

Сечения радиационного захвата изотопов диспрозия в интервале энергий 0,023—1 эв

Л. С. Данелян, Ю. В. Адамчук, С. С. Москалов,
М. И. Певзнер, С. С. Ястребов

Для увеличения продолжительности кампании реакторов и уменьшения измененной реактивности, связанных с выгоранием топлива, применяются выгорающие поглотители [1]. Одним из возможных поглотителей является Dy^{164} , сечения которого в интервале энергий тепловых нейтронов до 1 эв известны [2]. Содержание этого изотопа в естественной смеси равно 28,18%.

Чтобы решить вопрос об использовании в качестве выгорающей добавки естественной смеси изотопов, необходимо знать энергетическую зависимость сечений захвата Dy^{161} , Dy^{162} и Dy^{163} . Известны только значения сечений захвата этих изотопов, полученные методом котлового осциллятора [1].

В настоящей работе измерения сечений захвата изотопов диспрозия проводились методом времени пролета. Источником нейтронов служил пудьсирующий линейный ускоритель электронов. Мгновенные γ -лучи, испускаемые образцом при реакции (n, γ) , регистрировались сцинтиляционным детектором с кристаллами NaJ (Tl). Подробное описание спектрометра дано в работе [3]. Для улучшения отношения сигнала к фону применялся одноканальный амплитудный анализатор, пропускавший импульсы от γ -лучей с энергией 1,6—5 Мэв.

Измерения скорости счета γ -лучей захвата N_γ с тонким образцом ($n\sigma_t \ll 0,1$) и потока N падающих в пределах временного канала анализатора нейтронов с толстым образцом N_B позволили получить относительный ход сечения радиационного захвата в зависимости от энергии нейтронов. Действительно, $N_\gamma \sim \varphi(t) \left(1 - e^{-\frac{n\sigma_t}{\sigma_t}}\right) \sim \varphi(t) \sigma_c \left(1 - \frac{n\sigma_t}{2}\right)$, $N_B \sim \varphi(t)$.

Отсюда

$$\sigma_c \sim \frac{N_\gamma}{N_B \left(1 - \frac{n\sigma_t}{2}\right)}$$

где $\varphi(t)$ — поток падающих нейтронов; σ_t и σ_c — полное сечение и сечение захвата исследуемого изотопа соответственно.

Для определения абсолютного значения сечения измерялось полное сечение по пропусканию нейтронов в интервале 0,02—0,07 эв. Из-за отсутствия достаточных количеств разделенных изотопов определение полных сечений во всем интервале энергий затруднялось. Пропускание образцов диспрозия, располагаемых посередине между мишенью ускорителя и детек-

тором, регистрировалось образцом Gd^{155} , помещенным в детектор. Из измеренных значений полных сечений вычиталось сечение потенциального рассеяния диспрозия, которое принималось равным 8 барн. Полученные таким образом сечения в интервале 0,02—0,07 эв использовались для нормировки относительного хода сечения захвата.

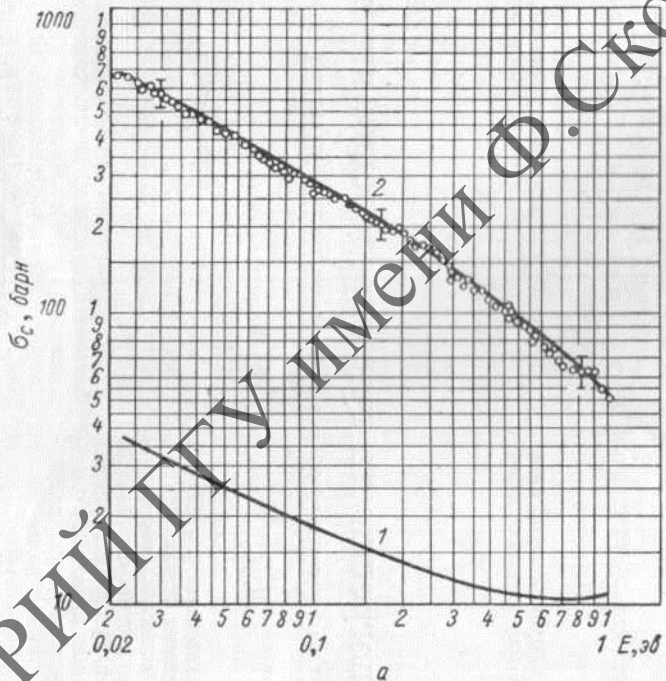
Для учета фона проводились измерения с аналогичным пустым алюминиевым контейнером или, как, например, в случае Dy^{162} и Dy^{163} , с образцами, содержащими изотопы Dy^{161} и Dy^{164} в количестве, равном их содержанию в исследуемых образцах Dy^{162} и Dy^{163} . Фон в измерениях сечений захвата составлял 15—20%, в измерениях полных сечений 2—8%. При определении сечений захвата учитывались нейтроны с низкими энергиями от предыдущего импульса ускорителя (менее 0,007 эв) и толщина образца (поправка $1 - \frac{n\sigma_t}{2}$).

