

Выход изотопов криптона и ксенона при облучении интегральным потоком нейтронов $2,16 \cdot 10^{17}$

Изотоп	Реакция	Сечение, мбарн	Выход газообразного типа, см ³
Kr ⁸⁰	$\text{Br}^{79} + n \rightarrow$	10,1	$\sim 2,4 \cdot 10^{-2}$
	$\rightarrow \text{Br}^{80} \xrightarrow[18 \text{ мин}]{\beta^-} \text{Kr}^{80}$		
Kr ⁸²	$\text{Br}^{81} + n \rightarrow$	2,6	$\sim 0,6 \cdot 10^{-2}$
	$\rightarrow \text{Br}^{82} \xrightarrow[35,7 \text{ ч}]{\beta^-} \text{Kr}^{82}$		
Xe ¹³²	$\text{I}^{127} + n \rightarrow$	0,25	$6,8 \cdot 10^{-4}$
	$\rightarrow \text{I}^{128} \xrightarrow[25 \text{ мин}]{\beta^-} \text{Xe}^{128}$		

аппаратурой [3] полученное количество криптона и ксенона достаточно для проведения нескольких тысяч определений.

Через три недели после выдержки ампулы поступали на прибор для выделения и очистки инертных газов. После вскрытия в вакууме ампулы подогрелись и выделенные газы подвергались очистке, обычной при работе с инертными газами [3]. Прибор содержал ловушки с жидким азотом (при работе с ксеноном применялась твердая углекислота), КОН, CuO ($t = 600^\circ \text{C}$) и Са ($t = 600^\circ \text{C}$). Очищенные криптон

и ксенон переводились в ампулы с активированным углем, которые затем отпайвались.

Изотопный анализ криптона и ксенона проводился на масс-спектрометре МВ-2302 с высокой разрешающей способностью, при которой пики, соответствующие изотопам криптона и ксенона, и пики углеводородных загрязнений (если последние присутствуют) полностью разрешаются. На масс-спектрограмме ксенона наблюдается один пик, соответствующий Xe¹²⁸. Примесь атмосферного ксенона составляет менее 0,1%. Масс-спектр криптона содержит Kr⁸⁰ и Kr⁸², причем отношение Kr⁸⁰/Kr⁸² равно 3,8, что практически совпадает с расчетными данными. Примесь атмосферного криптона составляет менее 0,05%.

Авторы благодарят Д. М. Каминкера за любезно предоставленную возможность работать на реакторе Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе, а также И. К. Кирина и Ю. А. Шуклокова за помощь в исследованиях. В работе принимал деятельное участие студент-дипломант Н. С. Окунев.

Поступило в Редакцию 1/III 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Барнард. Современная масс-спектрометрия. М., Изд-во иностр. лит., 1956.
Д. Бейнон. Масс-спектрометрия и ее применение в органической химии. М., «Мир», 1964.
2. Р. Уэбстер. В сб. «Успехи масс-спектрометрии». М., Изд-во иностр. лит., 1963.
3. Ю. А. Шуклоков, Л. К. Левский. «Ж. аналит. хим.», XIX, 1099 (1964).

УДК 539.172.4

Измерение сечения поглощения Gd¹⁵⁶

Е. И. Гришанин, Г. М. Кукавадзе, В. И. Лепендин, Л. Я. Мамелова,
И. Г. Морозов, В. В. Орлов, Д. Т. Пилипец

При использовании гадолиния в качестве сильно экранированного выгорающего поглотителя [1] необходимо знать сечение поглощения его невыгорающих изотопов, чтобы определить остаточное отравление реактора. В литературе, посвященной невыгорающим изотопам гадолиния, имеются лишь данные по сечениям активации, причем для Gd¹⁵⁴ и Gd¹⁵⁶ нет даже такой информации, так как эти изотопы не образуют радиоактивных ядер при поглощении медленных нейтронов.

Из-за аномально большой величины сечения поглощения изотопов Gd¹⁵⁵ и Gd¹⁵⁷ практически невозможно использовать существующие методы измерения по пропусканию с помощью образцов, обогащенных соответствующим изотопом, так как в этом случае необходима очень высокая степень очистки от вышеупомянутых изотопов.

В настоящей работе для определения сечения поглощения Gd¹⁵⁶ использовался следующий метод. Образцы, содержащие окись гадолиния в количестве нескольких миллиграммов, облучались в реакторе ВВР-М Института физики АН УССР до различных интегральных потоков тепловых нейтронов. После этого на масс-спектрометре измерялось содержание изотопов Gd¹⁵⁷ и Gd¹⁵⁶. Начиная с некоторого значения

интегрального потока тепловых нейтронов содержание Gd¹⁵⁷ достигало равновесного значения, обусловленного только образованием этих ядер за счет поглощения нейтронов изотопом Gd¹⁵⁶. В равновесном состоянии имеет место следующее соотношение

$$\sigma_6 Q_6 = \sigma_7 Q_7 \quad \text{или} \quad \frac{\sigma_6}{\sigma_7} = \frac{Q_7}{Q_6}, \quad (1)$$

где σ_6, σ_7 — эффективные сечения поглощения Gd¹⁵⁶ и Gd¹⁵⁷, соответствующие спектру нейтронов реактора, в котором производилось облучение; Q_6 и Q_7 — равновесные концентрации этих изотопов.

Величина σ_7 , полученная усреднением сечения поглощения Gd¹⁵⁷ по спектру нейтронов реактора ВВР-М с температурой нейтронов $400 \pm 30^\circ \text{K}$, оказалась равной $150\,000 \pm 12\,000$ барн. Для вычисления сечения Gd¹⁵⁶ использовались резонансные параметры, приведенные в работе [2].

