

**Фахмі Ш. Радхі¹, Худа Х. Кассім², Муштак А. Аль-Джубборі³, І. Хоссейн⁴,
Фадхіл І. Шаррад^{2,5}, Н. Алдахан⁵, Хева І. Абдулла⁶**

¹ Факультет фізики, Коледж точних наук, Університет Басри, Басра, Ірак

² Факультет фізики, Коледж науки, Університет Кербели, Кербела, Ірак

³ Факультет фізики, Коледж точних наук, Університет Мосула, Мосул, Ірак

⁴ Факультет фізики, Коледж науки та мистецтв Рабіг, Університет короля Абдул-Азіза,
Рабіг, Саудівська Аравія

⁵ Коледж охорони здоров'я та медичних технологій, Університет Алкафіль, Наджаф, Ірак

⁶ Кафедра фізики, Педагогічний факультет, Міжнародний університет Тішк, Ербіл, Ірак

*Відповідальний автор: mihossain@kau.edu.sa

ОПИС ЕНЕРГЕТИЧНИХ РІВНІВ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ РОЗПАДУ ЯДРА ¹⁵⁸Gd

Для опису ядра ¹⁵⁸Gd використовуються моделі IBM-1 і IBM-2 із SU(3). Зроблено розрахунки енергетичних рівнів для основного стану, бета- та гамма-зон, які налічують 15 енергетичних рівнів. Однак ми виявили, що енергетичні стани з однаковим спіном у бета- та коливальних зонах стають виродженими. При порушенні динамічної симетрії SU(3) введенням парної взаємодії виродження знімається, а рівні енергії мають той же порядок, що й експериментальні.

Ключові слова: IBM-1, IBM-2, енергетичний рівень, потенційна енергія, ¹⁵⁸Gd.

**Fahmi Sh. Radhi¹, Huda H. Kassim², Mushtaq A. Al-Jubbori³, I. Hossain^{4,*},
Fadhil I. Sharrad^{2,5}, N. Aldahan⁵, Hewa Y. Abdullah⁶**

¹ Department of Physics, College of Education for Pure Science, University of Basrah, Basrah, Iraq

² Department of Physics, College of Science, Karbala University, Karbala, Iraq

³ Department of Physics, College of Education for Pure Sciences, University of Mosul, Mosul, Iraq

⁴ Department of Physics, Rabigh College of Science & Arts, King Abdulaziz University, Rabigh, Saudi Arabia

⁵ College of Health and Medical Technology, University of Alkafeel, Najaf, Iraq

⁶ Physics Education Department, Faculty of Education, Tishk International University, Erbil, Iraq

*Corresponding author: mihossain@kau.edu.sa

DESCRIPTION OF ENERGY LEVELS AND DECAY PROPERTIES IN ¹⁵⁸Gd NUCLEUS

In this paper, IBM-1 and IBM-2 with a SU(3) limit are used to describe the ¹⁵⁸Gd isotope. The calculations of energy levels in the ground state, beta-, and gamma-bands are made up, which account for 15 energy levels. However, we found that the energy states of the same spin of the beta- and vibrational bands become degenerate states. In breaking the SU(3) dynamical symmetry by introducing a value of pairing interaction, the degeneracy is lifted and the energy levels are brought up to the same order as the experimental ones.

Keywords: IBM-1, IBM-2, energy level, potential energy, ¹⁵⁸Gd.

REFERENCES

1. F. Iachello, A. Arima. *The Interacting Boson Model* (Cambridge, Cambridge University Press, 1987).
2. G.L. Long, S.J. Zhu, H.Z. Sun. Description of ^{116,118,120}Cd in the interacting boson model. *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* 21 (1995) 331.
3. F. Iachello. Analytic Description of Critical Point Nuclei in a Spherical-Axially Deformed Shape Phase Transition. *Phys. Rev. Lett.* 87 (2001) 525052.
4. P. Cejnar, J. Jolie, R.F. Casten. Quantum phase transitions in the shapes of atomic nuclei. *Rev. Mod. Phys.* 82 (2010) 2155.
5. R.F. Casten, E.A. McCutchan. Quantum phase transitions and structural evolution in nuclei. *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* 34 (2007) R285.
6. H.R. Yazar et al. The Investigation of Electromagnetic Transition Probabilities of Gadolinium Isotopes with the IBFM-1 Model. *Chin. J. Phys.* 48(3) (2010) 344.
7. J.E. García-Ramos et al. Two-neutron separation energies, binding energies and phase transitions in the interacting boson model. *Nucl. Physics A* 688 (2001) 735.
8. J.E. García-Ramos et al. Phase transitions and critical points in the rare-earth region. *Phys. Rev. C* 68 (2003) 024307.
9. F. Iachello, N.V. Zamfir. Quantum Phase Transitions in Mesoscopic Systems. *Phys. Rev. Lett.* 92 (2004) 212501.

