

# Определение периода полураспада $^{241}\text{Am}$

ПОЛЮХОВ В. Г., ТИМОФЕЕВ Г. А., ПРИВАЛОВА П. А., БАКЛАНОВА П. Ф.

УДК 539.163: 546.799.5

Наиболее точным значением периода полураспада ( $T_{\alpha}$ )  $^{241}\text{Am}$  до 1967 г. считалась величина 458 лет [1] — среднее из значений  $T_{\alpha} = 458,4 \pm 0,5$  [2] и  $457,7 \pm 1,8$  лет [3].

В 1967 г. Эттинг и Ганн, используя образец металлического  $^{241}\text{Am}$ , измерили  $T_{\alpha}$  калориметрическим методом и получили величину  $432 \pm 0,7$  лет [4]. Вслед за ними авторы работ [5] и [6] сообщили соответственно о значениях  $T_{\alpha} = 436,6 \pm 3$  и  $433 \pm 7$  лет.

Во многих случаях необходимо знать точную величину  $T_{\alpha}$  для  $^{241}\text{Am}$ , поэтому проведено дополнительное определение этой константы методом  $4\pi\alpha$ -измерений аликвот раствора с известной концентрацией  $^{241}\text{Am}$ .

В работе использовали  $^{241}\text{Am}$ , накопленный при распаде  $^{241}\text{Pu}$ . Двуокись  $^{241}\text{Am}$ , содержащую около 2%  $^{237}\text{Np}$ , 0,16%  $^{239}\text{Pu}$  и не более 2% инертных примесей, после растворения подвергли тщательной очистке трехкратным осаждением фторида трехвалентного америция для освобождения от плутония и нептуния, которые предварительно окисляли в 1 M азотной кислоте персульфатом аммония при  $80^{\circ}\text{C}$ ; трехкратным осаждением фторида редкоземельных элементов. Америций перед осаждением окисляли до шестивалентного состояния в 0,1 M азотной кислоте персульфатом аммония в присутствии азотнокислого серебра при температуре  $80^{\circ}\text{C}$ . Затем проводили двухкратную экстракцию 0,5 M раствором ди-дваэтилгексилфосфорной кислоты в декане для дополнительной очистки от нептуния, плутония и инертных примесей.

Радиохимическую очистку  $^{241}\text{Am}$  от изотопов кюрия контролировали с помощью  $\alpha$ -спектрометра с полупроводниковым Si(Au)-детектором. Содержание  $^{238}\text{Pu}$  оценивали радиохимическим методом. Суммарная  $\alpha$ -активность  $^{238}\text{Pu}$  и изотопов  $^{242}\text{, 243}\text{, 244}\text{Cm}$  в препарате не превышала 10<sup>-3</sup>%.

Из полученного раствора осаждали оксалат трехвалентного америция, который после перевитристаллизации и тщательной промывки прокаливали до двуокиси. Рентгеноструктурный анализ показал, что полученный окисел имеет флюоритную структуру с параметром кристаллической решетки  $5,3771 \pm 0,0005 \text{ \AA}$ , что в соответствии с литературными данными отвечает стехиометрической  $\text{AmO}_2$  ( $5,3772 \pm 0,0004 \text{ \AA}$  [7]). По данным спектрального анализа двуокись америция содержала 0,3% примесей.

Навеску свежеприготовленного оксида 65,8 мг количественно растворяли в 8 M азотной кислоте. С поправкой на примеси концентрация америция в исходном растворе составляла  $0,4066 \pm 0,0014 \text{ мг/г}$  раствора. Кроме того, концентрацию америция в этом растворе устанавливали независимым методом: многократным комплексометрическим титрованием раствором диэтилтриаминцианаксусной кислоты в ацетатном буфере при  $\text{pH} = 4,2$  с использованием ксиленолового оранжевого в качестве металлоиндикатора. Полученное значение составляет  $0,4055 \pm 0,0028 \text{ мг/г}$  раствора и близко к установленному весовым методом. Для всех последующих расчетов использовали значение концентрации америция, определенное весовым методом.

Дальнейшее разбавление и нанесение аликвоты раствора на подложку проводили весовым методом, коэффициент разбавления составлял обычно  $2 \cdot 10^4$ .

