



Ідентифікатор подання: 84

Тип: Секційна доповідь

Пошук холодного поділу нуклідів плутонію і америцію за допомогою гамма-спектрометрії

середа, 28 травня 2025 р. 16:15 (20 хвилин)

ПОШУК ХОЛОДНОГО ПОДІЛУ НУКЛІДІВ ПЛУТОНІЮ І АМЕРИЦІЮ ЗА ДОПОМОГОЮ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРІЇ

І.С. Ключев, Д.В. Касперович, В.В. Кобичев

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

Існує уніфікована теоретична модель радіоактивного розпаду з вильотом нуклонів та ядер, розроблена Дуарте та ін. [1], яка охоплює різноманітні ядерні перетворення від протонного і альфа-розпаду до кластерного розпаду та холодного поділу, у якій наведено теоретичні передбачення парціальних періодів напіврозпаду для ряду каналів холодного поділу важких елементів, включно з ізотопами плутонію та америцію. Ми виконали експериментальну перевірку цієї моделі шляхом пошуку характерного гамма-випромінювання, яким супроводжуються відповідні канали розпаду.

Ми використали гамма-спектрометричні дані із бази даних спектрів гамма-випромінювання зразків урану і плутонію IDB [2], створеного в МАГАТЕ, зокрема спектр з ідентифікатором id-1463 [3], виміряний у підрозділі Об'єднаного дослідницького центру Єврокомісії в Карлсруе (Німеччина) у 2015 році зі зразком діоксиду плутонію (PuO₂) вагою 6,630 г [4] та HPGe- детектором з відносною ефективністю реєстрації 54%. На момент вимірювання зразок містив 93,58% ²³⁹Pu та 6,31% ²⁴⁰Pu із домішками інших нуклідів плутонію та ²⁴¹Am (див. Таблицю 1).

Нуклід Масовий вміст, %

²³⁸Pu 0,0094²³⁹Pu 93,5839²⁴⁰Pu 6,3108²⁴¹Pu 0,0563²⁴²Pu 0,0396²⁴¹Am 0,2634

Таблиця 1. Ізотопний склад зразка оксиду плутонію (на момент проведення вимірювань)

Аналіз передбачав виявлення бета-активних вторинних нуклідів, які могли утворитися внаслідок холодного поділу та розпадаються з випромінюванням гамма-квантів. В ході обробки даних було здійснено ретельне калібрування енергетичної шкали та оцінку роздільної здатності детектора.

Для моделювання ймовірності реєстрації гамма-квантів у піках повного поглинання застосовано метод Монте-Карло. Ці обчислення було проведено в середовищі Simoung 1.5.0 [5], яке функціонує як оболонка для симуляційного пакету GEANT4 [6,7]. Актуальність обраної моделі підтверджувалася шляхом порівняння з гамма-піками від розпадів нуклідів плутонію і америцію у зразку у діапазоні 59–1057 кеВ. У високоенергетичній частині спектру (1057–2930 кеВ) було проведено пошук сигналів, які могли б відповідати розпаду дочірніх продуктів, утворених у процесах холодного поділу.

На основі отриманих результатів було встановлено нижні експериментальні обмеження на парціальні періоди напіврозпаду для ряду можливих каналів холодного поділу нуклідів ²³⁸–²⁴²Pu та ²⁴¹Am.

1. S.B. Duarte et al. At. Data Nucl. Data Tables 80 (2002) 235.
2. An International Database of Reference Gamma Spectra (IDB-v2024-01) (IAEA, 2024) <https://nds.iaea.org/idb>
3. Spectrum 1463 <https://nds.iaea.org/idb/spectra/1463>
4. PuO₂ Pilot Reference Samples for Isotopic Composition Measurements by Gamma Spectrometry: CBNM-NRM 271 (12.01.1987) https://nds.iaea.org/media-idb/certificates/Pu_CBNM271.pdf
5. В.В. Кобичев. Ядерна фізика та енергетика 12(3) (2011) 301.
6. J. Allison et al. IEEE Trans. Nucl. Sci. 53 (2006) 270.
7. S. Agostinelli et al. Nucl. Instrum. Meth. A 506 (2003) 250.

Author: Пан КЛЮЄВ, Ілля (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Співавтори: Пан КОБИЧЕВ, Владислав (Інститут ядерних досліджень НАН України); Пан КАСПЕРОВИЧ, Дмитро (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Доповідач: Пан КЛЮЄВ, Ілля (Інститут ядерних досліджень НАН України)

Тип засідання: Експериментальна ядерна фізика

Класифікація за напрямком: Експериментальна ядерна фізика