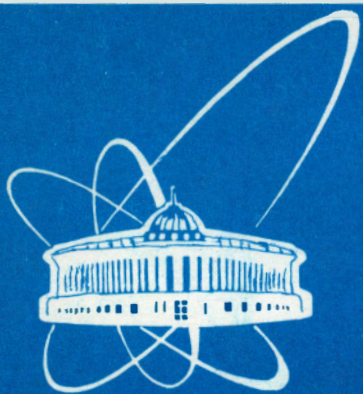


98-317



СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

98-317

P13-98-317

Т.Л.Еник, Л.В.Мицына, Г.С.Самосват, Р.В.Харьюзов

СПЕКТРОМЕТР УГРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ НЕЙТРОНА

1998

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Если не учитывать довольно сомнительный (см.[1-4]) результат [5], электрическая поляризуемость нейтрона  $\alpha_n$ , несмотря на многочисленные попытки, до сих пор не измерена. Пожалуй, все, что известно —  $\alpha_n$  лежит внутри интервала  $\sim (0 \div 2) \cdot 10^{-3} \text{ фм}^3$ . Все новые оценки  $\alpha_n$  основаны на измерении полного нейтронного сечения, которое имеет слабый отрицательный вклад от  $\alpha_n$ , пропорциональный  $\sqrt{E}$  ( $E$  — энергия нейтрона).

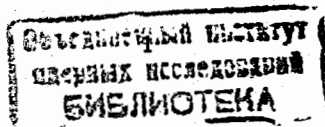
Между тем, известен другой, исторически первый метод извлечения  $\alpha_n$ . Он требует измерения угловой зависимости упругого рассеяния, чья асимметрия вперед-назад также имеет малый вклад от поляризуемости  $\alpha_n$ , пропорциональный  $\sqrt{E}$ . Этот метод дважды давал лучшие оценки  $\alpha_n$  своего времени:  $\alpha_n < 20 \cdot 10^{-3} \text{ фм}^3$  в 1959 г. [6] и  $\alpha_n < 6 \cdot 10^{-3} \text{ фм}^3$  в 1966 г. [7]. Желание возродить метод было выражено в 1983 г. [8], решение построить соответствующую установку сообщено в 1990 г. [9], и теперь спектрометр УГРА (сокращение слов "угловые распределения") практически готов.

## 2. МЕТОД

Главная проблема, конечно, в значительном улучшении точности измерения коэффициента  $\omega_1$  в дифференциальном сечении рассеяния

$$\sigma(\theta) = \frac{\sigma_s}{4\pi} [1 + \omega_1 \cos\theta + \omega_2 P(\cos\theta)] \quad (1)$$

по сравнению с  $\Delta\omega_1 \simeq 2 \cdot 10^{-2}$  [6] и  $\Delta\omega_1 \simeq 3 \cdot 10^{-3}$  [7]. Однако в этом случае, кроме главного ядерного члена, пропорционального  $E$ , необходимо учесть малый член от резонансов, который пропорционален  $E^{3/2}$  и является следствием усредненного эффекта s- и p-резонансов.



Алгоритм извлечения  $\alpha_n$  из усредненного  $\sigma(\theta)$  для тяжелого ядра разработан в [9]. Он состоит в подгонке трех гладких кривых к экспериментальным значениям  $\sigma_s$ ,  $\omega_1$  и  $\omega_2$  в энергетической области  $\sim 0,5 \div 60$  кэВ. Каждая кривая определяется восьмью константами, включая  $\alpha_n$ . Остальные константы – средние нейтронные параметры для s- и p-волн: радиусы потенциального рассеяния  $R'_0$  и  $R'_1$ , нейтронные силовые функции  $S_0$  и  $S_1$ , радиационные силовые функции  $S'_0$  и  $S'_1$  и, кроме того, в выражение  $\omega_2$  вместо  $S_1$  отдельно входят ее спин-орбитальные компоненты согласно определению  $S_1 = (S_1^{1/2} + 2S_1^{3/2})/3$ . Соответствующее математическое моделирование показывает, что имеется возможность получить точность  $\alpha_n \sim (0,1 - 0,3) \cdot 10^{-3}$  фм<sup>3</sup> при ошибках  $\omega_1$  и  $\omega_2 \sim (2 - 3) \cdot 10^{-4}$ , особенно, если привлечь некоторые данные по средним нейтронным параметрам, а также полным и радиационным сечениям из других экспериментов.

Весьма существенно, что в то время как метод полного сечения применим практически только к ядру  $^{208}\text{Pb}$ , любое тяжелое ядро с хорошим усреднением по резонансам и доступное для приготовления массивного элементарного рассеивателя годится для исследования поляризуемости обсуждаемым методом.

