

3447/2-80

С 343Г1

А-465



АЛЕКСАНДРОВ, Ю.А. и др.

БЗ-3-80-395

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

БЗ-3-80-395

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1980

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория нейтронной физики

Ю.А. Александров, Э.Г. Николенко, А.Б. Попов, Г.С. Самоцвет,  
К. Швецяк

ПОЛНОЕ СЕЧЕНИЕ ВОЛЬФРАМА-186 В ЭЛЕКТРОНОВОЛЬТНОЙ ОБЛАСТИ  
И ПОЛЯРИЗУЕМОСТЬ НЕЙТРОНА

БЗ-3-80-395.

Дубна, 1980 год

Регистрация  
в библиотеке  
06.06.80

### Аннотация

Проведены измерения полного нейтронного сечения <sup>186</sup>W в интервале от тепловых энергий до  $\sim 40$  эВ и получены с повышенной точностью параметры первого резонанса при  $E_0 = 18,8$  эВ. Обсуждается возможность использования этих данных и значения  $a_{ker}$  из работы /1/ для оценки поляризуемости нейтрона.

Известно, что  $^{186}\text{W}$  обладает уникально малым значением ядерной амплитуды рассеяния в тепловой области. Так, измерения длины когерентного рассеяния  $a_{\text{ког}}$  под нулевым углом на смеси изотопов  $\text{W}$ , содержащей 90,7%  $^{186}\text{W}$ , показали /1/, что

$$a_{\text{ког}} = (-0,475 \pm 0,0006) 10^{-12} \text{ см при } E = 0,062 \text{ эВ} \quad (1)$$

Малое значение величины  $a_{\text{ког}}$  заманчиво использовать для оценки электрической мезонной поляризуемости нейтрона. В настоящее время величина поляризуемости измерена лишь у протона. Вопрос о соответствующей величине для нейтрона остаётся пока неясным /2,3/. Поскольку величина  $a_{\text{ког}}$  сравнительно невелика, можно ожидать, что вклад взаимодействия, обусловленного поляризуемостью нейтрона, в  $\mathcal{L}_n$  будет существенен. Действительно, если принять для нейтрона величину поляризуемости в 1,5 раза большую, чем для протона, которая равна  $2,1 \cdot 10^{-42} \text{ см}^3$  /4/, то вклад от эффекта поляризуемости в  $a_{\text{ког}}$  будет составлять более 15%. Такой большой ожидаемый вклад поляризуемости в уже известную экспериментальную величину (1) стимулирует поиск способа её количественной оценки из  $a_{\text{ког}}$ .

Проблема определения  $\mathcal{L}_n$  заключается в точном учёте чисто ядерного рассеяния. Воспользуемся для описания ядерного взаимодействия  $R$  - матричным формализмом, в частности, одноуровневым приближением. Тогда, выражая  $a_{\text{ког}}$  через действительную часть амплитуды рассеяния с учётом в борновском приближении дополнительных вкладов, получим в области  $|E - E_0| \gg \Gamma/2$  и

$$E \ll E_0:$$

$$a_{\text{ког}} = -\text{Re} f = \left( R + \frac{\Gamma_{\text{рез}}}{2k_{\text{рез}}(E - E_0)} \right) \beta + a_n + Z a_{\text{не}} + \cancel{K_{F^+}} + (1 - \beta) \tilde{K} \quad (2)$$

где  $\beta = 0,907$  - концентрация  $^{186}\text{W}$  в изотопической смеси,  
 $A_n = -\frac{m_n \alpha_n}{R} \left( \frac{Ze}{\hbar} \right)^2$  (при  $kR \ll 1$ ) - поляризационная амплитуда (см. например, /5/),  $Za_{ne} = -0,0102 \cdot 10^{-12}$  см и  $A_F = 0,0109 \cdot 10^{-12}$  см соответственно амплитуды (ne)-взаимодействия и взаимодействия бодди /6/,  $R$  - радиус потенциального рассеяния  $^{186}\text{W}$ ,  $\tilde{R}$  - эффективный радиус остальных изотопов,  $E_0, \Gamma_{\text{рез}}$  - параметры первого резонанса  $^{186}\text{W}$ . Вопрос определения  $A_n$  в таком приближении сводится к достаточно точному определению  $E_0, \Gamma_{\text{рез}}, R$ . При извлечении этих параметров из полного сечения влиянием поляризуемости можно пренебречь, поскольку согласно оптической теореме

$$\sigma_{\text{tot}} = \frac{4\pi}{k} \text{Im} f(0) \quad (3)$$

а в первом борновском приближении мнимая часть амплитуды рассеяния, обусловленного поляризуемостью нейтрона, равна нулю.

