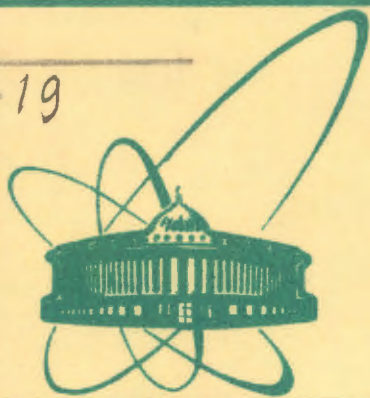


Б-19



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

97/2-80

14/5-80

РЗ - 12796

Т.Бакалов, А.А.Ваньков, Ю.В.Григорьев, Г.Илчев,
С.Тошков, В.Ф.Украинцев, Чан-Хань-Май, Н.Янева

ИЗМЕРЕНИЕ ПРОПУСКАНИЙ
И САМОИНДИКАЦИИ НА УРАНЕ-235
И ПЛУТОНИИ -239
В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ НЕЙТРОНОВ 2 эВ - 20 кэВ

1979

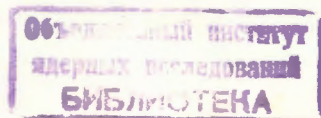
РЗ - 12796

Т.Бакалов, А.А.Ваньков,* Ю.В.Григорьев,* Г.Илчев,
С.Тошков, В.Ф.Украинцев,* Чан-Хань-Май, Н.Янева

**ИЗМЕРЕНИЕ ПРОПУСКНИЙ
И САМОИНДИКАЦИИ НА УРАНЕ-235
И ПЛУТОНИИ -239
В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ НЕЙТРОНОВ 2 эВ - 20 кэВ**

Направлено на Международную конференцию
по ядерным сечениям /Ноксвилл,
США, 22-26 октября 1979 г./

* Физико-энергетический институт, Обнинск.



Бакалов Т. и др.

РЗ - 12796

Измерение пропусканий и самоиндикации на уране-235 и плутонии-239 в области энергий нейтронов 2 эВ - 20 кэВ

Проведены измерения функций пропусканий урана-235 и плутония-239 с помощью пропорциональных ^3He -счетчиков и камер деления /эксперименты по самоиндикации/ в области энергий нейтронов 2 эВ - 20 кэВ. Использовалась техника времени пролета на импульсном быстром реакторе ИБР-30 с разрешением 100 нс/м / ^3He -счетчики/ и 53 нс/м /камеры деления/. Толщина образцов варьировалась в интервале от 0,0013 до 0,17 атом/барн. Получены средние полные сечения и факторы резонансной самоэкранировки полного сечения, а также сечения деления в энергетических интервалах системы ядерно-физических констант.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Bakalov T. et al.

РЗ - 12796

Transmission and Self-Indication Measurements with U-235 and Pu-239 in the 2 eV-20 keV Energy Region

The transmission and self-indication measurements with U-235 and Pu-239 have been carried out using the ^3He proportional counter and fission chambers in the 2 eV - 20 keV energy region. The TOF technique was used with the JINR pulse fast reactor IBR-30 in Dubna as a neutron source, the resolution being 100 nsec/m (^3He counter measurements) and 53 nsec/m (fission chamber measurements). The sample thickness was varied from 0.0013 atom/barns to 0.172 atom/barns. Average total cross sections with self shielding factors and self-shielding fission factors were determined for energies within ABBN nuclear constant set.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

ВВЕДЕНИЕ

Важное значение при расчетах реакторов на быстрых нейтронах имеют групповые константы /средние сечения, факторы резонансного самоэкранирования/ в резонансной области энергий урана-235, урана-238 и плутония-239. Оценки ядерно-физических констант этих элементов получены путем измерений нейтронных сечений и резонансных параметров в разрешенной области энергий. При переносе этой информации на неразрешенную область возникают ошибки из-за погрешностей в измерениях резонансных параметров и неточности расчетно-теоретической модели. Поэтому важно осуществить проверку групповых констант, в первую очередь факторов резонансного самоэкранирования, прямым измерением. На решение этой проблемы и направлена данная работа. В качестве объектов исследования были выбраны делящиеся изотопы урана-235 и плутония-239.

