

ния ядра ^{238}Np (см. таблицу). Таким образом, схема энергетических уровней этого ядра, приведенная на рисунке, содержит более двадцати уровней в относительно узком интервале его возбуждения ($0 \sim 600$ кэВ). Здесь представлены только экспериментально обнаруженные уровни из α -распада. Энергия α_0 -линии определена по γ -излучению ($E_\gamma = 86,68 \pm 0,03$ кэВ). Гамма-спектр изучен с помощью Ge(Li)- и Si(Li)-детекторов с образцом америция этого же изотопного состава. Большая часть обнаруженных γ -переходов в ядре ^{238}Np приведена на схеме.

Как видно из рисунка, схема содержит семь полос. Начальные уровни этих полос имеют квантовые характеристики $I\pi N = 2+2$ (основное состояние ядра ^{238}Np *); $3+3$; $3-3$; $5+5$; $6-6$; $5-5$ (благоприятная полоса); $6+6$. Такая последовательность полос и их квантовые характеристики не противоречат классификации с точки зрения нечетных протонных и нейтронных нильсоновских орбиталей соседних нечетных ядер ^{241}Am и ^{243}Cm [5, 6]. Согласно этой классификации не исключено присутствие в нижней части схемы полосы с начальными характеристиками 2-2. Повидимому, обнаруженные нами, но не приведенные в таблице уровни с $E_{ур} \approx 216$ и 258 кэВ — члены этой полосы.

Авторы благодарят А. А. Арутюнова, Ю. Н. Дмитриева и К. И. Меркулова за помощь, оказанную при выполнении

* Спин основного состояния ядра ^{238}Np ($I = 2$) определен в работе [7].

α -спектроскопических исследований, а также В. А. Давиденко за внимание и интерес к данной работе. Мы благодарны В. А. Пчелину, В. М. Шубко за часть выполненной радиохимической работы и Ю. Ф. Родионову, Ц. Выволу за помощь, оказанную при изучении γ -спектра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов С. А. и др. «Изв. АН СССР. Сер. физ.», 1959, т. 23, с. 1402.
2. Rytz A. «Atomic Data and Nuclear Data Tables», 1973, N 12, p. 479.
3. Зеленков А. Г. и др. «Атомная энергия», наст. вып., с. 405.
4. Barnes R. e. a. «J. Inorg. Nucl. Chem.» 1959, v. 9, p. 105.
5. Lederer C., Hollander J., Perlman I. Table of Isotopes. Sixth Edition. N. Y., L., Sydney. J. Wiley a. Sons, 1967.
6. Asaro F., Michel M., Thompson S., Perlman I. In: Proc. of the Ruthertord Jubilee Intern. Conf. Manchester, UCRL 9566, 1961, p. 32.
7. Hyde E., Perlman I., Seaborg G. The Nuclear Properties of the Heavy Elements. V. II. New Jersey, Prentice-hall, inc. Englewood Cliffs, 1964, p. 859.
8. Albridge R., Hubbs J., Marrus R. «Phys. Rev.», 1968, v. 111, p. 1137.

Поступило в Редакцию 8.01.79

УДК 539.1.14.:539.1.16

Новые измерения парциальных периодов полураспада изомерного состояния ^{242m}Am

ЗЕЛЕНКОВ А. Г., ПЧЕЛИН В. А., РОДИОНОВ Ю. Ф., ЧИСТЯКОВ Л. В., ШУБКО В. М.

В последние годы в связи с потребностями ядерной энергетики и различных отраслей атомной промышленности остро встал вопрос о необходимости уточнения ядерных данных актиноидов [1], в частности периодов полураспада трансплутониевых элементов [2, 3]. Одним из таких недостаточно изученных нуклидов является долгоживущий изомер ^{242m}Am , время жизни которого и парциальный период полураспада по отношению к α -распаду были описаны двадцать лет назад в работе [4]. Они были найдены равными соответственно 152 ± 7 и $(3,20 \pm 0,16) \times 10^4$ лет.

Нами предприняты повторные измерения этих значений в целях их проверки и уточнения. Для измерений использован продукт с высоким обогащением по исследуемому нуклиду. Наиболее простая задача — определение парциального периода полураспада по отношению к α -распаду. Он был вычислен из сопоставления массового соотношения ^{242m}Am и ^{241m}Am в продукте со спектром α -излучения, измеренным полупроводниковыми спектрометрами и магнитным альфа-спектрографом, и оказался равным $(3,12 \pm 0,05) \cdot 10^4$ лет. При определении было использовано значение периода полураспада ^{241}Am $432,6 \pm 0,6$ года [3].