Контрольные измерения полных сечений золота и Dy^{164} , а также сечения захвата золота совпали с опубликованными данными [2, 4].

Масс-спектрометрический анализ образцов Dy^{162} и Dy^{163} на содержание в них Dy^{164} , Gd^{155} и Gd^{157} проводился на масс-спектрометре типа MC-2M [5]. Было установлено, что количество изотопов Gd^{155} и Gd^{157} составляло менее 0,01%, что может внести ошибку до 10% при нормировке к абсолютным значениям по результатам полных сечений. Эта неопределенность находится в пределах экспериментальной точности измерений.

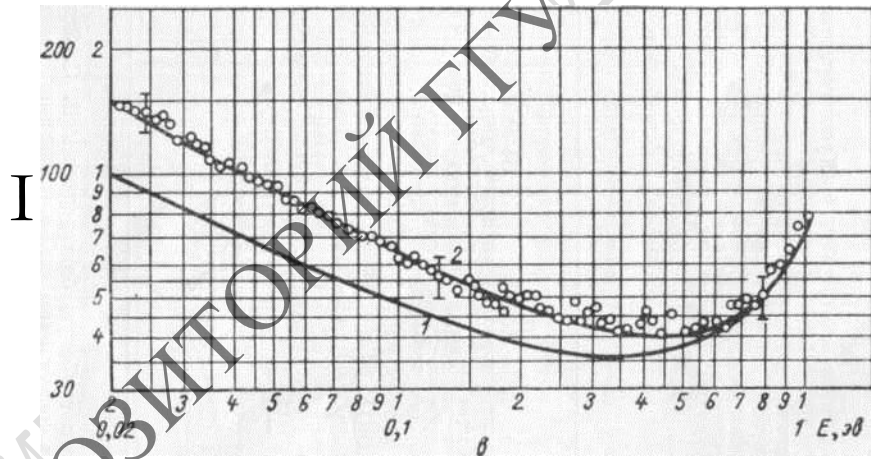
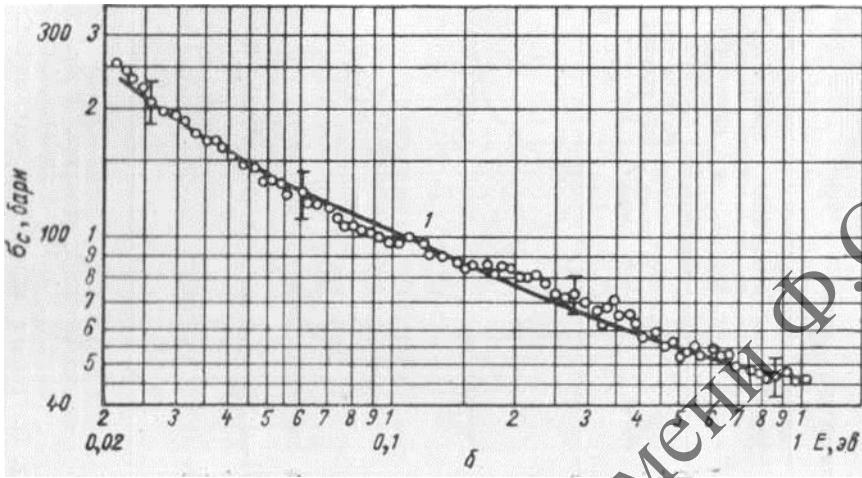
На рисунке приведены энергетические зависимости сечений захвата Dy^{161} , Dy^{162} , Dy^{163} . Результирующая среднеквадратичная ошибка сечения захвата в точке составляет 7—12%.