МЕТОДИКА

Среднегрупповые сечения и коэффициенты резонансной самоэкранировки могут быть получены непосредственно из экспериментальных функций пропускания

$$\langle T_t(x) \rangle_{\Delta E} = \frac{\int_{\Delta E} \phi(E) \epsilon(E) e^{-\sigma_t(E)x} dE}{\int_{\Delta E} \phi(E) \epsilon(E) dE} = \frac{N_{\text{обр}}}{N_{\text{оп}}}, \quad //1/$$

где $\langle T_t(x) \rangle_{\Delta E}$ - пропускание нейтронов, усредненное по спектру $\phi(E)$ и эффективности детектора $\epsilon(E)$ в энергетическом интервале ΔE ; $\sigma_t(E)$ - полное нейтронное сечение ядер образца; x - толщина образца; $N_{\text{обр}}$ и $N_{\text{оп}}$ - счет детектора с образцом и без образца.

Если детектор имеет эффективность регистрации нейтронов, пропорциональную сечению деления исследуемых образцов $\sigma_f(E)$, то выражение /1/ преобразуется к виду

$$T_f(x) = \frac{\int_{\Delta E} \phi(E) \sigma_f(E) e^{-\sigma_t(E)x} dE}{\int_{\Delta E} \phi(E) \sigma_f(E) dE} = \frac{N_{\text{обр}}}{N_{\text{оп}}} \quad /2/$$

На основе величин $T_t(x)$ и $T_f(x)$ могут быть определены коэффициенты резонансной самоэкранировки полного сечения и сечения деления /1/:

$$f_t = \frac{1}{\langle \sigma_t \rangle} \left[\frac{\langle 1/(\sigma_t + \sigma_0) \rangle}{\langle 1/(\sigma_t + \sigma_0)^2 \rangle} - \sigma_0 \right], \quad /3/$$

$$f_f = \frac{1}{\langle \sigma_f \rangle} \frac{\langle \sigma_f / (\sigma_t + \sigma_0) \rangle}{\langle 1/(\sigma_t + \sigma_0) \rangle}, \quad /4/$$

где σ_0 - сечение разбавления, представляющее сумму полных сечений всех других изотопов смеси в расчете на один атом плутония-239 или урана-235.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Изучение резонансной структуры нейтронных сечений урана-235 проводилось в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Измерения функций пропускания осуществлялись с помощью нейтронного спектрометра по времени пролета на импульсном реакторе ИБР-30. Пропускание $T_t(x)$ измерялось на пролетной базе 1000 м ^3He -счетчиками, а $T_f(x)$ - на базе 59 и 75 м с использованием камеры деления. В первом случае эксперимент проводился в так называемом реакторном режиме /частота следования импульсов - 5 Гц при ширине нейтронной вспышки 70 мкс/, во втором случае - в режиме линейного ускорителя /соответственно 100 Гц и 4 мкс/.

В качестве образцов использовались металлические таблетки ^{235}U и ^{239}Pu в виде дисков диаметром 48 мм, герметично заваренные в оболочку из нержавеющей стали. В качестве детектора служила батарея ^3He -счетчиков /2/, в качестве детекторов деления - многослойные быстродействующие камеры деления /3/. Толщина слоя ^{235}U составляла 2 мг/см², общее количество - 2 г, соответствующие величины для ^{239}Pu равнялись 0,5 мг/см² и 0,5 г. Эффективность регистрации в камере осколков ^{235}U была ~70%, ^{239}Pu ~50%. Функция $T_t(x)$ измерялась с разрешением ~100 нс/м, а $T_f(x)$ -

53 нс/м. Образцы ^{235}U содержали 10% ^{238}U . Поправка на примесь ^{238}U рассчитывалась по параметрам, полученным путем обработки функций пропускания ^{238}U /4/.

