

**О. М. Поворозник\*, О. К. Горпинич**

*Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев, Украина*

\*Відповідальний автор: orestpov@kinr.kiev.ua

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СПОСТЕРЕЖЕНИЕ НЕЙТРОН-НЕЙТРОННЫХ КОРЕЛЯЦИЙ У ЯДРА ${}^6\text{He}$ З РЕАКЦИИ ${}^3\text{H}(\alpha, p\alpha)nn$**

Проаналізовано проекції двовимірних спектрів  $p$ - $\alpha$  збігів із чотиричастинкової реакції  ${}^3\text{H}(\alpha, p\alpha)nn$  при енергії альфа-частинок 27,2 МеВ ( $0 < E_{\text{ex}} < 3,5$  МеВ) на вісь енергії альфа-частинок для шести пар кутів. Результати параметризації за методом Монте-Карло показали, що у випадку першого збудженого стану  ${}^6\text{He}$  при розпаді домінує конфігурація «альфа-частинка + дінейтрон» тільки в обмеженій ділянці фазового простору, а при іншій кінематиці та для другого і третього збуджених станів проявляються конфігурації «альфа-частинка + дінейтрон» та «альфа-частинка + сигара» в різних співвідношеннях.

*Ключові слова:* збуджені стани  ${}^6\text{He}$ , двовимірний спектр збігів, чотиричастинкова реакція, нейтрон-нейтронні кореляції, «дінейтрон», «сигара».

**О. М. Поворозник\*, О. К. Горпинич**

*Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев, Украина*

\*Ответственный автор: orestpov@kinr.kiev.ua

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ НЕЙТРОН-НЕЙТРОННЫХ КОРЕЛЯЦИЙ В ЯДРЕ ${}^6\text{He}$ ИЗ РЕАКЦИИ ${}^3\text{H}(\alpha, p\alpha)nn$**

Проанализированы проекции двухмерных спектров  $p$ - $\alpha$  совпадений из четырехчастичной реакции  ${}^3\text{H}(\alpha, p\alpha)nn$  при энергии альфа-частиц 27,2 МэВ ( $0 \leq E_{\text{ex}} \leq 3,5$  МэВ) на ось энергии альфа-частиц для шести пар углов. Результаты параметризации по методу Монте-Карло показали, что в случае первого возбужденного состояния  ${}^6\text{He}$  при распаде только в ограниченном участке фазового пространства доминирует конфигурация «альфа-частица + динейтрон», а при другой кинематике и для второго и третьего возбужденных состояний проявляются конфигурации «альфа-частица + динейтрон» и «альфа-частица + сигара» в различных соотношениях.

*Ключевые слова:* возбужденные состояния  ${}^6\text{He}$ , двухмерный спектр совпадений, четырехчастичная реакция, нейтрон-нейтронные корреляции, «динейтрон», «сигара».

**О. М. Povoroznyk\*, О. К. Gorpnich**

*Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

\*Corresponding author: orestpov@kinr.kiev.ua

### **EXPERIMENTAL OBSERVATION OF NEUTRON-NEUTRON CORRELATIONS IN NUCLEUS ${}^6\text{He}$ FROM ${}^3\text{H}(\alpha, p\alpha)nn$ REACTION**

The projections of two-dimensional spectra of  $p$ - $\alpha$  coincidences from the four-particle reaction of  ${}^3\text{H}(\alpha, p\alpha)nn$  with the energy of alpha-particles 27.2 MeV on the energy axis of alpha-particles for six pairs of angles are analyzed. The results of the Monte Carlo parameterization show that in the case of the decay of the first excited state of  ${}^6\text{He}$ , the configuration of the “alpha-particle + dineutron” dominates only in a limited phase-space domain, while in other kinematics and for the second and third excited states, the configurations of “alpha-particles + dineutron” and “alpha-particles + cigars” are present in different ratios.

*Keywords:*  ${}^6\text{He}$  excited states, two-dimensional spectrum of  $p$ - $\alpha$  coincidences, four-particle reaction, neutron-neutron correlation, “dineutron”, cigars.

#### REFERENCES

1. F. Ajzenberg-Selove, T. Lauritsen. Energy levels of light nuclei (VI). *Nucl. Phys.* 11 (1959) 1.
2. T. Lauritsen, F. Ajzenberg-Selove. Energy levels of light nuclei (VII). *A = 5 - 10. Nucl. Phys.* 78 (1966) 1.
3. F. Ajzenberg-Selove. Energy levels of light nuclei  $A = 5 - 10$ . *Nucl. Phys. A* 413 (1984) 1.
4. D.R. Tilley et al. Energy levels of light nuclei  $A = 5, 6, 7$ . *Nucl. Phys. A* 708 (2002) 3.
5. X. Mougeot et al. New excited states in the halo nucleus  ${}^6\text{He}$ . *Phys. Lett. B* 718 (2012) 441.
6. Yu.B. Gurov et al. Highly excited states of  ${}^6\text{He}$ . *Bull. Rus. Acad. Sci. Phys.* 79 (2015) 470; *Izvestiya Akademii Nauk RAS. Ser. Fizicheskaya* 79 (2015) 512.
7. B.V. Danilin et al. Three-body continuum structure and response functions of halo nuclei (I):  ${}^6\text{He}$ . *Nucl. Phys. A*