Определив изотопный состав облученных образцов, из соотношения (1) легко получить сечение Gd¹⁵⁶. Так как при равновесной концентрации сечение не зависит от величины интегрального потока, то для измерения последнего использовались данные о распределе-

нии потока тепловых нейтронов и о количестве выработанной реактором энергии.

Для увеличения равновесной концентрации Gd^{157} использовались образцы гадолиния, обогащенные изотопом Gd^{156} до 94,86%. Содержание остальных изотопов в образцах составляло:

Gd^{152} 0,01%; Gd^{154} 0,14%; Gd^{155} 0,83%;

Gd^{157} 2,93%; Gd^{158} 0,89% и Gd^{160} 0,34%.

Масс-спектрометрический изотопный анализ образцов гадолиния проводился на масс-спектрометре типа МИ-1311. Применялся ионный источник с поверхностной ионизацией. Эмиттером служила полоска из вольфрамовой фольги толщиной 30 мк. Исследуемые образцы гадолиния наносились на эмиттер в виде водного раствора нитрата.

При величине токов 10^{-14} — 10^{-18} а ионные токи регистрировались электронным умножителем, а при измерении концентрации Gd^{156} , когда величина токов составляла более 10^{-14} а, использовался усилитель постоянного тока. Каждый раз перед регистрацией ионных токов определялся коэффициент усиления умножителя, который был равен (5—10)· 10^3 .

При выполнении настоящей работы разрешающая способность масс-спектрометра на уровне 5% интенсивности линии масс-спектра составляла 550 при вакууме в камере прибора $2 \cdot 10^{-7}$ мм рт. ст. Перед каждым анализом эмиттеры подвергались тренировке, обезгаживанию и «выжиганию» из них примесей и проверялось отсутствие остаточных линий в изучаемом интервале масс. В результате поверхностной ионизации на эмиттере появлялись ионы GdO^+ и Gd^+ . У использованных образцов гадолиния были обнаружены примеси изотопов других редкоземельных элементов. Некоторые из них, например празеодим в виде иона PrO^+ с массой 157, обладающий очень большой эффективностью ионизации, накладывались на ионы Gd^+ с массой 157 и существенно искажали результаты даже при

наличии такой малой примеси изотопа, которая не обнаруживается спектральными методами. Изменением температуры эмиттера не удалось избавиться от следов этих изотопов и поэтому работа проводилась на ионах GdO , так как эта область оказалась более «чистой». Однако в этом случае необходимо было учитывать вклад от O^{17} и O^{18} , что привело к увеличению ошибки измерения, так как поправка за счет O^{17} оказалась сравнимой по величине с концентрацией Gd^{157} . При интегральном потоке тепловых нейтронов 10^{20} нейтр/см² невыгоревшая первоначальная концентрация Gd^{157} составляет лишь 2% от равновесной концентрации; равной $\sigma_7 = (0,0062 \pm 0,0011)\%$. Согласно соотношению (1) такое содержание Gd^{157} соответствует сечению Gd^{156} для спектра реактора ВВР-М, равному $\sigma_6 = (0,0062 \pm 0,0011)\% \cdot \frac{150\,000 + 12\,000}{(95,65 \pm 0,09)\%} = 9,8 \pm 2,5$ барн. Если предположить, что сечение Gd^{156} подчиняется закону $1/v$ в тепловой области, то его сечение при энергии нейтронов 0,025 эв будет равно 13 ± 3 барн. Полученный результат существенно отличается от данных работы [3].

В заключение авторы благодарят А. А. Белоноженко и Л. А. Степанову за помощь в измерении изотопного состава образцов, а также Г. И. Тошинского за ценные советы.

Поступило в Редакцию 2/IV 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Орлов и др. Доклад № 354, представленный СССР на Третью международную конференцию по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1964).
2. D. Hughes, J. Harvey. Neutron Cross Sections. BNL-325, 1958.
3. R. I. Hall. ACNP-63 003, March 1963.

УДК 539.125.25

Изменение спектра быстрых нейтронов после прохождения алюминиевой, парафиновой и водной сред

Г. Г. Дорошенко, В. А. Федоров, Е. С. Леонов

Разработка высокоэффективного спектрометра быстрых нейтронов [1] с амплитудно-временной селекцией γ -фона [2] и автоматической стабилизацией коэффициента усиления [3], так же как и разработка надежного матричного метода счетных эффективностей [4, 5] с учетом всех факторов, определяющих форму линии спектрометра [6, 7], включая реальное энергетическое разрешение детектора [8], позволяет проводить длительные прецизионные измерения спектров быстрых нейтронов на уровне долей предельно допустимого потока; при этом появляется возможность изучать тонкую структуру спектров.

В настоящей работе была предпринята попытка проследить изменение спектра быстрых нейтронов при прохождении через большие слои алюминия, парафина и воды. Это необходимо для выяснения влияния энергетического хода сечения основных компонентов

изучаемых материалов на вид спектра быстрых нейтронов. Был использован $Po - Be$ -источник быстрых нейтронов, который для уменьшения вклада рассеянных нейтронов помещался в парафиновый коллиматор с углом раствора 48° . Исследуемый материал (алюминий, парафин) в виде листов размером 70×70 см находился на расстоянии 25 см от источника. Датчик спектрометра располагался на поверхности исследуемой среды непосредственно над источником. Результаты эксперимента для алюминиевой (толщина слоя 44 см) и парафиновой (толщина слоя 45 см) сред представлены на рис. 1 и 2.

Время набора информации составляло соответственно 3 ч 40 мин и 9 ч. Для сравнения на тех же рисунках приведены результаты измерения спектра нейтронов $Po - Be$ -источника, а также энергетический ход полных сечений взаимодействия алюминия