Собственный фон детекторов контролировался в ходе измерений. Для счетчиков с ^3He он был пренебрежимо мал. Собственный фон камер деления был выше: при максимальной толщине образца он составлял для урановой камеры 11% и для плутониевой камеры - 18% при энергии 10 эВ.

Переменный во времени нейтронный фон измерялся в пучке без образца и с образцами разных толщин методом резонансных фильтров. В качестве таких фильтров использовались титан, марганец, вольфрам, индий и кадмий. Кроме того, фон мог

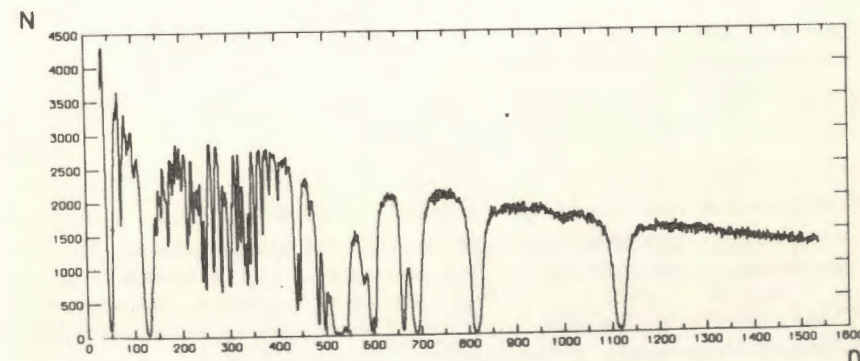
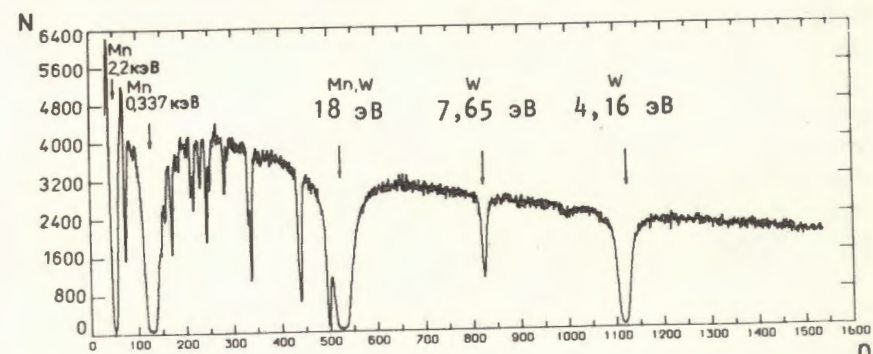


Рис. 1. Спектр, измеренный по времени пролета ^3He -детектором при наличии в пучке резонансных фильтров из марганца и вольфрама, пролетная база - 1000 м, N - число отсчетов детектора, n - число каналов, ширина канала - 32 мкс, а/ изменения без образца ^{239}Pu , б/ измерения с образцом ^{239}Pu толщиной 0,00823 атом/барн.

