuth.  ${}^6\text{Li}$  Plus Neutron Configuration in  ${}^7\text{Li}$ . *Phys. Rev.* 124 (1961) 515.
5. S.B. Doma, A.M. El-Zebidy. Cluster-Cluster Potentials for the Lithium Nuclei. *Int. J. Mod. Phys. E* 14(2) (2005) 189.

6. T.I. Kopaleishvili et al. Alpha-Deuteron Model of the  ${}^6\text{Li}$  Nucleus. [Soviet Physics JETP 11 \(1960\) 6](#).
7. N. Michell, W. Nazarewicz, M. Ploszajczak. Proton-neutron coupling in the Gamow shell model: The Lithium chain. [Phys. Rev. C 70 \(2004\) 064313](#).
8. B.S. Cooper, J.M. Eisenberg. Odd-parity states in the  $A=6$  and  $14$  systems. [Nucl. Phys. A 114 \(1968\) 184](#).
9. D.C. Zheng et al. Microscopic calculations of the spectra of light nuclei. [Phys. Rev. C 48\(3\) \(1993\) 1083](#).
10. D.C. Zhenge et al. Auxiliary potential in no-core shell-model calculations. [Phys. Rev. C 51\(5\) \(1995\) 2471](#).
11. P. Navrátil et al. Six-Nucleon Spectroscopy from a Realistic Nonlocal Hamiltonian. [Phys. Rev. Lett. 87\(17\) \(2001\) 172502](#).
12. P. Navrátil, B.R. Barrett. Large-basis shell-model calculations for  $p$ -shell nuclei. [Phys. Rev. C 57\(6\) \(1998\) 3119](#).
13. S.B. Doma. Studies of positive parity states of nuclei with  $A=6$  in the unitary scheme model. Bulletin of the Georgian Academy of Science, Tbilisi State Univ. 74(3) (1974) 585.
14. S.B. Doma, T.I. Kopaleyshvili, I.Z. Machabeli. Study on the  $A=6$  nuclei in basis of the unitarity scheme model. [Sov. J. Nucl. Phys. 21 \(1975\) 720](#).
15. S.B. Doma. Unitary scheme model calculations of  $A=6$  nuclei with realistic interactions. [Ukr. J. Phys. 42\(3\) \(1997\) 279](#).
16. S.B. Doma. Ground state characteristics of the light nuclei with  $A\leq 6$  on the basis of the translation invariant shell model by using nucleon-nucleon interaction. [Chin. Phys. C 26\(9\) \(2002\) 941](#).
17. S.B. Doma. Unitary scheme model study of  ${}^4\text{He}$  with the Gogny, Pires and de Tourreil interaction. [Helv. Phys. Acta 58 \(1985\) 1072](#).
18. S.B. Doma, N.A. El-Nohy, K.K. Gharib. The ground-state characteristics of deuteron using Gaussian potentials. [Helv. Phys. Acta 69 \(1996\) 90](#).
19. S.B. Doma. Study of Nuclei with  $A=5$  on the Basis of the Unitary Scheme Model. [Int. J. Mod. Phys. E 12\(3\) \(2003\) 421](#).
20. S.B. Doma, A.F.M. El-Zebidy, M.A. Abdel-Khalik. A Unitary Scheme Model to Calculation of the Nuclei with  $A=7$  Using Effective Two Body Interactions. [Int. J. Nonlinear Sci. and Numerical Simulation 5\(2\) \(2004\) 99](#).
21. S.B. Doma, A.F.M. El-Zebidy, M.A. Abdel-Khalik. The mean lifetime of the  $\beta$ -decay and the nuclear magnetic dipole moment for nuclei with  $A=7$ . [J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 34\(1\) \(2007\) 27](#).
22. S.B. Doma, H.S. El-Gendy. Unitary scheme model calculations of the ground and excited state characteristics of  ${}^3\text{H}$  and  ${}^4\text{He}$ . [J. Phys. Commun. 2\(6\) \(2018\) 065005](#).
23. S.B. Doma, H.S. El-Gendy, M.M. Hammad. Large basis unitary scheme model calculations for the mirror nuclei with  $A=7$ . [Chin. J. Phys. 63 \(2020\) 21](#).
24. D.R. Inglis. Particle derivation of nuclear rotation properties associated with a surface wave. [Phys. Rev. 96\(4\) \(1954\) 1059](#).
25. A. Bohr, B.R. Mottelson. [Nuclear Structure. Vol. II \(New York: Benjamin, 1975\)](#).
26. D.R. Inglis. Nuclear moments of inertia due to nucleon motion in a rotating well. [Phys. Rev. 103\(6\) \(1956\) 1786](#).
27. K.K. Kan, J.J. Griffin. Single-particle Schrödinger fluid. I. Formulation. [Phys. Rev. C 15\(3\) \(1977\) 1126](#).
28. K.K. Kan, J.J. Griffin. Independent Particle Schrödinger Fluid: Moments of Inertia. [Nucl. Phys. A 301\(2\) \(1978\) 258](#).
29. S.B. Doma. The Single-Particle Schrödinger Fluid and Moments of Inertia of Deformed Nuclei. [Chin. Phys. C 26\(8\) \(2002\) 836](#).
30. S.B. Doma, M.M. Amin. The single particle Schrödinger fluid and moments of inertia of the nuclei  ${}^{24}\text{Mg}$ ,  ${}^{25}\text{Al}$ ,  ${}^{27}\text{Al}$ ,  ${}^{183}\text{W}$  and  ${}^{238}\text{Pu}$ . [Int. J. Mod. Phys. E 11\(5\) \(2002\) 455](#); S.B. Doma, M.M. Amin. Single Particle Schrödinger Fluid and Moments of Inertia of the Even- Even Uranium Isotopes. [The Open Applied Mathematics Journal 3 \(2009\) 1](#); S.B. Doma, H.S. El-Gendy. Investigations of the Collective Properties of the Even Uranium Isotopes. [Phys. Rev. Res. Int. 4\(2\) \(2014\) 292](#).
31. S.B. Doma, The Structure of the Nucleus  ${}^6\text{Li}$ . [Research Gate, 2015](#).
32. D. Gogny, P. Pires, R. De Tourreil. A smooth realistic local nucleon-nucleon force is suitable for nuclear Hartree-Fock calculations. [Phys. Lett. B 32\(7\) \(1970\) 591](#).
33. S. Veerasamy, W.N. Polyzou. Momentum-space, Argonne V18 interaction. [Phys. Rev. C 84\(3\) \(2011\) 034003](#).
34. R.B. Wiringa, V.G.J. Stoks, R. Schiavilla. Accurate nucleon-nucleon potential with charge-independence breaking. [Phys. Rev. C 51\(1\) \(1995\) 38](#); B.S. Pudliner et al. Quantum Monte Carlo calculations of nuclei with  $A\sim 7$ . [Phys. Rev. C 56\(4\) \(1997\) 1720](#).
35. B.S. Pudliner et al. Quantum Monte Carlo Calculations of  $A\leq 6$  Nuclei. [Phys. Rev. Lett. 74\(22\) \(1995\) 4396](#); S.C. Pieper et al. Realistic models of pion-exchange three-nucleon interactions. [Phys. Rev. C 64\(1\) \(2001\) 014001](#); S. Goudarzi, H.R. Moshfegh, P. Haensel. The role of three-body forces in nuclear symmetry energy and symmetry free energy. [Nucl. Phys. A 969 \(2018\) 206](#).
36. V.V. Vanagas. [Algebraic Methods in Nuclear Theory \(Vilnius: Mintis, 1971\)](#).
37. G.A. Lalazissis, C.P. Panos. Isospin dependence of the oscillator spacing. [Phys. Rev. C 51\(3\) \(1995\) 1247](#).
38. S.B. Doma. Moments of Inertia of Deformed Nuclei. [Journal of Fractional Calculus and Applied Analysis 2\(5\) \(1999\) 637](#).
39. S.T. Belyaev. Effect of pairing correlations on nuclear properties. [Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk. 31 \(1959\) 11](#).
40. V.G. Neudatchin, Yu.F. Smirnov, N.F. Golovanova. Clustering Phenomena and High-Energy Reactions. In:

