**Систематика изомерных отношений тяжелых ядер**

***Порядина О.В.1, Фурсова Н.Ю.1,2***

Студент, аспирант

*1Физический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия  
2Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*E–mail: *olesya20025@gmail.com*

Ядерные изомеры – это метастабильные состояния атомных ядер, которые возникают из-за большой разницы в спинах () или степенях деформации между изомерным и основным состояниями ядер. В деформированных ядрах имеет место запрет по квантовому числу (проекции спина на ось симметрии ядра), что приводит к сильной задержке радиационных переходов малой мультипольности, а значит – и к появлению изомеров.

Цель работы: Построение систематики изомерных отношений для тяжелых ядер, образовавшихся в результате фотоядерных реакций. Изучение изомеров важно для понимания структуры ядер, их динамики и процессов деления. Тяжелые ядра () представляют особый интерес из-за сложной структуры и наличия множества изомерных состояний.

В настоящей работе были определены значения изомерных отношений () изотопов , полученных в результате фотоядерных реакций на образце природной ртути, с помощью гамма-активационной методики [2] на пучке тормозных электронов с максимальной энергией 55 МэВ. Исследования проводились на линейном ускорителе электронов РМ-55 НИИЯФ МГУ. Изомерные отношения рассчитывались как отношение выходов конечных изотопов в изомерном (​) и основном (​) состояниях:

.

В таблице 1 приведены полученные в ходе эксперимента значения, которые в дальнейшем сравнивались с результатами работ [1,3-7], содержащих экспериментальные данные об изомерных отношениях *IR* в фотоядерных реакциях на тяжелых изотопах при максимальной энергии электронов ускорителя 55 МэВ.

Таблица 1. Полученные в настоящей работе и работах [1,3-7] изомерные отношения для изотопов тяжелых ядер, образовавшихся в результате фотоядерных реакций при максимальной энергии электронов ускорителя МэВ, с указанием значений спинов для ядер в основном и метастабильном состояниях

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Основная реакция* |  |  |  | *Источник* |
| 196Hg() (,1n)195m,gHg | 13/2+ | 1/2- |  | Настоящая работа |
| 198Hg() (,1n)197m,gHg | 13/2+ | 1/2- |  | Настоящая работа |
| 199Hg() (,1p)198m,gAu  200Hg() (,1n1p)198m,gAu |  |  |  | Настоящая работа |
| 201Hg()(,1p)200m,gAu  202Hg()(,1n1p)200m,gAu |  |  |  | Настоящая работа |
| 178Hf()(,1p)177m,gLu |  |  |  | [3] |
| 165Ho((,1n)164m,gHo |  |  |  | [5] |
| 165Ho((,3n)162m,gHo |  |  |  | [5] |
| 198Pt()(,1n)197m,gPt |  |  |  | [4] |
| 149Sm()(,1p)148m,gPm  150Sm()(,1n1p)148m,gPm |  |  |  | [6] |
| 142Nd()(,1n)141m,gNd |  |  |  | [1] |
| 142Nd()(,1n)141m,gNd  143Nd()(,2n)141m,gNd |  |  |  | [7] |
| 142Nd()(,3n)139m,gNd  143Nd()(,4n)139m,gNd |  |  |  | [7] |
| 181Ta()(,3n)178m,gTa |  |  |  | [1] |

В качестве результата работы была построена зависимость парциальных выходов метастабильных и основных состояний от модуля разности спинов продукта реакции и мишени (), систематизирующая изомерные состояния. Установлено, что экспериментальные данные хорошо ложатся на аппроксимационную функцию в виде квадратичной параболы:

Полученная закономерность отражает вклад спиновых конфигураций в механизм образования изомерных состояний.

**Список литературы**

1. Bartsch H., Huber K., Kneissl U. et al. Critical consideration of the statistical model analysis of photonuclear isomeric cross-section ratios // Nuclear Physics A. 1976. V. 256(2). P. 243–252. <https://doi.org/10.1016/0375-9474(76)90106-8>.
2. Belyshev S.S., Ermakov A.N., Ishkhanov B.S. et al. Studying photonuclear reactions using the activation technique // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A. 2014. V. 745. P. 133-137.  
   [https://doi.org/10.1016/j.nima.2014.01.057](https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1016%2Fj.nima.2014.01.057&utf=1).
3. Kazakov A.G., Ekatova T.Y., Babenya J.S. et al. Recovery of 177Lu from Irradiated HfO2 Targets for Nuclear Medicine Purposes // Molecules. 2022. V. 27(10):3179. <https://doi.org/10.3390/molecules27103179>.
4. Kye Y.U., Shin S.G., Cho M.H. et al. Measurement of isomeric yield ratios of 197m,gPt and 190m2,g+m1Ir from the 198Pt(,n) and natPt(,xn1p) reactions induced by 55-, 60-, and 65-MeV bremsstrahlung // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. 2015. V. 351. P. 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2015.03.079>.
5. **Van Do N., Khue P.D., Thanh K.T.** et al. Measurement of isomeric yield ratios for the natHo (,xn) 164m,gHo, 162m,gHo reactions in the bremsstrahlung energy region from 45 to 65 MeV // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2013. V. 298(2). P. 1447–1452. <https://doi.org/10.1007/s10967-013-2608-6>.
6. **Yang S.C., Kim G., Zaman M.** et al. Isomeric yield ratios of 148Pm from the natSm(,x) and the natNd(p,xn) reactions // J. Radioanal. Nucl. Chem. 2014. V. 302. P. 467–476. <https://doi.org/10.1007/s10967-014-3284-x>.
7. **Yang S.C., Kim K., Zaman M.** et al. Isomeric yield ratios for the natNd(,xn) 139m,g; 141m,gNd reactions in the bremsstrahlung energy region from 45 to 60 MeV // J. Radioanal. Nucl. Chem. 2014. V. 300. P. 367–377. <https://doi.org/10.1007/s10967-014-2933-4>.