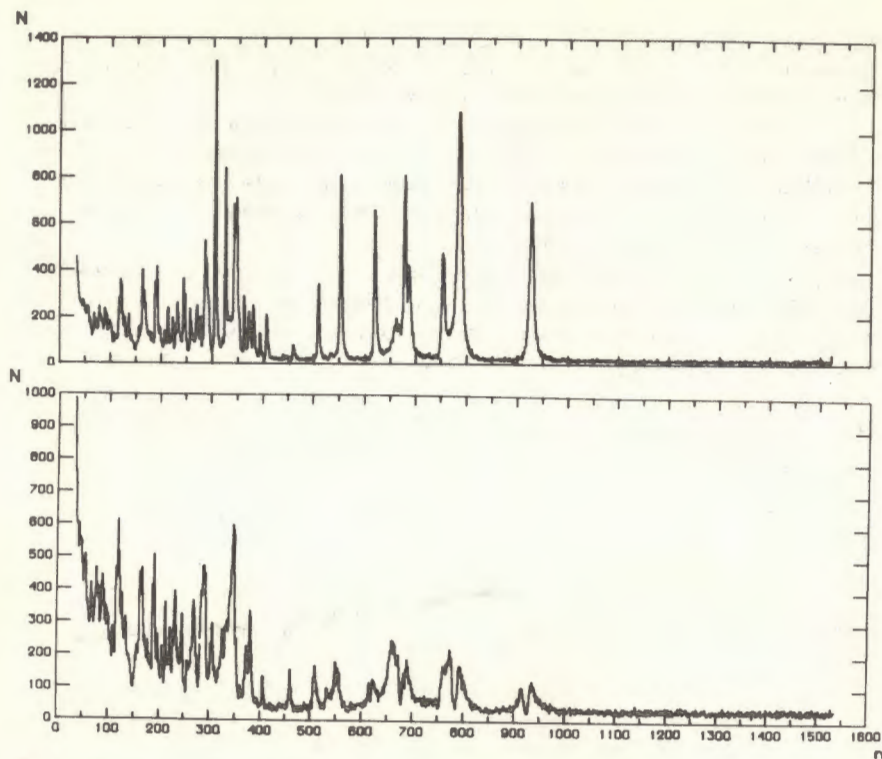


Рис. 2. Спектр, измеренный по времени пролета плутониевой камерой деления, пролетная база - 75 м, N - число отсчетов детектора, n - число каналов, ширина канала - 2 мкс.
 а/ измерения без образца ^{239}Pu , б/ измерения с образцом ^{239}Pu толщиной 0,00412 атом/барн.

определяться при энергиях "черных" резонансов урана и плутония. На рис. 1 показан аппаратный спектр, измеренный ^3He -счетчиками в экспериментах без образца и с плутониевым образцом толщиной 0,00823 атом/барн при использовании фильтров из марганца и вольфрама. На рис. 2 изображены аппаратные спектры, полученные с помощью плутониевой камеры деления.

Провал в спектре при энергии 337 эВ обусловлен резонансом марганца, присутствующим в материале заглушек нейтроновода.

Кривая зависимости фона от номера канала аппроксимировалась на ЭВМ полиномом и вычиталась из аппаратного спектра. Доля фона при измерениях в пучке без образца для ^3He -детектора составляла 2-5%. При измерениях с образцом при его

максимальной толщине она равнялась 20-40%. Для камер деления эти доли изменялись соответственно от 5-15% для первого случая до 30-60% для второго случая. Окончательная обработка измеренных функций пропускания проводилась как методом наименьших квадратов, так и методом максимального правдоподобия с привлечением априорной информации ^{5/}. Результаты той и другой обработки близки.

Таблица 1а

Величины пропускания нейтронов $T_t(x)$ для ^{235}U , измеренные ^3He - детектором

№ гр.	E_n	Толщина образцов в единицах 10^{-2} ядер/барн						
		0,2574	0,3861	1,029	2,145	4,145	8,580	17,160
кэВ:								
II	10-21,5	0,956	0,923	0,862	0,736	0,525	0,310	0,0968
		± 0,011	0,022	0,015	0,013	0,017	0,012	0,0064
I2	4,65-10	0,954	0,919	0,840	0,704	0,502	0,267	0,0770
		± 0,009	0,023	0,009	0,011	0,012	0,013	0,0096
I3	2,15-4,65	0,947	0,904	0,801	0,661	0,449	0,227	0,0559
		± 0,009	0,025	0,015	0,011	0,012	0,013	0,0021
I4	1,0-2,15	0,936	0,902	0,780	0,624	0,392	0,187	0,0395
		± 0,008	0,010	0,011	0,010	0,009	0,009	0,008
эВ:								
I5	465-1000	0,918	0,879	0,746	0,564	0,339	0,145	0,0276
		± 0,011	0,017	0,019	0,016	0,018	0,008	0,0020
I6	215-465	0,904	0,848	0,704	0,507	0,294	0,127	0,0258
		± 0,012	0,015	0,019	0,014	0,012	0,009	0,0018
I7	100-215	0,890	0,826	0,659	0,456	0,240	0,101	0,0159
		± 0,010	0,015	0,018	0,011	0,010	0,004	0,0011
I8	46,5-100	0,859	0,788	0,582	0,379	0,192	0,076	0,0116
		± 0,010	0,014	0,017	0,011	0,009	0,003	0,0012
I9	21,5-46,5	0,835	0,752	0,566	0,369	0,186	0,080	0,0143
		± 0,010	0,015	0,016	0,011	0,007	0,003	0,0008
20	10-21,5	0,819	0,739	0,550	0,356	0,164	0,062	0,0064
		± 0,017	0,017	0,016	0,009	0,007	0,0025	0,0005
21	4,65-10	0,807	0,716	0,526	0,342	0,169	0,072	0,0094
		± 0,018	0,016	0,018	0,007	0,008	0,003	0,0006
22	2,15-4,65	0,907	0,840	0,700	0,516	0,276	0,124	0,0191
		± 0,010	0,017	0,019	0,013	0,010	0,008	0,0011

