

**I. M. Vyshnevskiy<sup>1</sup>, V. O. Zheltonozhskiy<sup>1</sup>, A. M. Savrasov<sup>1\*</sup>,  
V. A. Plujko<sup>2</sup>, O. M. Gorbachenko<sup>2</sup>, K. M. Solodovnyk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна*

<sup>2</sup> *Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна*

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

### **СЕРЕДНІ КУТОВІ МОМЕНТИ ФРАГМЕНТІВ ФОТОПОДІЛУ <sup>238</sup>U ГАЛЬМІВНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ**

На основі результатів експериментів по фотоподілу <sup>238</sup>U гальмівними  $\gamma$ -квантами виміряно ізомерні відношення виходів ядер <sup>95</sup>Nb і <sup>133</sup>Xe при граничній енергії  $E_e = 12,5$  МеВ та <sup>135</sup>Xe при  $E_e = 12,0$  МеВ. Ізомерні відношення було отримано з урахуванням внеску від розпаду ізобарних ядер у виходи досліджуваних нуклідів. Обчислено середні кутові моменти досліджуваних фрагментів поділу в рамках статистичної моделі розпаду.

*Ключові слова:* фотоподіл, ізомерні відношення виходів, середні кутові моменти фрагментів поділу.

**I. N. Vyshnevskiy<sup>1</sup>, V. A. Zheltonozhskiy<sup>1</sup>, A. N. Savrasov<sup>1\*</sup>,  
V. A. Plujko<sup>2</sup>, A. N. Gorbachenko<sup>2</sup>, E. N. Solodovnyk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна*

<sup>2</sup> *Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна*

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

### **СРЕДНИЕ УГЛОВЫЕ МОМЕНТЫ ФРАГМЕНТОВ ФОТОДЕЛЕНИЯ <sup>238</sup>U ТОРМОЗНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ**

Основываясь на результатах экспериментов по фотоделению <sup>238</sup>U тормозными  $\gamma$ -квантами, измерены изомерные отношения выходов ядер <sup>95</sup>Nb и <sup>133</sup>Xe при граничных энергиях  $E_e = 12,5$  МэВ и <sup>135</sup>Xe при  $E_e = 12,0$  МэВ. Изомерные отношения были получены с учетом вклада от распада изобарных ядер у выходы исследуемых нуклидов. Определены средние угловые моменты фрагментов деления в рамках статистической модели распада.

*Ключевые слова:* фотоделение, изомерные отношения выходов, средние угловые моменты фрагментов деления.

**I. M. Vyshnevskiy<sup>1</sup>, V. O. Zheltonozhskiy<sup>1</sup>, A. M. Savrasov<sup>1\*</sup>,  
V. A. Plujko<sup>2</sup>, O. M. Gorbachenko<sup>2</sup>, K. M. Solodovnyk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

<sup>2</sup> *Kyiv Taras Shevchenko National University, Kyiv, Ukraine*

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

### **AVERAGE ANGULAR MOMENTA OF THE FRAGMENTS IN <sup>238</sup>U PHOTOFISSION WITH BREMSSTRAHLUNG**

Based on <sup>238</sup>U photofission experiments with the bremsstrahlung photons, the isomeric yield ratios were measured for <sup>95</sup>Nb and <sup>133</sup>Xe nuclei at the end-point energy  $E_e = 12.5$  MeV, and <sup>135</sup>Xe nuclei at  $E_e = 12.0$  MeV. Experimental values of isomeric yield ratios were obtained taking into account the contribution from beta-decay of isobaric nuclei in yields of investigated isotopes. Average angular momenta of investigated fission fragments were determined using the statistical model of decay.

*Keywords:* photofission, isomeric yields ratios, mean angular momenta of fission fragments.

#### REFERENCES

1. H. Naik, S.P. Dange, R.J. Singh. Angular momentum of fission fragments in low energy fission of actinides. *Phys. Rev. C* 71 (2005) 014304.
2. O.A. Bezsheyko, V.A. Zheltonozhskiy, I.N. Kadenko, N.V. Strilchuk. Measurement of isomeric ratios in <sup>232</sup>Th photofission products. *Zbirnyk Naukovykh Prats Instytutu Yadernykh Doslidzhen* 8 (2002) 46 (Rus)
3. I.N. Vyshnevskiy, V.A. Zheltonozhskiy, O.I. Davidovskaya, A.N. Savrasov. Investigation of the <sup>232</sup>Th and <sup>238</sup>U