На импульсном реакторе ИБР-30 ОЯИ были проведены две серии измерений полного сечения  $^{186}\text{W}/\text{с}$  использовавшим образцов весом до 500 г и обогащением 99,79%. В реакторном режиме измерено пропускание на пролётных базах 250 и 500 метров в области ниже 18 эВ для образца толщиной  $2,55 \cdot 10^{22}$  ат/см<sup>2</sup>. В бустерном режиме (реактор + линейный ускоритель) на пролётной базе 250 м проведены измерения пропускания в области резонанса 18,8 эВ для трёх толщин образцов:  $1,25 \cdot 10^{21}$ ;  $3,21 \cdot 10^{21}$  и  $7,73 \cdot 10^{21}$  ат/см<sup>2</sup>. Для учёта фонов в зависимости от исследуемого интервала использовались фильтры  $\text{Co}$ ,  $\text{Bz}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Cd}$ . Из реакторных измерений получено полное сечение в области от тепловых энергий до 10 эВ, которое представлено точками на рис.1. Предварительно было проведено усреднение по нескольким каналам анализатора.

Статистические ошибки для большинства точек меньше их размеров. На рис. 2 точками показаны экспериментальные спектры пропускания в области резонанса 18,3 эВ. Для упрощения рисунка изображена только 1/5 часть общего количества точек, использованного при обработке спектров.

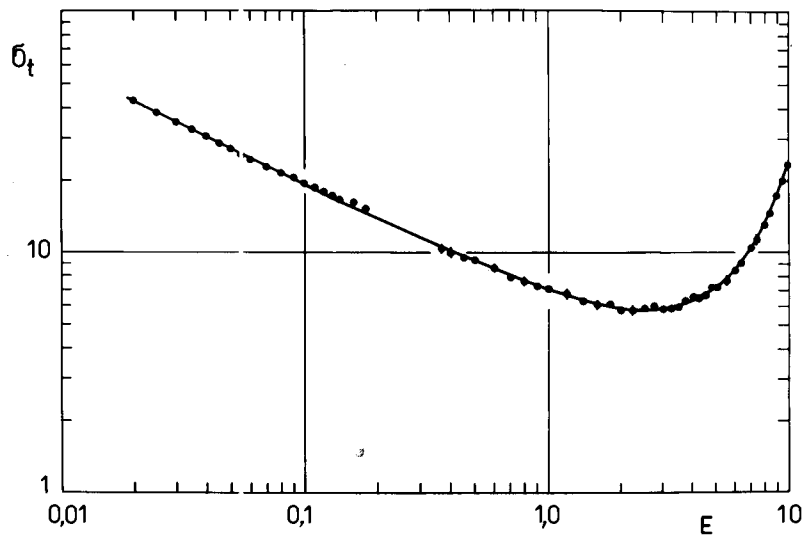


Рис. 1. Полное сечение  $^{186}\text{W}$  ниже 10 эВ.

При анализе экспериментальных данных аналитическое выражение сечения бралось в виде:

$$\sigma_{\text{tot}} = 4\pi R^2 + \frac{\pi \Gamma_{\text{рез}}}{k_{\text{рез}}^2 [(E-E_0)^2 + \Gamma^2/4]} + \frac{4\pi \Gamma_{\text{рез}} R (E-E_0)}{k_{\text{рез}} [(E-E_0)^2 + \Gamma^2/4]} + \frac{\pi \Gamma_{\text{рез}} \Gamma_{\gamma} (E/E_0)^{1/2}}{k_{\text{рез}}^2 [(E-E_0)^2 + \Gamma^2/4]} \quad (4)$$

где в  $\Gamma$  учитывалась зависимость нейтронной ширины от энергии:  $\Gamma_n = \Gamma_{\text{рез}} (E/E_0)^{1/2}$ . Полное сечение в интервале ниже 10 эВ анализировалось непосредственно по формуле (4) при фиксированном значении  $E_0$ . Были получены следующие значения параметров:

$$\Gamma_{\gamma} = 0,0471 \pm 0,0005, \quad \Gamma_{\text{рез}} = 0,308 \pm 0,004 \text{ эВ и } R = 7,56 \pm 0,13.$$



Указанные ошибки в три раза превышают статистические и взяты по крайним значениям, соответствующим вариациям  $E_0 = 18,83$  эВ в пределах  $\pm 0,05$  эВ.

Анализ кривых пропускания в области резонанса проводился методом формы с учётом функции разрешения и эффекта Доплера по модифицированной программе, аналогичной /7/. Ширина функции разрешения на 1/2 высоты была  $\sim 0,03$  эВ, а доплеровская ширина  $\sim 0,101$  эВ при  $\Gamma \sim 0,35$  эВ. Анализ формы резонанса при фиксированном по тепловой области значении  $\Gamma_{\gamma} = 0,047$  эВ привёл к следующим значениям параметров:

$E_0 = 18,83 \pm 0,03$  эВ,  $\Gamma_{\text{рез}} = 0,30 \pm 0,0002$  эВ и  $R = 7, \pm 0,02$ .