Полное время жизни ^{242m}Am измеряли двумя методами. В свежееочищенном продукте полупроводниковым альфа-спектрометром были выполнены четыре серии измерений накопления ^{242}Cm , образующегося в результате β -распада ^{242}Am . Скорость накопления α -активности ^{242}Cm по отношению к α -активности ^{242m}Am найдена равной $(3,22 \pm 0,04) \cdot 10^{-2}$ ч $^{-1}$. Это позволило найти период полураспада ^{242m}Am :

$$T_{1/2} = 141,9 \pm 1,7 \text{ года.}$$

При вычислении использовались следующие значения

периода полураспада ^{242}Cm и ветви β -распада ^{242}Am : $162,8 \pm 0,4$ сут [3] и $83 \pm 0,5\%$ [5, 6].

Для определения периода полураспада ^{242m}Am были проведены также измерения соотношения между интенсивностью α -излучения и суммарной интенсивностью конверсионного и β -излучений ^{242m}Am и ^{242}Am с помощью пропорциональных 4 π -счетчиков. В целях достижения максимальной эффективности регистрации низкоэнергетического излучения продукт наносили на тонкие золотые пленки. Учитывалась поправка на параллельно измерявшееся полупроводниковым альфа-спектрометром накопление ^{242}Cm . Были выполнены измерения на 7 мишенях из свежееочищенного продукта. Отношение суммарной интенсивности конверсионного и β -излучений ^{242m}Am и ^{242}Am к интенсивности α -излучения ^{242m}Am оказалось равным 431 ± 6 . Отсюда получено значение $T_{1/2} (^{242m}\text{Am}) = 139,7 \pm 1,8$ года. При вычислении было принято, что относительная интенсивность электронного захвата ^{242}Am в основном состоянии составляет $6,5 \pm 0,3\%$ [5, 6], а выход флюоресценции равен 0,96. На основе выполненных измерений рекомендуется принять значение периода полураспада ^{242m}Am 141 ± 2 года, а относительную вероятность α -распада $0,45 \pm 0,01\%$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. In: Proc. of an Advisory Group Meeting Held «Transactinium Isotope Nuclear Data». Karlsruhe, 3-7 Nov. 1975. Report IAEA-186.
2. Баранов С. А., Зеленков А. Г., Кулаков В. М. «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 5, с. 342.
3. Summary report of first Coordinated Research Meeting on the Measurement of Transactinium Isotope Nuclear Data. Report IAEA INDC (NDS)-96/N. Vienna, 1978.
4. Barnes R. e. a. «J. Inorg. Nucl. Chem.», 1959, v. 9, p. 105.

5. Чукреев Ф. Е., Григорьян Ю. И., Шуршиков Е. Н. В кн.: Тезисы XXVIII Совещания по ядерной спектроскопии и структуре ядра. Л., «Наука», 1978, с. 556.
6. Международный файл данных по структуре атомного ядра, 1974.

Поступило в Редакцию 08.01.79

УДК 621.039.519:621.039.519.2

Определение запаса реактивности по результатам критических и подкритических экспериментов

ГАГАРИНСКИЙ А. Ю., ЖУКОВ О. Е., ЗАЙЦЕВ А. Ф., ПЕТРОВ В. В., САДЫКОВ Р. Р., ЦЫГАНКОВ Л. С.

Предсказание поведения реактора в процессе эксплуатации, основанное на расчетах изменения коэффициента размножения нейтронов $k_{эф}$ или реактивности ρ , опирается на определение начального запаса реактивности, скомпенсированного органами регулирования. Из экспериментов вблизи критического состояния или в подкритическом состоянии реактора определяется величина, в той или иной степени близкая к искомому запасу реактивности.

Пусть для простоты реактивность реактора зависит от двух параметров a и b с таким диапазоном их изменения

$$a_1 \leq a \leq a_0 \text{ и } b_1 \leq b \leq b_0,$$

что

$$\rho(a_0, b_1) = \rho(a_1, b_0) = 0. \quad (1)$$

Типичная процедура экспериментов вблизи критического состояния заключается в измерении производной реактивности по одному из параметров, необходимый диапазон изменения которого обеспечивается вариацией другого параметра, поддерживающей систему в критическом состоянии. По результатам измерения производной, например $(\partial\rho/\partial b)[a_{кр}(b), b]$, определяется «интегральная реактивность»

$$\rho_{\Sigma} = \int_{b_1}^{b_0} \partial\rho/\partial b [a_{кр}(b), b] db, \quad (2)$$