РЕЗУЛЬТАТЫ

В табл. 1 и 2 приведены экспериментально полученные величины пропускания $T_f(x)$ и $T_f(x)$ для 8 образцов ^{239}Pu с толщинами от 0,0022 до 0,1234 ядер/барн и для 8 образцов ^{235}U с толщинами от 0,0013 до 0,17 ядер/барн

Таблица 16

Величины пропускания нейтронов $T_f(x)$ для образцов ^{235}U , измеренные с помощью камеры деления

№ гр.	E_n	Толщина образцов в единицах 10^{-2} ядер/барн						
		0,1287	0,2574	0,5148	1,029	2,145	4,290	8,580
II	кэВ: 10-21,5	0,980	0,932	0,836	0,858	0,723	0,514	0,297
		± 0,011	0,025	0,038	0,012	0,013	0,016	0,019
I2	4,65-10	0,980	0,948	0,878	0,831	0,694	0,479	0,233
		± 0,009	0,009	0,029	0,012	0,029	0,009	0,005
I3	2,15-4,65	0,966	0,944	0,870	0,791	0,658	0,407	0,188
		± 0,010	0,008	0,023	0,012	0,027	0,009	0,008
I4	1,0-2,15	0,971	0,922	0,857	0,754	0,584	0,345	0,152
		± 0,009	0,009	0,021	0,022	0,019	0,012	0,011
I5	эВ: 465-1000	0,953	0,910	0,819	0,682	0,486	0,283	0,069
		± 0,009	0,009	0,020	0,021	0,009	0,012	0,006
I6	215-465	0,933	0,871	0,751	0,574	0,332	0,163	0,048
		± 0,009	0,010	0,018	0,016	0,017	0,012	0,005
I7	100-215	0,919	0,858	0,706	0,516	0,267	0,121	0,043
		± 0,009	0,011	0,018	0,016	0,013	0,008	0,005
I8	46,5-100	0,866	0,772	0,587	0,379	0,171	0,068	0,029
		± 0,009	0,012	0,014	0,012	0,008	0,005	0,002
I9	21,5-46,5	0,810	0,687	0,487	0,306	0,138	0,048	0,011
		± 0,009	0,012	0,012	0,009	0,007	0,003	0,002
20	10-21,5	0,697	0,552	0,385	0,257	0,135	0,047	0,012
		± 0,009	0,014	0,009	0,008	0,008	0,003	0,001
21	4,65-10	0,685	0,533	0,337	0,207	0,094	0,029	0,012
		± 0,010	0,013	0,008	0,006	0,005	0,002	0,001
22	2,15-4,65	0,910	0,848	0,726	0,556	0,349	0,143	0,073
		± 0,010	0,013	0,020	0,021	0,010	0,010	0,005

Таблица 2а

Величины пропускания нейтронов $T_f(x)$ для ^{239}Pu , измеренные ^3He -детектором