- photofission. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Fizicheskaya* 73 (2009) 782. (Rus)
4. H. Thierens et al. Product yields for the photofission of  $^{235}\text{U}$  and  $^{238}\text{U}$  with 25-MeV bremsstrahlung. *Phys. Rev. C* 14 (1976) 1058.
  5. E. Jacobs et al. Product yields for the photofission of  $^{238}\text{U}$  with 12-, 15-, 20-, 30-, and 70-MeV bremsstrahlung. *Phys. Rev. C* 19 (1979) 422.
  6. E. Jacobs et al. Product yields for the photofission of  $^{235}\text{U}$  with 12-, 15-, 20-, 30-, and 70-MeV bremsstrahlung. *Phys. Rev. C* 21 (1980) 237.
  7. H. Thierens, B. Proot, D. De Frenne, E. Jacobs. Independent isomeric yield ratio of  $^{134}\text{I}$  in the photofission of  $^{235}\text{U}$  and  $^{238}\text{U}$ . *Phys. Rev. C* 25 (1982) 1546.
  8. D. De Frenne et al. Independent isomeric yield ratios and primary angular momenta in the photofission of  $^{235,238}\text{U}$  with 12 - 30-MeV bremsstrahlung. *Phys. Rev. C* 29 (1984) 1777.
  9. O.A. Bezshyyko et al. Isomeric ratio study of photofission fragments of  $^{238}\text{U}$  and  $^{237}\text{Np}$ . *Zbirnyk Naukovykh Prats Instytutu Yadernykh Doslidzhen* 13 (2004) 17 (Rus)
  10. O.A. Bessheiko et al. Isomeric ratios and mean angular momenta for  $^{238}\text{U}$  and  $^{237}\text{Np}$  photofission products. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Fizicheskaya* 69 (2005) 745. (Rus)
  11. I.N. Vishnevskii, O.I. Davidovskaya, V.A. Zheltonozhskii, A.N. Savrasov. Investigation of  $^{235}\text{U}$  and  $^{239}\text{Pu}$  photofission. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Fizicheskaya* 74 (2010) 500. (Rus)
  12. I.N. Vishnevskii, V.A. Zheltonozhskii, A.N. Savrasov. Investigating  $^{237}\text{Np}$  and  $^{241}\text{Am}$  photofission. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Fizicheskaya* 76 (2012) 901. (Rus)
  13. I.M. Vyshnevskiy et al. Isomeric yield ratios and mean angular momenta of photofission fragments of  $^{235}\text{U}$ ,  $^{237}\text{Np}$  and  $^{239}\text{Pu}$ . *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 16 (2015) 5. (Rus)
  14. I.N. Vishnevsky et al. Isomeric yields ratios of  $^{238}\text{U}$  photofission fragments at end-point energy of bremsstrahlung photons about 18 MeV. In: *Abstracts of the LXIV Intern. Conf. on Nuclear Physics "Nucleus 2014"* (Minsk, July 01-04, 2014) (Minsk, 2014) p. 88.
  15. V.O. Zheltonozhskiy et al. Isomer ratios and mean angular momenta of primary  $^{97}\text{Nb}$  fragments at  $^{235}\text{U}$  and  $^{238}\text{U}$  photofission. *Ukr. J. Phys.* 62 (2017) 285. (Ukr)
  16. I.M. Vyshnevskiy et al. Investigation of  $^{233}\text{U}$  and  $^{241}\text{Am}$  photofission fragments. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 15 (2014) 215. (Rus)
  17. R.B. Firestone, V.S. Shirley, C.M. Baglin. *Table of isotopes CD-ROM. Eight ed.* (1996).
  18. N.V. Strilchuk. The IZOMER manual. INR NASU. private communication.
  19. I.N. Vishnevsky et al. Isomer yield ratios of  $^{133}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{I}$ ,  $^{135}\text{Xe}$  in photofission of  $^{235}\text{U}$  with 17 MeV bremsstrahlung. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 15 (2014) 111.
  20. R. Vandenbosch, J.R. Huizenga. *Nuclear Fission* (New York, Academic, 1973).
  21. H. Warhalek, R. Vandenbosh. Relative cross-sections for formation of the shielded isomeric pair  $^{134m}\text{Cs}$  and  $^{134}\text{Cs}$  in medium energy fission. *J. Inorg. Nucl. Chem.* 26 (1964) 669.
  22. M. Herman et al. EMPIRE: nuclear reaction model code system for data evaluation. *Nuclear Data Sheets* 108 (2007) 2655; <http://www.nndc.bnl.gov/empire/>.
  23. R. Capote et al. Reference Input Parameter Library (RIPL-3). *Nuclear Data Sheets* 110 (2009) 3107; <https://www-nds.iaea.org/RIPL-3/>
  24. V.A. Plujko, R. Capote, O.M. Gorbachenko. Giant dipole resonance parameters with uncertainties from photonuclear cross sections. *Atomic Data and Nuclear Data Tables* 97 (2011) 567.
  25. T. Belgya et al. Handbook for calculations of nuclear reaction data, RIPL-2. *IAEA-TECDOC-1506* (Vienna, IAEA, 2006).
  26. <https://www-nds.iaea.org/exfor/exfor.htm>
  27. G.P. Ford, K. Wolfsberg, B.R. Erdal. Independent yields of the isomers of  $^{133}\text{Xe}$  and  $^{135}\text{Xe}$  for neutron-induced fission of  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ , and  $^{242m}\text{Am}$ . *Phys. Rev. C* 30 (1984) 195.

Надійшла 13.12.2017  
Received 13.12.2017