

Плотность столкновений в промежуточных резонансах

А. П. ПЛАТОНОВ, А. А. ЛУКЬЯНОВ

УДК 621.039.51.12

Замедление нейтронов в двухкомпонентной гомогенной среде при резонансных энергиях характеризуется существенной зависимостью функции плотности столкновений $\Psi(u)$ от характера энергетической структуры нейтронных сечений. Особенно явно это проявляется вблизи так называемых промежуточных резонансов с шириной, близкой к величине потери энергии при упругом рассеянии нейтрона на ядрах резонансной компоненты [1, 2].

Учет энергетической структуры плотности столкновений вблизи таких резонансов приводит к заметному различию в величинах резонансных интегралов в отдельных энергетических группах и может быть существенным при расчете среднегрупповых характеристик в резонансной области [3].

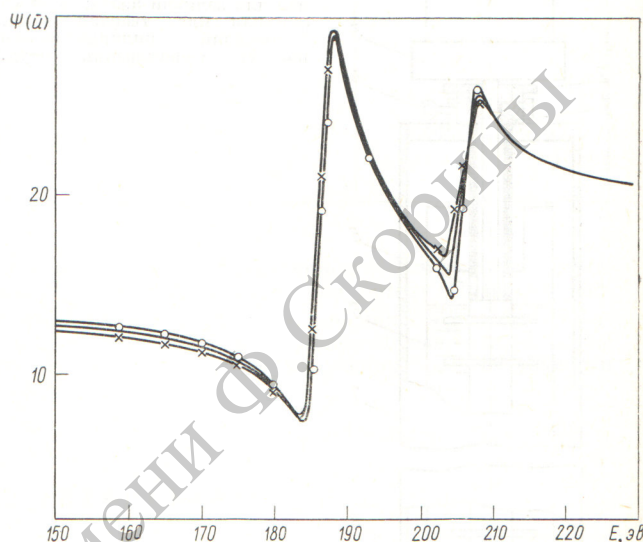
Для исследования точности и практических возможностей известных приближенных схем представления плотности столкновений в резонансах и эффективных резонансных интегралов захвата (NR-, NRIM-, IR-приближения [4, 5]) проведено численное решение уравнения замедления в гомогенной среде $U^{238}O_2$ и эквивалентной смеси ядер урана и водорода (полное потенциальное сечение смеси равно потенциальному сечению среды $U^{238}O_2$) для энергетического интервала 160—230 эв. В данном интервале энергий наблюдаются два близких промежуточных резонанса U^{238} с параметрами $E_1 = 189,6$ эв; $\Gamma_1 = 168$ эв; $\Gamma_{1\gamma} = 23$ эв; $E_2 = 206,6$ эв; $\Gamma_2 = 80,6$ эв; $\Gamma_{2\gamma} = 24$ эв; $\sigma_p = 11$ барн [6, 7].

Уравнение замедления нейтронов в многокомпонентной гомогенной среде имеет вид:

$$\Psi(u) = \sum_{j=1}^2 \int_{u-r_j}^u \Psi(u') h_j(u') f_j(u-u') du' + \delta(u),$$

где $f_j(u) = \alpha_j e^{-u}$ — функция распределения нейтронов по энергиям при упругом рассеянии на ядрах j -й компоненты; $h_j(u)$ — относительная вероятность рассеяния нейтронов; $\alpha_j = (A_j + 1)^2 / 4A_j$; $r_j = 2 \ln(A_j + 1) / (A_j - 1)$; A_j — атомный номер j -го ядра.

Для решения уравнения применен метод численного интегрирования дифференциального уравнения первого порядка, эквивалентного интегральному урав-



Плотность столкновений нейтронов $\Psi(u)$ в гомогенной смеси $U^{238}O_2$ на интервале энергий 150—230 эв для $T, ^\circ K$:
 ○ — 300; — — — 900; × — 2100.

нению [8], а относительные вероятности рассеяния $h_j(u)$ вычислялись в соответствии с программой УРАН [7], т. е. по одноуровневым формулам Брейта — Вигнера с учетом интерференции резонансного и потенциального рассеяний и температурной зависимости формы резонансов.

Как показывает расчет, энергетическая зависимость плотности столкновений в этой области оказывается довольно существенной и проявляет структуру, коррелированную со структурой сечения рассеяния (см. рисунок).

Для вычисленных значений $\Psi(u)$ получены точные значения резонансных интегралов (табл. 1), которые сравниваются с приближенными (NR, NRIM, IR) [4, 5, 9].