№ гр.	E_n	Толщина образцов в единицах 10^{-2} ядер/барн						
		0,217	0,412	0,822	1,650	3,290	6,580	12,340
II	кэВ: 10-21,5	0,969	0,923	0,831	0,800	0,594	0,391	0,189
		± 0,022	0,023	0,023	0,015	0,018	0,063	0,063
I2	4,65-10	0,969	0,907	0,811	0,756	0,520	0,358	0,175
		± 0,022	0,027	0,019	0,018	0,013	0,018	0,019
I3	2,15-4,65	0,965	0,903	0,786	0,718	0,505	0,334	0,149
		± 0,022	0,027	0,017	0,020	0,017	0,034	0,035
I4	1,0-2,15	0,958	0,892	0,773	0,699	0,487	0,303	0,139
		± 0,033	0,030	0,019	0,014	0,019	0,012	0,017
I5	эВ: 465-1000	0,953	0,871	0,750	0,655	0,452	0,268	0,116
		± 0,011	0,026	0,019	0,013	0,015	0,018	0,018
I6	215-465	0,917	0,812	0,683	0,561	0,376	0,202	0,086
		± 0,011	0,024	0,020	0,013	0,017	0,010	0,008
I7	100-215	0,897	0,816	0,698	0,592	0,397	0,219	0,101
		± 0,022	0,024	0,018	0,026	0,020	0,015	0,010
I8	46,5-100	0,833	0,730	0,578	0,446	0,299	0,150	0,045
		± 0,020	0,022	0,015	0,011	0,018	0,010	0,005
I9	21,5-46,5	0,901	0,835	0,728	0,659	0,510	0,334	0,184
		± 0,020	0,025	0,016	0,017	0,029	0,014	0,014
20	10-21,5	0,774	0,670	0,520	0,397	0,282	0,125	0,044
		± 0,025	0,020	0,011	0,010	0,013	0,012	0,008
21	4,65-10	0,906	0,837	0,720	0,627	0,472	0,241	0,092
		± 0,018	0,025	0,014	0,013	0,036	0,012	0,008

после усреднения в энергетических интервалах, принятых в системе ядерно-физических констант работы /1/. Отметим, что в работах /6/ и /7/ имеются подобные данные по функциям пропускания для деления ^{239}Pu и ^{235}U в небольшом интервале толщин /от 0,00015 до 0,00756 ядер/барн для ^{239}Pu и от 0,00036 до 0,049 ядер/барн для ^{235}U /. В диапазоне энергий нейтронов и толщин образцов, в котором результаты

Таблица 26

Величины пропускания нейтронов $T_f(x)$ для ^{239}Pu , измеренные с помощью плутониевой камеры деления

№ гр.	E_n	Толщина образцов в единицах 10^{-2} ядер/барн				
		0.217	0.412	0.822	1.650	3.290
II	кэВ: 10-21.5	0,938	0,859	0,818	0,790	0,548
		$\pm 0,030$	0,028	0,043	0,020	0,050
I2	4,65-10	0,951	0,848	0,782	0,703	0,512
		$\pm 0,030$	0,020	0,026	0,020	0,020
I3	2,15-4,65	0,900	0,868	0,738	0,628	0,500
		$\pm 0,014$	0,012	0,025	0,011	0,015
I4	1,0-2,15	0,896	0,825	0,736	0,617	0,471
		$\pm 0,050$	0,010	0,030	0,040	0,010
I5	эВ: 465-1000	0,855	0,748	0,653	0,491	0,400
		$\pm 0,060$	0,010	0,015	0,010	0,010
I6	215-465	0,766	0,635	0,526	0,358	0,212
		$\pm 0,034$	0,012	0,010	0,048	0,010
I7	100-215	0,738	0,548	0,437	0,308	0,223
		$\pm 0,034$	0,010	0,017	0,030	0,060
I8	46,5-100	0,538	0,385	0,284	0,163	0,076
		$\pm 0,024$	0,020	0,010	0,015	0,004
I9	21,5-46,5	0,485	0,284	0,209	0,166	0,128
		$\pm 0,022$	0,014	0,025	0,018	0,017
20	10-21,5	0,368	0,212	0,131	0,075	0,041
		$\pm 0,016$	0,010	0,020	0,008	0,003
21	4,65-10	0,454	0,297	0,356	0,203	0,150
		$\pm 0,020$	0,010	0,010	0,016	0,009

могут быть сопоставлены, данные №7/ удовлетворительно согласуются с результатами настоящей работы.