### 3. СПЕКТРОМЕТР

Спектрометр УГРА [10,11] представляет собой алюминиевую камеру диаметром и высотой  $\sim 3$  м, которая имеет общий вакуумный объем со входной и выходной трубами-нейтронноводами диаметром 0,4 м (см. рис. 1). Ожидается, что в нем будут работать до шестнадцати нейтронных детекторов, помещенных в защитные баки с парафином и  $\text{B}_4\text{C}$ , которые расставлены на поворотной платформе. Каждый детектор – батарея промышленных пропорциональных счетчиков или большой счетчик со многими нитями – содержит  $\sim 7$  л  $^3\text{He}$  при да-

влении 7–10 атм. Платформа может устанавливаться в любой из шестнадцати позиций через  $22,5^\circ$ , и каждый детектор может измерять свое собственное угловое распределение для углов рассеяния от  $25^\circ$  до  $155^\circ$ .

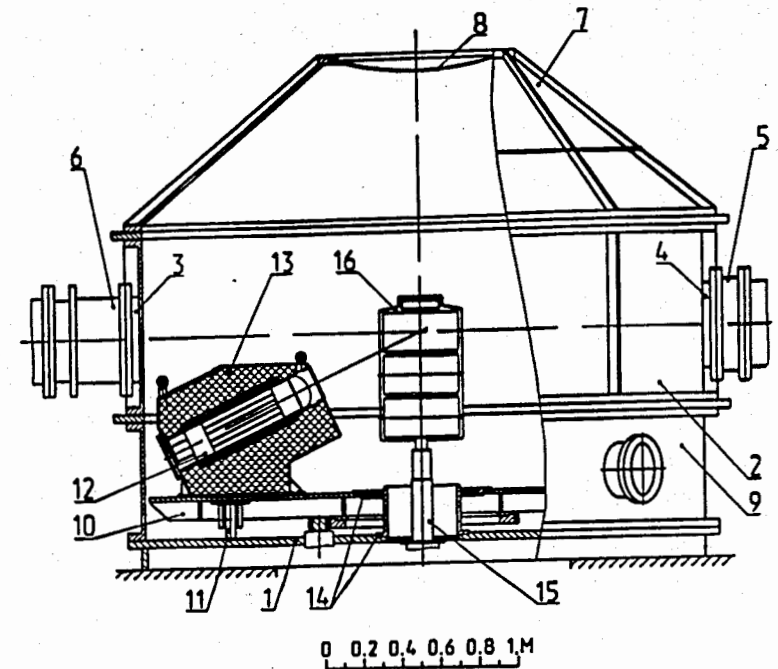


Рис.1. Устройство спектрометра УГРА

1 – дно камеры; 2 – средняя секция; 3,4 – патрубки с фланцами для стыковки с нейтронноводом; 5 – сильфон; 6 – температурный компенсатор; 7 – верхняя секция; 8 – заглушка; 9 – нижняя секция; 10 – поворотная платформа; 11 – катки платформы; 12 – детектор; 13 – защитный блок детектора; 14 – центрирующий узел; 15 – вертикальная штанга; 16 – рамка

Нейтронный пучок имеет прямоугольное сечение  $12$  (по вертикали)  $\times$   $22$  (по горизонтали) см<sup>2</sup>. Поворот платформы, установка одного из трех рассеивателей и его угла относительно пучка, накопление спектров и их предварительная обработка выполняются персональным компьютером согласно гибкой программе.

Инструмент работает на 250-метровой времяпролетной базе дубненского бустера ИБР-30 и имеет следующие основные характеристики. Его светосила определяется двумя параметрами: телесным углом от рассеивателя на детектор-батарею счетчиков 0,014 стерадиан и абсолютной эффективностью регистрации  $\sim 0,6E^{-0,2}$  ( $E$  — в кэВ). Из-за перерассеяния в защите эффективность падает с энергией гораздо медленнее, чем  $1/v$ . Ширина функции временного разрешения на половине высоты  $\sim 6$  мкс, что соответствует энергетическому разрешению  $\Delta E \approx 0,02E^{3/2}$  ( $\Delta E$  и  $E$  — в кэВ).

#### 4. СПЕКТР

Один из спектров нейтронов, рассеянных пластиной из металлического  $^{238}\text{U}$  толщиной 3 мм, показан на рис.2. Экспериментальные точки — разность двух спектров, полученных с рассеивателем в пучке и вне пучка. Последний спектр составляет только 0,1% и 1,4% от первого в районах 140-го ( $\sim 23$  кэВ) и 700-го ( $\sim 0,7$  кэВ) каналов и является практически полностью собственным фоном детектора  $\sim 0,2\text{ с}^{-1}$ , постоянным во времени.

Глубокие минимумы в спектре соответствуют "черным" резонансам 6 см алюминия и 2,2 см порошка  $\text{MnO}$ , находившихся в пучке. Они определяют фон от нейтронов "неверных" энергий гладкой кривой, подогнанной к минимумам подходящим полиномом. Этот фон в любом канале имеет две компоненты: от нейтронов всех энергий, порожденных запаздывающими нейтронами в бустере, и от нейтронов более высоких энергий, рассеянных исследуемым образцом раньше и попавших в детектор после рассеяний в комнате. Обе компоненты возрастают к малым временам пролета благодаря возрастанию размножения бустера и временной плотности нейтронов.