Значения резонансных интегралов, вычисленных для отдельных уровней с различными замедлителями,

Резонансные интегралы захвата для уровней U^{238} (сечение разбавления 7,6 барн)

Таблица 1

T, °K	Среда	Метод расчета							
		Точный	IR	NRIM	NR				
						Точный	IR	NRIM	NR
		$E_0 = 189,6$ эв				$E_0 = 208,6$ эв			
300	UH	0,1797	0,1561	0,1712	0,2835	0,1153	0,1100	0,1132	0,1019
	UO ₂	0,1689				0,1127			
900	UH	0,1803	0,1584	0,1808	0,2312	0,1229	0,1175	0,1181	0,1041
	UO ₂	1,1693				0,1199			
2100	UH	0,1827	0,1653	0,1998	0,1840	0,1400	0,1347	0,1421	0,1158
	UO ₂	0,1713				0,1363			

Суммарный резонансный интеграл захвата для двух уровней U^{238} с энергиями 189,6 и 208,6 эв (сечение разбавления 7,6 бари)

Таблица 2

T, °К	Среда	Метод расчета				
		Точный с учетом перекры- вания уровней	Точный	IR	NRIM	NR
300	UH UO ₂	0,2932 0,2657	0,2950 0,2816	0,2661	0,2844	0,3854
900	UH UO ₂	0,2966 0,2728	0,3032 0,2892	0,2759	0,2989	0,3353
2100	UH UO ₂	0,3172 0,2899	0,3227 0,3076	0,3000	0,3414	0,2998

заметно отличаются друг от друга для всех температур. Приближенные результаты отличаются от значений, вычисленных с использованием точной плотности столкновений (от 5 до 30%), причем в приближении NR для уровня с энергией 189,6 эв температурная зависимость резонансного интеграла другая. Наиболее близки к точным значения резонансных интегралов, вычисленных в NRIM-приближении, хотя и здесь разброс в среднем до 10%.

Интересно отметить, что для резонанса с большей шириной ($E_1 = 189,6$ эв) расхождения значений резонансных интегралов как для различных замедлителей, так и рассчитанных по приближенным формулам более существенны.

В табл. 2 приведены значения суммарного резонансного интеграла для двух уровней, вычисленные точно для различных замедлителей, а также сумма резонансных интегралов, определенных для каждого уровня как с точным, так и приближенным значением плотности столкновений. Различия в результатах можно объяснить взаимным влиянием резонансов, приводящим к изменению энергетической зависимости плотности столкновений между резонансами.

Поступило в Редакцию 22/VIII 1972 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марчук Г. И., Михайлус Ф. Ф. «Атомная энергия», 1958, т. 4, вып. 6, с. 520.
2. Лукьянов А. А., Юсеф М. Ю. А. «Атомная энергия», 1969, т. 6, вып. 6, с. 540.
3. Абагян Л. П. и др. (СССР). III Женевская конференция (1964), доклад № 357.
4. Дреснер Л. Резонансное поглощение в ядерных реакторах. М., Госатомиздат, 1962.
5. Goldstein R. Nucl. Sci. and Engng, 1965, v. 20, p. 384.
6. Neutron Cross Sections. BNL-325, second ed., v. III, 1965.
7. Абагян Л. П., Николаев М. Н., Петрова Л. В. Бюл. ИЦЯД, вып. 4, с. 392, Атомиздат, 1968.
8. Платонов А. П. Препринт НИИАР, П-90, Мелекес, 1970.
9. Абагян Л. П. и др. Бюл. ИЦЯД, приложение, Атомиздат, 1968.

Исследование системы $UO_3-UO_2(NO_3)_2-H_2O$

В. С. ЕФИМОВА, Б. В. ГРОМОВ

УДК 576.791.6-31+546.791.6:175-38+546.212

Осаждение урана аммиаком из растворов нитрата уранила при мольном отношении урана к аммиаку 1 : 2 по реакции $UO_2^{2+} + 2NH_4OH \rightarrow UO_2(OH)_2 + 2NH_4^+$ не приводит к получению чистой гидроокиси уранила. Осадок, как правило, содержит некоторое (иногда значительное) количество NO_3^- и NH_4^+ , что объясняют образованием в растворе наряду с ионами дигидрооксоуранила более стабильных ионов $[UO_2(OH)_3]^-$ и $[UO_2(OH)_3(H_2O)_n]^-$ [4].

На взаимосвязь между комплексами в растворе и составом осадка указывалось в работе [2]. Более подробно этот вопрос рассмотрен в работе [3], посвященной изучению процесса гидролиза UO_2^{2+} в растворе хлорида уранила.

С целью выяснения условий образования гидроокиси уранила в настоящей работе исследовалось фазовое равновесие в системе $UO_3-UO_2(NO_3)_2-H_2O$. Получение UO_3 , $UO_2(NO_3)_2$ и растворов изложено в работе [4].

При исследовании диаграммы состояния системы $UO_3-UO_2(NO_3)_2-H_2O$ растворы нитрата уранила с трехокисью урана, помещенные в герметичные сосуды, выдерживались при комнатной температуре 1,5 года (для достижения равновесия необходимо, чтобы UO_3 контактировал с раствором $UO_2(NO_3)_2$ в течение восьми месяцев). Для перемешивания смесей их встряхивали. Состав твердых фаз устанавливали по методу Шрейнемакера. Содержание урана определяли весо-