В табл. 3 и 4 приведены факторы резонансного самоэкранирования полного сечения f_t и сечения деления f_f , полученные

обработкой измеренных величин пропусканий $T_t(x)$ и $T_f(x)$. Для обоих изотопов погрешность для $f_t(0)$ настоящей работы составляет: при энергиях 1-21,5 кэВ - 8-10%, ниже 1 кэВ - 5-7%, для $f_f(0)$ погрешность несколько меньше и составляет 5% в верхнем диапазоне энергий и 3-5% в диапазоне ниже 1 кэВ. С ростом сечения разбавления σ_0 относительная погрешность эффекта резонансного самоэкранирования $(1-f_{t,f}(\sigma_0))$ остается примерно одинаковой. Указанные выше погрешности соответствуют линейным оценкам, полученным при статистической обработке данных. Эти ошибки определяются погрешностью измерений функций пропускания $T_t(x)$ и $T_f(x)$ /главным источником которой является фон/, количеством исследованных образцов, а также значениями $T_t(x)$ и $T_f(x)$ при максимальной толщине образца.

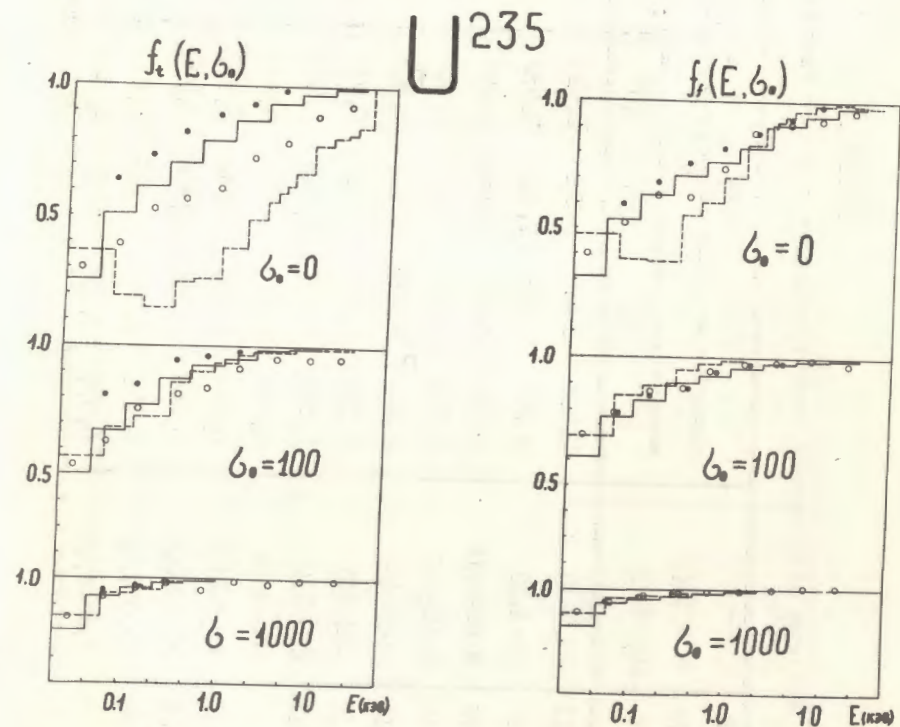


Рис. 3. Факторы резонансного самоэкранирования полного сечения и сечения деления ^{235}U : — работа [10], - - - [8], ● - [9], ○ - данный эксперимент.

