

Ю. Г. Щепкін, Н. І. Мазіна*, В. І. Слісенко

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

*Відповідальний автор: nadin_v@ukr.net

МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ІЗОМЕРІВ З ВЕЛИКИМ ЗНАЧЕННЯМ ЕНЕРГІЇ І МОМЕНТУ

Створено метод дослідження ізомерних станів ядер з великим значенням енергії і повним моментом у реакції захоплення нейтронів. В основі методу – спектрометрія множинності, енергії і часу реєстрації миттєвих і затриманих гамма-каскадів заселення і розпаду ізомеру відповідно. Метод апробований у вимірюваннях ізомерного співвідношення рівня ^{183}W з енергією $E_{iz} = 1,285 \text{ MeV}$ з повним моментом $J_{iz}^{\pi} = 4^{-}, 5^{-}$ і часом життя $T_{iz} = 8,2 \text{ мкс}$ у реакції поглинання нейтронів, яке дорівнює $\alpha_{iz} = (4,7 \pm 0,9) \cdot 10^{-3}$. При великих значеннях ефективності реєстрації актів заселення і розпаду ізомеру (0,6 - 0,8) рівень відповідного фону спектрометра дорівнює всього $3,5 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. При розрахунковому завантаженні на вході спектрометра $\sim 1,5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ очікувана чутливість визначення ізомерного відношення у вимірюваннях з моноізотопом зразка і дорівнює $\alpha_{iz} \sim (0,3 \pm 1,0) \cdot 10^{-4}$.

Ключові слова: ізомер, компаунд-стан, гамма-каскад, статистична модель, спектрометрія, енергія, множинність, ефективність реєстрації, кратність збігів.

Yu. G. Shchepkin, N. I. Mazina*, V. I. Slisenko

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

*Corresponding author: nadin_v@ukr.net

METHOD FOR THE STUDY OF ISOMERS WITH HIGH ENERGY AND MOMENTUM VALUES

The technique for investigating isomeric states of nuclei with a large values of energy value and total momentum created in the neutron capture reaction has been developed. The technique is based on the spectrometry of multiplicity, energy, and time of registration of instantaneous and delayed gamma cascades of isomer occupancy and decay, respectively. The technique was tested in measurements of the isomeric ratio of the ^{183}W level with energy $E_{iz} = 1.285 \text{ MeV}$ with total moment $J_{iz}^{\pi} = 4^{-}, 5^{-}$ and lifetime $T_{iz} = 8.2 \text{ }\mu\text{s}$ in the neutron absorption reaction, which is equal to $\alpha_{iz} = (4.7 \pm 0.9) \cdot 10^{-3}$. At large values of the efficiency of registration of acts of settlement and decay of the isomer (0.6 - 0.8), the level of the corresponding background of the spectrometer is only $3.5 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$. At the countable load at the spectrometer input $\sim 1.5 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$, the expected sensitivity of determining the isomeric ratio in measurements with the mono isotope of the sample is $\alpha_{iz} \sim (0.3 \pm 1.0) \cdot 10^{-4}$.

Keywords: isomer, compound state, gamma cascade, statistical model, spectrometry, energy, multiplicity, registration efficiency, coincidence rate.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. O. Hahn. Uber ein neues radioaktives Zerfallsprodukt im Uran. *Die Naturwissenschaften* 9(5) (1921) 84; В. Kourchatow et al. Sur un cas de radioactivite artificielle provoquee par un bombardement de neutrons, sans capture du neutron. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences* 200 (1935) 1201.
2. С.М. Поликанов. *Изомерия формы атомных ядер* (Москва: Атомиздат, 1997) 198 с. / S.M. Polikanov. *Isomerism of the Form of Atomic Nuclei* (Moskva: Atomizdat, 1997) 198 p. (Rus)
3. V.M. Strutinsky. Shell effects in nuclear masses and deformation energies. *Nucl. Phys. A* 95 (1967) 420.
4. С.М. Поликанов. Ядерная изомерия формы. *УФН* 107(4) (1972) 681. / S.M. Polikanov. Nuclear isomerism of the form. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk* 107(4) (1972) 681. (Rus)
5. А.В. Малышев. *Плотность уровней и структура атомных ядер* (Москва: Атомиздат, 1969) 144 с. / A.V. Malyshev. *Level Density and Structure of Atomic Nuclei* (Moskva: Atomizdat, 1969) 144 p. (Rus)
6. Я.Б. Зельдович. Вихревые изомеры. Письма в ЖЭТФ IV(2) (1966) 78. / Ya.B. Zeldovich. Vortex isomers. *ZhETF/JETP Letters* IV(2) (1966) 78. (Rus)
7. H. Ikegami, T. Udagawa. Structure of Sn^{120} and the effect of the pairing correlation on the reduction of E2 transition in Sn^{118} and Sn^{120} . *Phys. Rev.* 124(5) (1961) 1518.
8. Г.В. Мурадян и др. Поиск и исследования нейтронных резонансов изомера $^{178\text{m}2}\text{Hf}$. Ядерная физика 66(1) (2003) 8. / G.V. Muradian et al. Search for neutron resonances in the $^{178\text{m}2}\text{Hf}$ isomer and their investigation. *Phys. At. Nucl.* 66(1) (2003) 6. (Rus)