Сечение захвата Dy^{162} в интервале 0,023—1 эв объясняется резонансами при энергиях 5,44 и 71,3 эв. Ход и величина сечений захвата Dy^{161} и Dy^{163} указывают на существование уровней при «отрицательной» энергии, параметры которых приведены в таблице, где даны также формулы, описывающие сечения изотопов в интервале 0,023—1 эв, вклады известных резонансов в сечение при 0,025 эв и величины сечений захвата при 0,025 эв. В последнем столбце приведены для сравнения значения сечений захвата для спектра тепловых нейтронов, измеренные методом котлового осциллятора. Эти значения несколько выше наших результатов, так как включают небольшую часть резонансного сечения поглощения.



Зависимость сечения захвата $Dy^{161}(a)$, $Dy^{162}(\sigma)$ и $Dy^{163}(с)$ от энергии 0,023—1 эв:

1 — вклад резонансов при положительных энергиях; 2 — сумма вкладов резонансов при положительных и «отрицательной» энергиях.



Характеристики изотопов диспрозия

Изотоп диспрозия	Формулы, описывающие с точностью ~ 3% зависимость σ_c от энергии в интервале 0,023—1 эв	Вклады известных уровней [4] в σ_c при энергии 0,025 эв, барн	Параметры уровней при «отрицательной» энергии и их вклад в σ_c при 0,025 эв			Экспериментально измеренные сечения захвата $\sigma_c = (\sigma_t - 8)$ при энергии 0,025 эв, барн	Сечения захвата при 0,025 эв, полученные методом коинтегратора [1], рис. 1)
			E_0 , эв	Γ_n , мэв	Вклад, барн		
161	$\frac{1}{\sqrt{E}} \left[\frac{14,65}{(E-2,72)^2} + \frac{34}{(E-3,69)^2} + \frac{18,6}{(E-4,33)^2} + \frac{520}{(E+2,38)^2} \right]$	36,8	-2,38	21,0	580	617±40	725
162	$\frac{1}{\sqrt{E}} \left[\frac{930}{(E-5,44)^2} + 0,90 \right]$	222	-	-	-	215±16	245
163	$\frac{1}{\sqrt{E}} \left[\frac{38,5}{(E-1,71)^2} + 0,63 + \frac{1,95}{(E+0,517)^2} \right]$	90	-0,517	0,042	42	135±13	160

Приносим глубокую благодарность В. С. Волотареву и его сотрудникам за изготовление разделенных изотопов диспрозия, Г. М. Кукавадзе за полезные советы, а также А. С. Алпееву, А. Я. Лушину, С. М. Стрельникову и М. В. Сафроновой за участие в измерениях и обработке данных.

Поступило в Редакцию 24/VI 1963 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Радковский. В кн. «Труды Второй международной конференции по мирному использо-

ванию атомной энергии». Избр. докл. иностр. ученых. Т. 3. М., Атомиздат, 1959, стр. 717.

2. R. Sher et al. Nucl. Sci. and Engng, **11**, 369 (1961).
3. Л. С. Данелян, Б. В. Ефимов. «Атомная энергия», **14**, 264 (1963).
4. O. Hughes, R. Schwartz. Neutron cross sections. BNL-325 (1958).
5. Р. Н. Иванов, Г. М. Кукавадзе. «Приборы и техника эксперимента», № 1, 106 (1957); С. С. Ястребов. Там же, № 5, 76 (1958)

УДК 539.107.4 : 53.088

Об аппаратурной погрешности при определении интенсивности перекрывающихся спектральных линий

Л. С. Горн, Б. И. Хазанов

В тех случаях, когда энергетическое разрешение детектора недостаточно и две близкие линии спектра с известной энергией сливаются, относительное содержание излучателей в препарате можно определить, используя разностную методику [1, 2]. При измерениях в двух соседних каналах с шириной канала E_k регистрируют импульсы, соответствующие двум излучателям, т. е.

$$N_1 = a_{1A}I_A + a_{1B}I_B; \quad N_2 = a_{2A}I_A + a_{2B}I_B.$$

где a — коэффициенты, учитывающие долю импульсов каждого излучателя, попадающих в каналы A и B . Пример двух таких перекрывающихся линий показан на рис. 1.

По результатам двух измерений величин N_1 и N_2 фактическая интенсивность линий может быть определена как

$$I_A = \frac{N_1 a_{2B} - N_2 a_{1B}}{a_{1A} a_{2B} - a_{1B} a_{2A}}; \quad I_B = \frac{N_2 a_{1A} - N_1 a_{2A}}{a_{1A} a_{2B} - a_{1B} a_{2A}}.$$