Таблица 3

Факторы резонансной самоэкранировки полного сечения и сечения деления ^{235}U

№ гр.	E_n	Э К С П Е Р И М Е Н Т							
		$f_c (\%)$				$f_f (\%)$			
		0	10	100	10^3	0	10	10^2	10^3
11	^{кэВ:} 21,5-10	0,923	0,930	0,965	0,994	0,959	0,966	0,987	0,998
12	10-4,65	0,882	0,905	0,967	0,995	0,931	0,949	0,984	0,998
13	4,65-2,15	0,779	0,830	0,948	0,993	0,912	0,937	0,982	0,997
14	2,15-1,0	0,734	0,772	0,907	0,987	0,883	0,907	0,968	0,995
15	^{эВ:} 1000-465	0,606	0,700	0,825	0,953	0,740	0,817	0,945	0,992
16	465-215	0,545	0,592	0,812	0,972	0,622	0,696	0,887	0,989
17	215-100	0,507	0,545	0,759	0,961	0,624	0,679	0,861	0,979
18	100-46,5	0,377	0,407	0,633	0,933	0,530	0,584	0,796	0,966
19	46,5-21,5	0,296	0,335	0,542	0,861	0,407	0,476	0,701	0,928
20	21,5-10,0	0,269	0,290	0,406	0,705	0,409	0,450	0,609	0,860
21	10,0-4,65	0,270	0,332	0,489	0,832	0,344	0,379	0,559	0,838
22	4,65-2,15	0,578	0,667	0,826	0,963	0,672	0,725	0,872	0,977

Таблица 4

Факторы резонансной самоэкранировки полного сечения и сечения деления ^{239}Pu

№ гр.	E_n	Э К С П Е Р И М Е Н Т							
		$f_c (\%)$				$f_f (\%)$			
		0	10	10^2	10^3	0	10	10^2	10^3
11	^{кэВ:} 21,5-10	0,836	0,918	0,986	0,998	0,974	0,987	0,999	1,000
12	10-4,65	0,785	0,880	0,978	0,998	0,872	0,928	0,986	0,998
13	4,65-2,15	0,728	0,778	0,924	0,990	0,765	0,826	0,948	0,994
14	2,15-1,0	0,598	0,650	0,858	0,981	0,688	0,758	0,920	0,990
15	^{эВ:} 1000-465	0,386	0,475	0,696	0,909	0,598	0,676	0,831	0,460
16	465-215	0,361	0,450	0,716	0,909	0,541	0,605	0,757	0,927
17	215-100	0,269	0,300	0,521	0,829	0,435	0,485	0,664	0,888
18	100-46,5	0,165	0,190	0,357	0,672	0,300	0,360	0,658	0,835
19	46,5-21,5	0,162	0,184	0,304	0,660	0,235	0,260	0,399	0,778
20	21,5-10,0	0,124	0,134	0,229	0,609	0,167	0,199	0,366	0,757
21	10-4,65	0,224	0,233	0,303	0,605	0,198	0,225	0,367	0,736

На рис. 3 приведены полученные в данном эксперименте величины f_t и f_f , а также некоторые их оценки из других работ: Менапаса (UKNDL)^{8/}, Кидмана и Шентера^{9/}, Николаева и др.^{10/}. Рисунки иллюстрируют значительный разброс различных данных.

В заключение авторы выражают благодарность Л.Б.Пикельнеру, М.Н.Николаеву и А.М.Цибуге за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абагян Л.П. и др. Групповые константы для расчета ядерных реакторов. Атомиздат, М., 1964.
2. Бемер Б. и др. ПТЭ, 1974, т.6, с.57.
3. Богзель А.А. и др. ПТЭ, 1976, т.1, с.36.
4. Ваньков А.А. и др. В кн.: Internat. Conf. "Nuclear Data for Reactors", IAEA, Vienna, 1970.
5. Бакалов Т. и др. ОИЯИ, Р3-12230, Дубна, 1979.
6. Czirr J.V., Bramblett R.L. Nuclear Science and Engineering, 1967, v.28, No.1, p.62-71.
7. Bramblett R.L., Czirr J.V. Nuclear Science and Engineering, 1969, v.35, No.3, p.350-357.
8. Menapase E., Motta M. CNEN-RT/FT/73, 15, 1973.
9. Kidman R.V., Schenter R.E. HEDL-TME-71-36, March, 1971.
10. Ваньков А.А. и др. Препринт ФЭИ-905, 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 сентября 1979 года.