отличающаяся от запаса реактивности

$$\rho_0 = \rho(a_0, b_0) = \int_{b_1}^{b_0} \partial\rho/\partial b(a_0, b) db \quad (2a)$$

на величину

$$\Delta\rho = \rho_0 - \rho_{\Sigma} = \int_{b_1}^{b_0} db \int_{a_{кр}(b)}^{a_0} \frac{\partial^2\rho(a, b)}{\partial a \partial b} da. \quad (3)$$

Из подкритических экспериментов определяется разность между значениями реактивности для двух состояний реактора:

$$\rho_{\alpha} = \rho(a_0, b^*) - \rho(a_1, b^*), \quad (4)$$

где $b^* \leq b_1$. Нетрудно показать, что

$$\Delta\rho = \rho_0 - \rho_{\alpha} = \int_{b^*}^{b_0} db \int_{a_1}^{a_0} \frac{\partial^2\rho(a, b)}{\partial a \partial b} da. \quad (5)$$

Таким образом, разность между запасом реактивности и измеряемой величиной определяется знаком и значением смешанной производной реактивности по двум параметрам. В некоторых простых случаях, например для одно-родного реактора без отражателя, $\Delta\rho$ (3,5) может быть легко определена в рамках принятой модели замедления и даже оказаться равной нулю [1]. Однако для реактора с отражателем ρ_{Σ} (2), получаемая в типичном эксперименте с доливом замедлителя и разгрузкой топлива, может заметно отличаться от искомого запаса реактивности, и для

его корректного определения рекомендуется [2] расчет поправки (3).

В общем случае расчетный анализ поправок (3), (5) является, по-видимому, необходимым, хотя и громоздким дополнением к экспериментам по определению запаса реактивности. Далее показана эффективность использования малогрупповых расчетных методик, развитых для широкого класса систем [3], на примере компактного урановодного реактора. Высокая чувствительность $k_{эф}$ к форме активной зоны, обусловленная малыми размерами последней, позволила поставить эксперимент таким образом, чтобы обеспечить как изменение знака поправки $\Delta\rho$ (3), так и ее значения в широком диапазоне.

Опыты проводились с практически гомогенной активной зоной, набираемой из кассет с плотноупакованными твэлами и окруженной бесконечным водяным отражателем. Изменение реактивности могло осуществляться выдвиганием вниз нескольких соседних центральных кассет аналогично принципу регулирования ВВЭР (их положение — параметр a), изменением радиуса активной зоны вариацией числа кассет (параметр b) и отравлением замедлителя борной кислотой (ее концентрация — параметр c).

Легко увидеть, что существует некоторое оптимальное для данной активной зоны число центральных кассет,

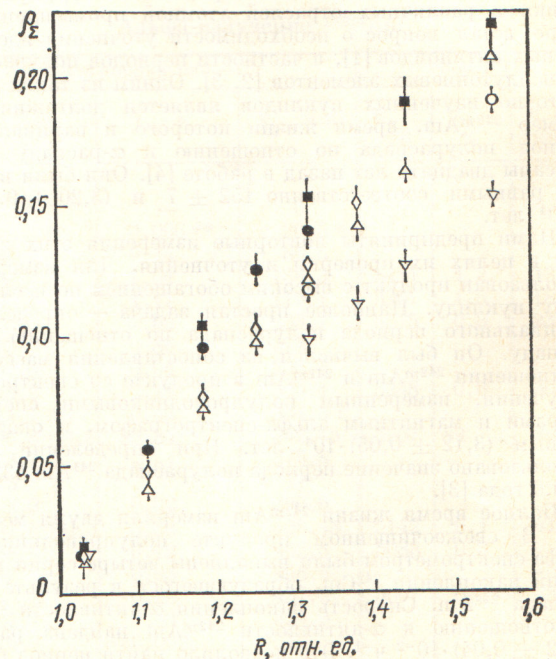


Рис. 1. Зависимость интегральной реактивности от радиуса активной зоны: \diamond — $S_{п.к}/S_{a.з} < (S_{п.к}/S_{a.з})_{опт}$; \triangle — $S_{п.к}/S_{a.з} \approx (S_{п.к}/S_{a.з})_{опт}$; ∇ — $S_{п.к}/S_{a.з} > (S_{п.к}/S_{a.з})_{опт}$ (параметры a, b); \circ — параметры a, c ; \bullet, \blacksquare — параметры $b, c, 1, 2$