9. I.V. Kurchatov, G.Ya. Schepkin. On the selective absorption of neutrons. *Phys. Z. Sow.* 9(1) (1936) 102.
10. E. Amaldi et al. Artificial radioactivity produced by neutron bombardment – II. *Proc. Roy. Soc. A* 149 (1935) 522.
11. W.P. Pönitz. A gamma-ray cascade model for the calculation of average γ -ray multiplicities and isomeric cross section ratios. *Z. Phys.* 197 (1966) 262.
12. В.А. Пшеничный, Е.А. Грицай, Н.Л. Гнидак. Изомерное отношение ^{151}Eu для тепловых нейтронов и нейтронов с энергией 2,55 и 144 кэВ. Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерные константы. 1 (1986) 9. / V.A. Pshenichny, E.A. Gritsai, N.L. Gnidak. Isomeric ratio of ^{151}Eu for thermal neutrons and neutrons with energies of 2.55 and 144 keV. *Voprosy Atomnoy Nauki i Tekhniki. Series: Yadernyye Konstanty* 1 (1986) 9. (Rus)
13. Ю.Г. Щепкін, В.І. Слісенко, Т.О. Костюк. Заселюваність рівнів в $n\gamma$ -реакції та середній квадрат проекції одночастинкового моменту нуклонів. *Ядерна фізика та енергетика* 1(14) (2005) 43. / Yu.G. Schepkin, V.I. Slisenko, T.A. Kostyuk. Occupation of levels for $n\gamma$ -reaction and middle square projection of the single-particle momentum of nucleons. *Nucl. Phys. At. Energy* 1(14) (2005) 43. (Ukr)
14. Г.В. Мурадян и др. Исследование нейтронных сечений и квантовых характеристик ядерных уровней на основе спектрометрии множественности излучений возбужденных ядер. Препринт ИАЭ-2634 (Москва, 1976) 22 с. / G.V. Muradyan et al. Study of neutron cross sections and quantum characteristics of nuclear levels on the basis of multiplicity emission spectrometry of excited nuclei. Preprint of the Institute of Atomic Energy, USSR Academy of Sciences. IAE-2634 (Moskva, 1976) 22 p. (Rus)
15. Ю.Г. Щепкин и др. Спектрометрия множественности на фильтрованных пучках нейтронов. Препринт ИЯИ АН Украины. КИЯИ-91-36 (Киев, 1991) 24 с. / Yu.G. Schepkin et al. Multiplicity spectrometry on filtered neutron beams. Preprint of the Institute for Nuclear Research, Academy of Sciences of Ukraine. КИЯИ-91-36 (Kyiv, 1991) 24 p. (Rus)
16. Ю.Г. Щепкін та ін. Презентативна і високочутлива експрес-методика вимірювання f -активності. *Ядерна фізика та енергетика* 23(2) (2022) 140. / Yu.G. Shchepkin et al. Representative and highly sensitive express method of measurement of f -activity. *Nucl. Phys. At. Energy* 23(2) (2022) 140. (Ukr)
17. Ю.В. Адамчук и др. Методика измерения нейтронных сечений и квантовых характеристик ядерных уровней. В кн.: Нейтронная физика. Материалы 4-й Всесоюзной конференции по нейтронной физике, Киев, 18-22 апреля 1977 г. Часть 3 (Москва: ЦНИИАтоминформ, 1977) с. 113. / Y.V. Adamchuk et al. Methodology of measurement of neutron cross sections and quantum characteristics of nuclear levels. In: *Neutron Physics. Proc. of the 4th All-Union Conf. on Neutron Physics, Kyiv, April 18 - 22, 1977. Part 3* (Moskva: TsNIIAtominform, 1977) p. 113. (Rus)
18. G.V. Muradyan et al. Multiplicity spectrometer for measuring neutron cross sections. *Nucl. Sci. Eng.* 90(1) (1985) 60.
19. Ю.Г. Щепкин и др. Методика определения содержания делящихся ядер. Ядерная и радиационная безопасность 5(4) (2002) 55. / Y.G. Shchepkin et al. Methodology for determination of fissile nuclei content. *Yadernaya i Radiatsionnaya Bezopasnost* 5(4) (2002) 55. (Rus)

Надійшла / Received 11.01.2024