Методика приготовления препаратов и конструкция пропорционального  $4\pi\alpha$ -счетчика аналогичны описанным в работе [8]. При определении веса аликвоты, наносимой на подложку, в каждом случае вводили экспериментально определенную поправку на испарение раствора за время взвешивания. Для более равномерного распределения вещества по поверхности активного пятна на пленке применяли 10%-ный раствор инсулина в дистиллированной воде [9]. Препараты измеряли при трех напряжениях на  $\alpha$ -плато (пять раз при каждом напряжении) со статистической точностью не хуже  $\pm 0,7\%$ . Усредненные данные исправляли на влияние толщины пленки и дискриминацию регистрирующей аппаратуры. Из восьми разведений исходного раствора  $^{241}\text{Am}$  приготовлено восемь серий  $4\pi\alpha$ -препаратов. Результаты определения удельной  $\alpha$ -активности  $Q_{\alpha}$   $^{241}\text{Am}$  представлены в таблице.

Результаты определения удельной  $\alpha$ -активности  $^{241}\text{Am}$

№ серии	Количество препаратов в серии	$\bar{Q}_{\alpha} \times 10^{-11}$ , расп.сек <sup>-1</sup> .г <sup>-1</sup>	Средняя квадратическая ошибка $S\bar{Q}_{\alpha} \times 10^{-11}$
1	6	1,2533	0,0253
2	6	1,2537	0,0132
3	5	1,2898	0,0225
4	5	1,3248	0,0251
5	5	1,2376	0,0415
6	6	1,2570	0,0207
7	7	1,2663	0,0239
8	9	1,2640	0,0356
Среднее		1,2679	0,0080

Методом дисперсионного анализа [10] значимых различий между средними значениями  $\bar{Q}_{\alpha}$  отдельных серий и их дисперсиями не обнаружено. Средняя величина  $\bar{Q}_{\alpha}$ , рассчитанная по данным, приведенным в таблице, составляет  $(1,2679 \pm 0,0080) \cdot 10^{11}$  расп.сек<sup>-1</sup>.г<sup>-1</sup>. Принимая также, как и в работе [4], значения констант:  $N_0 = 6,02252 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>;  $A = 241,057$  по шкале  $^{14}\text{C}$ ;  $\ln 2 = 0,693147$ ; 1 год = 365,24 суток, получаем для  $^{241}\text{Am}$   $T = 432,8 \pm 3,1$  лет ( $\bar{P} = 0,95$ ). Ошибка в определении  $T_{\alpha}$  состоит из ошибок приготовления и измерения  $4\pi\alpha$ -препаратов (0,62%) и определения концентрации америция в исходном растворе (0,34%). Полученная величина  $T_{\alpha}$  находится в хорошем согласии с результатами работ [4, 6] и несколько ниже значения, приведенного в работе [5].

Поступило в Редакцию 15/VIII 1973 г.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Lederer C., Hollander J., Perlman J. Tables of Isotopes, 6th ed. N.J., Wiley, 1967.

2. Hall J., Markin T. «J. Inorg. and Nucl. Chem.», 1957, v. 4, p. 137.  
 3. Wallman J., Graf P., Goda L. «J. Inorg. and Nucl. Chem.», 1958, v. 7, p. 199.  
 4. Ötting F., Grum S. «J. Inorg. and Nucl. Chem.», 1967, v. 29, p. 2659.  
 5. Stone R., Hulet E. «J. Inorg. and Nucl. Chem.», 1968, v. 30, p. 2591.  
 6. Brown L., Propst R. Ibid., p. 2591.

7. Chikalla T., Eyring L. Ibid., p. 133.  
 8. Баранов С. А., Полевой Р. М. «Приборы и техника эксперимента», 1967, т. 3, с. 32.  
 9. Пейт Б. Д. В кн.: Метрология ионизирующих излучений (вопросы радиометрии). Под ред. К. К. Аглинцева и Г. А. Дорофеева, М., Госатомиздат, 1962.  
 10. Доерфель К. Статистика в аналитической химии. Перев. с нем. М., «Мир», 1969.

## Об эффективном заряде осколков деления

МИТЕРЕВ А. М., БОРИСОВ Е. А.

УДК 539.173.8

Прохождение осколков деления в среде наряду с процессами «чистой» ионизации и упругих столкновений с атомами среды сопровождается процессами обмена электронами с атомами среды. В результате этого эффективный заряд, который и в начале пробега не ра-

вен заряду ядра, непрерывно уменьшается. Детальному измерению эффективного заряда осколков в различных средах посвящены работы [1, 2], теоретическое рассмотрение этого вопроса анализируется в обзоре [3].