10. M.J.A. de Voigt, J. Dudek, Z. Szymański. High-spin phenomena in atomic nuclei. *Rev. Mod. Phys.* **55** (1983) 949.
11. S.R. Leshner et al. New 0^+ states in ^{158}Gd . *Phys. Rev. C* **66** (2002) 051305.
12. S.R. Leshner et al. Study of 0^+ excitations in ^{158}Gd with the $(n, n'\gamma)$ reaction. *Phys. Rev. C* **76** (2007) 034318.
13. A.I. Levon et al. New data on 0^+ states in ^{158}Gd . *Phys. Rev. C* **100** (2019) 034307.
14. M.A. Al-Jubbori et al. Deformation properties of the even-even rare-earth Er-Os isotopes for $N = 100$. *Int. J. Mod. Phys. E* **27** (2018) 1850035.
15. M.A. Al-Jubbori et al. Nuclear structure of the even-even rare-earth Er-Os nuclei for $N = 102$. *Indian J. Phys.* **94**(3) (2020) 379.
16. M.A. Al-Jubbori et al. Nuclear Structure of Rare-Earth ^{172}Er , ^{174}Yb , ^{176}Hf , ^{178}W , ^{180}Os Nuclei. *Ukr. J. Phys.* **67**(2) (2022) 127.
17. N.V. Zamfir, Jing-ye Zhang, R.F. Casten. Interpreting recent measurements of 0^+ states in ^{158}Gd . *Phys. Rev. C* **66** (2002) 057303.
18. A.I. Levon et al. High-resolution study of excited states in ^{158}Gd with the (p, t) reaction. *Phys. Rev. C* **102** (2020) 014308.
19. R.F. Casten, D.D. Warner. The interacting boson approximation. *Rev. Mod. Phys.* **60** (1988) 389.
20. A. Arima, F. Iachello. Interacting boson model of collective nuclear states II. The rotational limit. *Ann. Phys.* **111** (1978) 201.
21. A. Arima, F. Iachello. Interacting boson model of collective states I. The vibrational limit. *Ann. Phys.* **99** (1976) 253.
22. F. Iachello. Dynamical Supersymmetries in Nuclei. *Phys. Rev. Lett.* **44** (1980) 772.
23. A. Arima et al. Collective nuclear states as symmetric couplings of proton and neutron excitations. *Phys. Lett. B* **66**(3) (1977) 205.
24. T. Otsuka et al. Shell model description of interacting bosons. *Phys. Lett. B* **76** (1978) 139.
25. G. Puddu, O. Scholten, T. Otsuka. Collective Quadrupole States of Xe, Ba and Ce in the Interacting Boson Model. *Nucl. Phys. A* **348** (1980) 109.
26. T. Otsuka, N. Yoshida. User's manual of the program NPBOS. Report JAERI-M 85-094 (Japan Atomic Energy Research Institute, 1985) 57 p.
27. <http://www.nndc.bnl.gov/ensdf/DatasetFetchServlet>
28. R.G. Helmer. Nuclear Data Sheets for $A = 158$. *Nuclear Data Sheets* **101** (2004) 325.
29. N. Nica. Nuclear Data Sheets for $A = 158$. *Nucl. Data Sheets* **141** (2017) 1.
30. H.H. Kassim. Description of the Ba - Dy ($N = 92$) nuclei in the interacting boson model. *Int. J. Mod. Phys. E* **26**(4) (2017) 1750019.
31. O. Scholten, A.E.L. Dieperink. In: *Interacting Boson-Fermi Systems in Nuclei*. Proc. of a seminar, Erice, Italy, June 1980. F. Iachello (Ed.) (New York, Plenum, 1981).
32. J. Lange, K. Kumar, J.H. Hamilton. $E0$ - $E2$ - $M1$ multipole admixtures of transitions in even-even nuclei. *Rev. Mod. Phys.* **54** (1982) 119.
33. L.I. Govor, A.M. Demidov, I.V. Mikhailov. Multipole mixtures in gamma transitions in ^{158}Gd from the $(n, n'\gamma)$ reaction. *Phys. of Atom. Nuclei* **64** (2001) 1254.
34. L.M. Robledo, R. Rodríguez-Guzmán, P. Sarriguren. Role of triaxiality in the ground-state shape of neutron-rich Yb, Hf, W, Os and Pt isotopes. *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* **36** (2009) 115104.
35. K. Nomura et al. Derivation of IBM Hamiltonian for deformed nuclei. *J. Phys.: Conf. Ser.* **267** (2011) 012050.
36. I. Bentley, S. Frauendorf. Microscopic calculation of interacting boson model parameters by potential-energy surface mapping. *Phys. Rev. C* **83** (2011) 064322.
37. K. Nomura et al. Microscopic formulation of the interacting boson model for rotational nuclei. *Phys. Rev. C* **83** (2011) 041302(R).

Надійшла/Received 03.12.2022