Чтобы получить величины  $\omega_1$  и  $\omega_2$  сечения (1), достаточно изме-

рить спектры, подобные изображенному на рис.2, для трех различных углов  $\theta$ . Полное сечение рассеяния  $\sigma_s$  можно получить, если провести подобные измерения для рассеивателя с известным  $\sigma_s$  (см. подробности в [10]). Что касается ошибок  $\Delta\omega_1$  и  $\Delta\omega_2$ , обе они порядка  $\Delta N/N$ , т.е. относительной ошибки числа отсчетов в выбранном интервале спектра (при условии, что  $\Delta N/N$  для трех  $\theta$  примерно равны). Для спектра на рис.2  $\Delta N/N$  могут быть 0,013–0,047, если он разделен на 14 интервалов между 0,4 и 60 кэВ, а длина интервала составляет 15–150 каналов в зависимости от энергии.

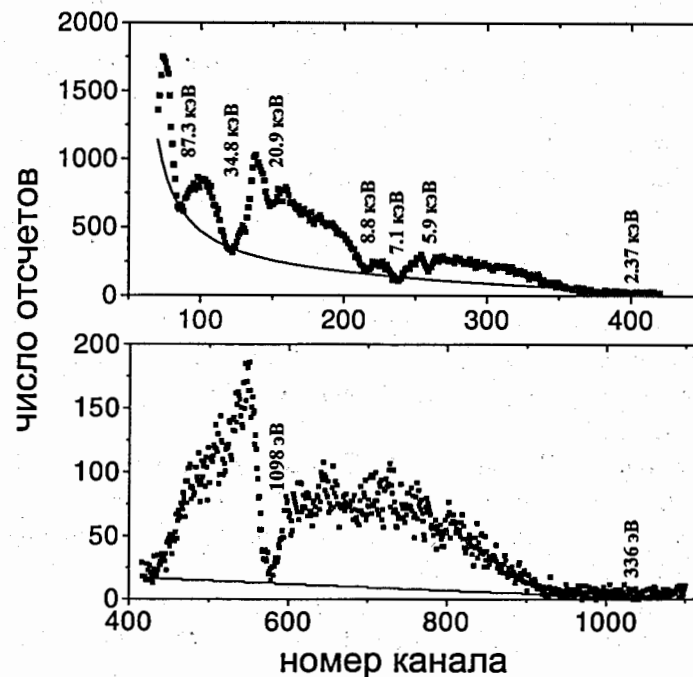


Рис.2. Спектр нейтронов, полученный одним из детекторов в течение 15,5 часа. Ширина канала 1 мкс, угол рассеяния  $90^\circ$ , угол между пластиной урана и направлением пучка  $45^\circ$

В настоящее время спектрометр имеет два детектора и в ближайшее время будет оснащен еще двумя.

Работа выполнена при поддержке фонда РФФИ, грант N97-02-16213.

## 5. ЛИТЕРАТУРА

1. *Nikolenko V.G., Popov A.B.*// JINR Communication E3-92-254, Dubna, 1992.
2. *Nikolenko V.G., Popov A.B.*// Z.Phys.A, 1992, v.341, p.365.
3. *Alexandrov Yu.A.*// JINR E3-95-61, Dubna, 1995.
4. *Еник Т.Л., Mitsyna L.V., Nikolenko V.G., Popov A.B., Samosvat G.S.*// ЯФ, 1997, т.60, с.648 (Phys.At.Nucl., 1997, v.60, p.567).
5. *Schmiedmayer J., Riehs P., Harvey J.A., Hill N.W.*// Phys.Rev.Lett., 1991, v.66, p.1015.
6. *Thaler R.M.*// Phys.Rev., 1959, v.114, p.827.
7. Александров Ю.А., Самосват Г.С., Сэрээтер Ж., Цой Ген Сор.// Письма в ЖЭТФ, 1966, т.4, с.196 (JETP Lett, 1966, v.4, p.134)
8. *Samosvat G.S.*// J.de Phys., 1984, v.445, p.C3-51.
9. Александров Ю.А., Самосват Г.С.// VI Междунар. школа по нейтр. физике, Алушта, 1990. ОИЯИ, ДЗ,14-91-154, Дубна, 1991, с.187.
10. Воронов Б.И., Еник Т.Л., Ермаков В.А., Константинов В.И., Литвиненко Е.И., Мицына Л.В., Самосват Г.С., Смирнов А.А., Трепалин В.А., Харьюзов Р.В.// Сообщение ОИЯИ P13-97-36, Дубна, 1997.
11. Еник Т.Л., Мицына Л.В., Самосват Г.С., Смирнов А.А., Харьюзов Р.В.// Сообщение ОИЯИ P13-97-372, Дубна, 1997.

Рукопись поступила в издательский отдел  
5 ноября 1998 года.