Обычно эффективный заряд определяют из выражения

$$z_{эф} = z \alpha \frac{v}{v_0}, \quad (1)$$

где  $z$ ,  $v$  — ядерный заряд и скорость осколка соответственно;  $v_0$  — скорость электрона на первой бордовской орбите; коэффициент  $\alpha$  равен  $1/3$ . Такая зависимость для эффективного заряда получена Бором [4] на основании выдвинутого им критерия, что в каждой точке своего пути осколок удерживает те электроны, скорости которых равны или больше скорости осколка, при этом полагается, что распределение электронов в атоме по скоростям аналогично уравнению (1) с  $\alpha = 1/3$ .

Анализ экспериментальных данных показал [3], что выражение (1) с  $\alpha = 1/3$  дает завышенные значения эффективного заряда, хотя оно и правильно описывает его зависимость от скорости движения осколка деления.

Используя для энергий ионизации  $Q_n$  (где  $Q_n$  — энергии, необходимые для превращения нейтрального атома в  $n$ -кратные ионы) значения, рассчитанные по приближенной формуле Зоммерфельда [5]

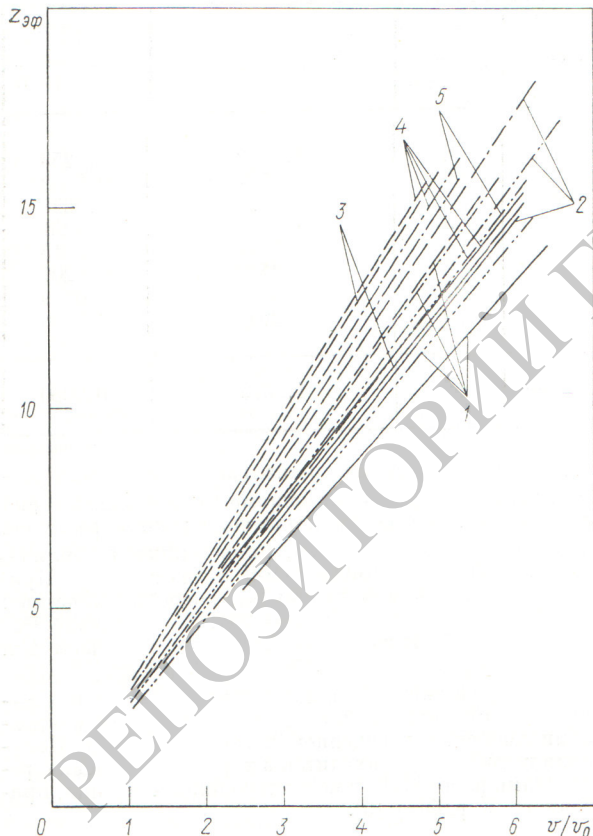
$$Q_n = 1,27 \frac{n^{7/3}}{1 - 0,903 \left(\frac{n}{z}\right)^{1/4}}, \quad (2)$$

справедливой в случае  $n \ll z$ , определив энергию, необходимую для удаления  $n$ -го электрона из атома:

$$J_n = Q_n - Q_{n-1} = m u_n^2 / 2,$$

и наконец, приняв справедливым критерий Бора, авторы настоящей работы получили для эффективного заряда выражение, аналогичное (1), но с  $\alpha = 1/4$ .

Значения эффективного заряда в водороде в формуле (1) с  $\alpha = 1/4$  лучше соответствуют экспериментальным результатам работ [2, 3], а в случае тяжелого осколка совпадают с ними. Такое согласие свидетельствует о правильности критерия Бора относительно торможения осколка в водороде, однако для более сложных сред, где имеются электроны с различными скоростями движения, этого критерия недостаточно. Учитывая, что нет хорошей теории, которая бы объяснила влияние среды, и то, что  $z_{эф}$  слабо зависит от ядерного заряда среды  $z_i$  (за исключением легких сред  $2 < z_i < 12$ ), влияние среды на  $z_{эф}$  можно в хорошем приближении учесть



Эффективные заряды осколков деления в различных газах:  
 1 — водород; 2 — гелий; 3 — воздух; 4 — аргон; 5 — азот;  
 — экспериментальные данные работы [2] для  
 тяжелого и легкого осколков соответственно; - - - -  
 данные, полученные в настоящей работе для тяжелого и  
 легкого осколков соответственно.