[Advances in Nuclear Physics. Vol. 11. J. W. Negele, E. Vogt \(eds.\) \(New York: Plenum Press, 1979\).](#)

41. S.B. Doma, I.Z. Machabeli. Orbital fractional parentage coefficients in the unitary scheme model. Proc. of Tbilisi University A 9 (1975) 57; S.B. Doma. Orbital Fractional Parentage Coefficients for Nuclei with  $A = 3$ . Indian J. Pure Appl. Math. 10(5) (1979) 521.
42. S.G. Nilsson. Binding states of individual nucleons in strongly deformed nuclei. [Dan. Mat. Fys. Medd. 29\(16\) \(1955\) 75 p.](#)
43. S. Malmskog, J. Conijn. Nucl. Phys. 38 (1962) 196; F.C. Barker. Intermediate coupling shell-model calculations for light nuclei. [Nucl. Phys. 83\(2\) \(1966\) 418.](#)
44. F. Ajzenberg-Selove. Energy levels of light nuclei  $A = 5 - 10$ . [Nucl. Phys. A 490\(1\) \(1988\) 1.](#)
45. P. Navrátil et al. Six-Nucleon Spectroscopy from a Realistic Nonlocal Hamiltonian. [Phys. Rev. Lett. 87\(17\) \(2001\) 172502.](#)
46. P. Raghavan. Table of nuclear moments. [Atom. Data Nucl. Data Tabl. 42\(2\) \(1989\) 189.](#)
47. [W.F. Hornyak. Nuclear Structure \(New York: Academic Press, 1975\);](#) C.L. Dunford, R.R. Kinsey. NuDat System for Access to Nuclear Data. [IAEA-NDS-205 \(BNL-NCS-65687\) \(IAEA, Vienna, Austria, 1998\).](#)

Надійшла/Received 06.05.2020