

УДК 535.33

Новые данные об альфа-распаде ^{242m}Am

БАРАНОВ С. А., ШАТИНСКИЙ В. М., ЧИСТЯКОВ Л. В.

Использование обогащенных тем или иным изотопом образцов трансураниевых элементов является предпочтительным при выполнении спектроскопических исследований и, в частности, при изучении α -распада этих изотопов. Предпринятое исследование α -распада ^{242m}Am , обладающего относительно большим парциальным периодом полураспада ($T_{1/2\alpha} \approx 3,1 \cdot 10^4$ года) с использованием образца америция, обогащенного указанным изотопом, позволило получить новые данные об его α -излучении и построить более полную схему его распада. Радиохимической очистке америция от посторонних примесей было уделено особое внимание. Ниже приводятся результаты выполненного исследования.

Аппаратура. Источники. Изучение α -распада ^{242m}Am проводилось на магнитном альфа-спектрографе с пространственной фокусировкой пучка α -частиц на угол $\pi \sqrt{2}$ [1]. В качестве материала источников использовался образец америция, обогащенный ^{242m}Am . Источники для α -спектроскопических измерений изготавливались методом испарения вещества в вакууме. Подкладкой служило стекло. Размеры источников 1×60 и 3×60 мм. В первом случае разрешающая способность α -спектрографа (при телесном угле $\Omega = 5 \cdot 10^{-4}$ от 4П) составила $\Delta E_{\alpha} = 2,5$ кэВ, во втором при поиске слабо интенсивных α -линий 7,0 кэВ ($\Omega = 8 \cdot 10^{-4}$ от 4П). В качестве энергетических эталонов использовались абсолютные значения энергии наиболее интенсивных α -линий ^{240}Pu и ^{241}Am : $E_{\alpha_{45}^{240}\text{Pu}} = (5123,43 \pm 0,23)$ кэВ, $E_{\alpha_0^{240}\text{Pu}} = (5168,3 \pm 0,15)$ кэВ и $E_{\alpha_{103}^{241}\text{Am}} = (5442,98 \pm 0,13)$ кэВ, $E_{\alpha_{60}^{241}\text{Am}} = (5485,74 \pm 0,12)$ кэВ [2]. Точность определения энергии наиболее интенсивных линий α -спектра ^{242m}Am составила $\pm 0,5$ кэВ. В большинстве остальных случаев погрешность не превышала $\pm (1,0-1,5)$ кэВ.

Альфа-распад ^{242m}Am . Согласно новым измерениям [3] (см. также [4]) ветвь α -распада ^{242m}Am составляет $(0,45 \pm 0,01)\%$ изомерного перехода в ^{242}Am , что соответствует парциальному периоду полураспада $T_{1/2\alpha} = (3,11 \pm 0,05) \cdot 10^4$ лет. Исследованный в альфа-спектроскопических опытах источник содержал примеси ^{241}Am и ^{243}Am . Естественно, что даже небольшая примесь (по весу) в источнике α -радиоактивных изотопов америция с массовыми числами 241 и 243 может замаскировать некоторые слабые по интенсивности и почти совпадающие по энергии α -линии спектра ^{242m}Am .

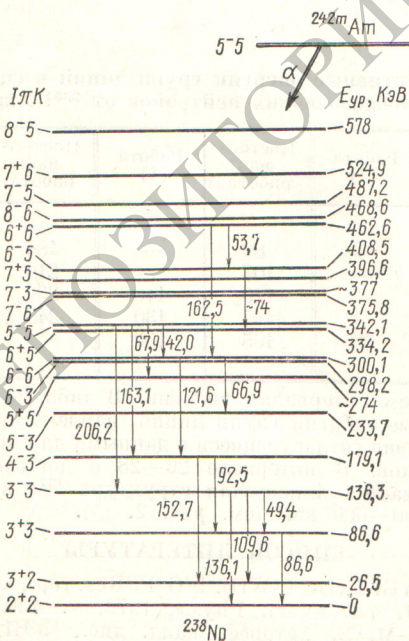
Исследование α -спектра ^{242m}Am проводили сразу же после изготовления источника в интервале энергии α -частиц 4800—5570 кэВ. Большая часть спектра снята при разрешающей способности альфа-спектрографа $\Delta E_{\alpha} = 2,5$ кэВ. Было выполнено несколько экспозиций продолжительностью от 10 до 100 ч. Регистрацию α -частиц проводили с помощью фотопластинок типа А-2. Результаты анализа α -спектров представлены в таблице. Здесь приведены значения энергии α -частиц (E_{α} , кэВ), их интенсивность (I_{α} , %) и энергия уровней ($E_{ур}$, кэВ) нечетно-нечетного ядра ^{238}Np . По-видимому, α -спектр ^{242m}Am содержит в высокоэнергетической части еще несколько слабых α -линий, замаскированных более интенсивными α -группами спектра ^{241}Am . В правой части таблицы суммированы данные, полученные Ф. Азаро и др. и приведенные в таблице изотопов [4] (см. также [5]). Сравнение результатов показывает, что в данных опытах обнаружено более 12 новых групп в α -спектре ^{242m}Am .

Энергетические уровни ядра ^{238}Np . В исследованном интервале энергии α -частиц обнаружено более 20 α -групп, соответствующих α -переходам на возбужденные состоя-

Альфа-излучение ^{242m}Am

Настоящая работа			Работа [4]		
E_{α} , кэВ	I_{α} , %	$E_{ур}$, кэВ	E_{α} , кэВ	I_{α} , %	$E_{ур}$, кэВ
5543,3 *	—	0			
5517,3 **	0,006 **	26,5 *			
5458,2	0,14	86,6			
5409,3	1,04	136,3	5411	1,2	136
5367,2	1,17	179,1	5367	1,5	180
5313,5	0,69	233,7	5315	0,8	233
~5273	0,86	~274			
5250,0	0,04	298,3			
5248,2	~0,11	300,1	5248	0,6	300
5214,7 ?	0,03	334,3 ?			
5206,8 $\pm 0,5$	89,84	342,15	5207	89	343
5173,7 }	0,04	375,8			
~5173 }		~377			
5153,3	0,02	396,6			
5141,6 $\pm 0,5$	5,82	408,48	5142	6,1	410
5088,4	0,19	462,6	5088	0,3	
5082	0,03	468,6			469
5064,2	0,22	437,2	5067	0,2	486
5027,1	0,02	524,9			
4974,9	~0,002	~578			

* Определено по γ -излучению.
** Возможна примесь $\alpha_{605}^{242}\text{Cm}$.

Схема энергетических уровней ядра ^{238}Np

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 $^{238}\text{Np}^*$); $3+3$; $3-3$; $5+5$; $6-6$; $5-5$ (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. Вылову 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, 1964, p. 32.
7. Hyde E., Perlman I., Seaborg G. The Nuclear Properties of the Heavy Elements. V. 11. New Jersey, Prentice-hall, inc. Englewood Cliffs, 1964, p. 859.
8. Albridge R., Huhbs 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 ^{241}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 4π -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 основное состояние 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.