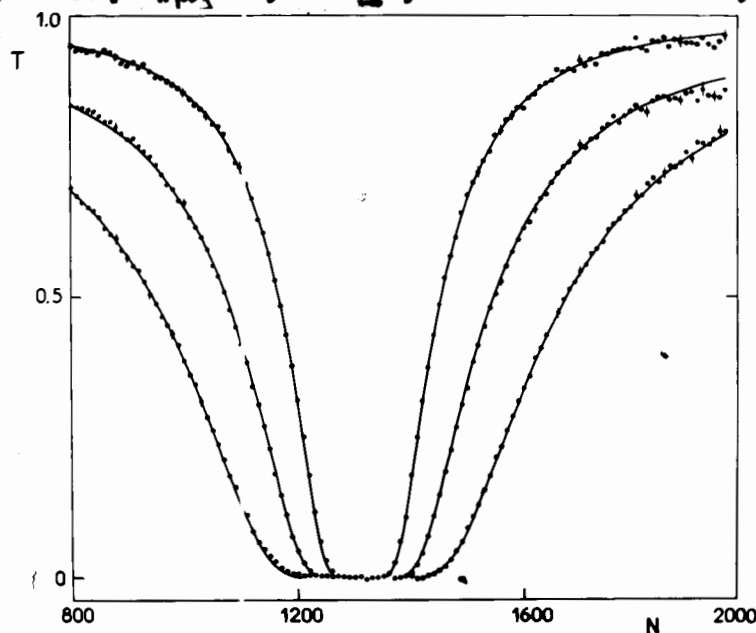


Рис.2. Кривые пропускания в области резонанса  $18,8$  эВ  $^{186}\text{W}$  для трёх толщин образцов.

В ошибке  $E_0$  учтены неопределённости длины пролётной базы и времени пролёта, ошибки  $\Gamma_{\text{рез}}$  и  $R$  — чисто статистические с учётом  $\chi^2$ . Расчётные кривые сечения и пропусканий по приведённым выше параметрам на рис.1 и2 изображены сплошными линиями. Особенность  $^{186}\text{W}$  приводит к тому, что в тепловой точке полное сечение фактически определяется захватом, т.к. первые три члена

формулы (4) дают вклад  $\sim 0,13$  б. Поэтому из наших результатов следует, что сечение захвата  $^{186}\text{W}$  при  $E = 0,0253$  эВ составляет  $37,9 \pm 0,6$  б и согласуется с известными данными [8].

Подстановка найденных значений параметров резонанса 13,8 эВ и радиуса  $^{186}\text{W}$  в (2) приводит к величине электрической поляризуемости нейтрона  $\alpha_n = (9 \pm 5) 10^{-42} \text{ см}^3$ . При этом мы полагали, что вклад других изотопов вольфрама в  $\alpha_{\text{ker}}$  описывается эффективным радиусом, значение которого совпадет с  $R$  для  $^{186}\text{W}$ .

В заключение необходимо заметить, что вопрос о точности использованного формализма при описании  $\alpha_{\text{ker}}$  и  $\sigma_{\text{tot}}$  требует дальнейшего анализа, а полученное значение  $\alpha_n$  следует считать модельно зависимым. Необходима также проверка однозначности обработки экспериментальных данных. Таким образом, полученный результат надо рассматривать как предварительный, демонстрирующий возможности использования нами описанного подхода.

#### Литература.

1. Yu.A.Alexandrov, L.Koester, G.S.Samosvat. JINR E-5713, Dubna, 1970.
2. Ю.А.Александров, Г.С.Самосват, Э.Сэрээтэр, Циф Ген Сор. Письма ЭЯТФ, 4, 196, 1966.
3. Г.В.Аникин, И.И.Котузов. ЯФ, 12, 1021, 1970; 14, 269, 1971.
4. Д.М.Ахмедов, Л.В.Фильков. ЯФ, 25, 1021, 1977.
5. Ю.А.Александров. Фундаментальные свойства нейтрона. Атомиздат, 1976.
6. L.Koester. Springer Tracts in Modern Physics: 80, Neutron Physics, Springer-Verlag, 1977.
7. А.Б.Понов, И.И.Шелонцев, Н.В.Ширшкова. Сообщение ОИИИ, 3-8742, Дубна, 1976.
8. J.Friesenhan et al. Nucl. Science Eng., 26, 487, 1966.

*Handwritten signatures and notes at the bottom of the page.*