- 632 (1998) 383.
8. I.J. Thompson et al. Pauli blocking in three-body models of halo nuclei. *Phys. Rev. C* 61 (2000) 024318.
  9. B.V. Danilin et al. New modes of halo excitation in the  ${}^6\text{He}$  nucleus. *Phys. Rev. C* 55 (1997) 577.
  10. M.V. Zhukov et al. *Phys. Rep.* 231 (1993) 151; Yu.Ts. Oganessian et al. Dynamics of two-neutron transfer reactions with the Borromean nucleus  ${}^6\text{He}$ . *Phys. Rev. C* 60 (1999) 044605.
  11. M. Furic, H.H. Forster. Two-particle coincidence measurement of four-body break-up: Kinematics, phase space, and the detection of possible resonances. *Nucl. Instrum. Meth.* 98 (1972) 301.
  12. G. Mandaglio et al. First measurement of the 2.4 MeV and 2.9 MeV  ${}^6\text{He}$  three-cluster resonant states via the  ${}^3\text{H}({}^4\text{He}, p\alpha)2n$  four-body reaction. *Modern Physics Letters A* 29 (2014) 1450105; arXiv:1405.1226 [nucl-ex].
  13. O.M. Povoroznyk, V.S. Vasilevsky. Spectrum of Resonance States in  ${}^6\text{He}$ . Experimental and Theoretical Analyses. *Ukr. J. Phys.* 60(3) (2015) 201; arXiv:1503.04308 [nucl-th].
  14. O.M. Povoroznyk et al. Experimental evidence of the  ${}^6\text{He}$  level at  $E^* = 18.3$  MeV by the  ${}^4\text{He} + {}^3\text{H}$  three-body reaction. *Phys. Rev. C* 85 (2012) 064330; arXiv:1205.2063 [nucl-ex].
  15. O.M. Povoroznyk, O.K. Gorpnich, B.G. Struzhko. Investigation of excited states of the  ${}^8\text{Be}$  nucleus in the correlation experiment. *Ukr. J. Phys.* 48(5) (2003) 407. (Ukr)
  16. O.K. Gorpnich et al. Investigation of  ${}^5\text{He}$  resonances and the decay of a 1.8 MeV state in  $\alpha + t$  system. *Izvestiya RAN. Ser. Fizicheskaya* 55(11) (1991) 2253. (Rus)
  17. O.K. Gorpnich et al. Investigation of the first excited level decay of  ${}^6\text{He}$  with  $\alpha + t$  interaction. *Zbirnyk Naukovykh Prats' Instytutu Yadernykh Doslidzhen'* 3(5) (2001) 53. (Ukr)
  18. O.K. Gorpnich et al. Elastic scattering and reactions when alpha-particles interact with tritium. *Bulletin of the Izvestiya RAN. Ser. Fizicheskaya.* 56(3) (1992) 192. (Rus)
  19. O.M. Povoroznyk. Calculation of three-body reaction kinematic and data processing by using Monte Carlo method. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 2(20) (2007) 131. (Ukr)
  20. O.M. Povoroznyk et al. On the structure of excited states of  ${}^4\text{He}$ ,  ${}^6\text{He}$  and  ${}^6\text{Li}$  nuclei, from the  ${}^3\text{H}(\alpha, tt)p$  and  ${}^3\text{H}(\alpha, t)n$  reactions. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 11(2) (2010) 141. (Ukr)
  21. Ch.J. Joachain. *Quantum Collision Theory* (Amsterdam, North Holland, 1975) 725 p.
  22. C.A. Bertulani, M.S. Hussein. Geometry of Borromean halo nuclei. *Phys. Rev. C* 76 (2007) 051602.
  23. F.M. Marques et al. Two-Neutron Interferometry as a Probe of the Nuclear Halo. *Phys. Lett. B* 476 (2000) 219.
  24. M. Assié et al. Neutron correlations in  ${}^6\text{He}$  viewed through nuclear break-up. *Eur. Phys. J. A* 42 (2009) 441.
  25. O.V. Bochkarev et al. Spectrum of Neutrons from the Three-Particle Decay of  ${}^6\text{He}(2^+)$  and its Structure. *Yadernaya Fizika* 57(8) (1994) 5; *Phys. Atomic Nuclei* 57 (1994) 1281.
  26. F.P. Brady et al.  ${}^6\text{Li}(n, d){}^5\text{He}$  and  ${}^7\text{Li}(n, d){}^6\text{He}$  with 56.3 MeV Neutrons. *Phys. Rev. C* 16 (1977) 31.
  27. A. Lagoyannis et al. Probing the  ${}^6\text{He}$  halo structure with elastic and inelastic proton scattering. *Phys. Lett. B* 518 (2001) 27.
  28. K.W. Allen et al. Disintegration of  $\text{Li}^6$  and  $\text{Li}^7$  by 0.24 MeV Tritons. *Phys. Rev.* 96(3) (1954) 684.
  29. M.J. Boland et al. Excitations in the Halo Nucleus  ${}^6\text{He}$  following the  ${}^7\text{Li}(\gamma, p){}^6\text{He}$  Reaction. *Phys. Rev. C* 64 (2001) 031601.
  30. J. Carlson. Three-Nucleon Interactions Beyond  $A = 3$  and 4. *Nucl. Phys. A* 689 (2001) 290.
  31. S. Aoyama, K. Kato, K. Ikeda. Three-Body Binding and Resonant Mechanisms in Neutron-Rich Light Nuclei Far from Stability Line - Pairing Correlation in Borromean Nuclei. *Prog. Theor. Phys. Suppl.* 142 (2001) 35.

Надійшла 08.05.2019  
Received 08.05.2019