

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

99

P13-98-317

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

СПЕКТРОМЕТР УГРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ НЕЙТРОНА

SCAN-9902075



CERN LIBRARIES, GENEVA

1998

1. ВВЕДЕНИЕ

Если не учитывать довольно сомнительный (см.[1-4]) результат [5], электрическая поляризуемость нейтрона α_n , несмотря на многочисленные попытки, до сих пор не измерена. Пожалуй, все, что известно – α_n лежит внутри интервала $\sim (0 \div 2) \cdot 10^{-3}$ фм³. Все новые оценки α_n основаны на измерении полного нейтронного сечения, которое имеет слабый отрицательный вклад от α_n , пропорциональный \sqrt{E} (E – энергия нейтрона).

Между тем, известен другой, исторически первый метод извлечения α_n . Он требует измерения угловой зависимости упругого рассеяния, чья асимметрия вперед-назад также имеет малый вклад от поляризуемости α_n , пропорциональный \sqrt{E} . Этот метод дважды давал лучшие оценки α_n своего времени: $\alpha_n < 20 \cdot 10^{-3}$ фм³ в 1959 г. [6] и $\alpha_n < 6 \cdot 10^{-3}$ фм³ 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 ω_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 α_n из усредненного $\sigma(\theta)$ для тяжелого ядра разработан в [9]. Он состоит в подгонке трех гладких кривых к экспериментальным значениям σ_s , ω_1 и ω_2 в энергетической области $\sim 0,5 \div 60$ кэВ. Каждая кривая определяется восьмью константами, включая α_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 ω_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 $\alpha_n \sim (0,1 - 0,3) \cdot 10^{-3}$ фм³ при ошибках ω_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}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 ~ 3 м, которая имеет общий вакуумный объем со входной и выходной трубами-нейтроноводами диаметром 0,4м(см.рис.1). Ожидается, что в нем будут работать до шестнадцати нейтронных детекторов, помещенных в защитные баки с парафином и B_4C , которые расставлены на поворотной платформе. Каждый детектор – батарея промышленных пропорциональных счетчиков или большой счетчик со многими нитями – содержит ~ 7 л ^3He 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° до 155° .

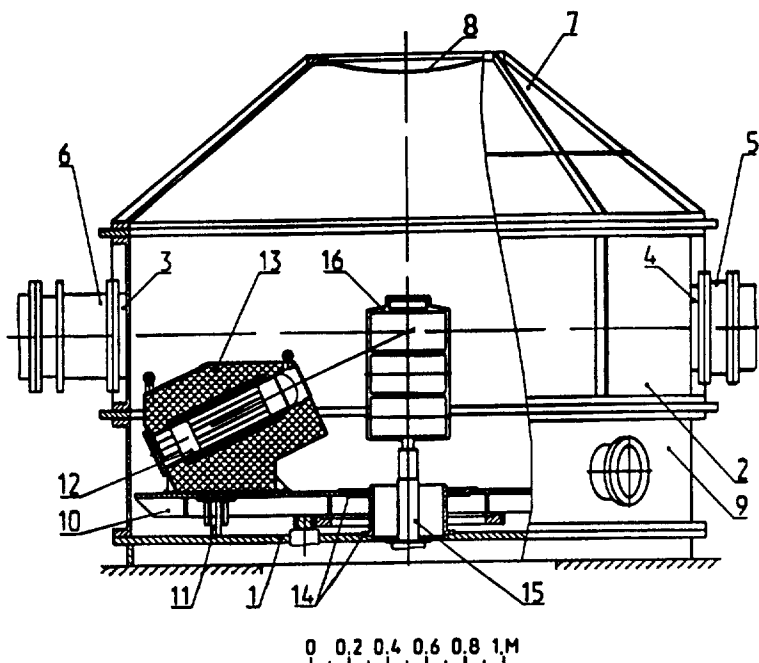


Рис.1. Устройство спектрометра УГРА

1 –дно камеры; 2 –средняя секция; 3,4 –патрубки с фланцами для стыковки с нейтроноводом; 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^2 . 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 дубенского 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 перерасеяния в защите эффективность падает с энергией гораздо медленнее, чем $1/v$. Ширина функции временного разрешения на половине высоты ~ 6 мкс, что соответствует энергетическому разрешению $\Delta E \simeq 0,02E^{3/2}$ (ΔE и E – в кэВ).

4. СПЕКТР

Один из спектров нейтронов, рассеянных пластиной из металлического ^{238}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 (~ 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 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 разmultiplication бустера и временной плотности нейтронов.

Чтобы получить величины ω_1 и ω_2 сечения (1), достаточно изме-

речь спектры, подобные изображенному на рис.2, для трех различных углов θ . Полное сечение рассеяния σ_s можно получить, если провести подобные измерения для рассеивателя с известным σ_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 θ 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.

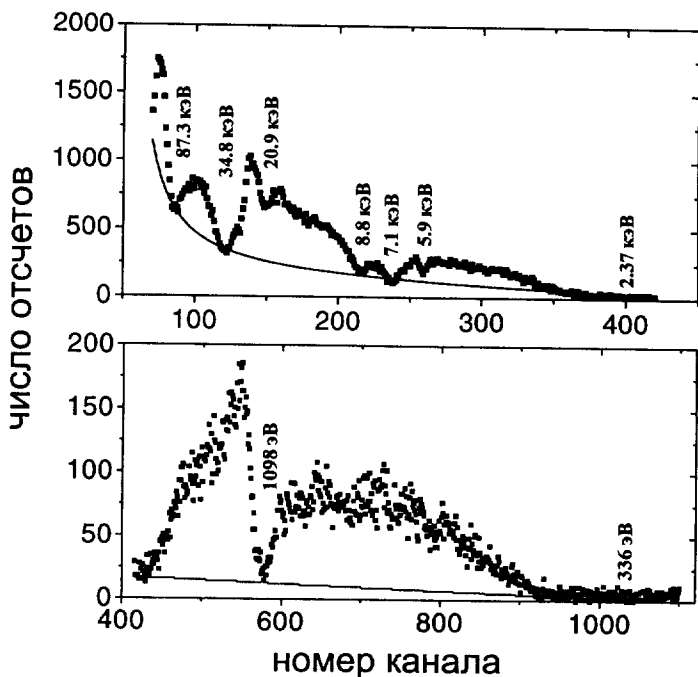


Рис.2. Спектр нейтронов, полученный одним из детекторов в течение 15,5 часа. Ширина канала 1 мкс, угол рассеяния 90° , угол между пластиной урана и направлением пучка 45°

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., Митсына Л.В., Николенко В.Г., Попов А.В., Самосват Г.С.*// 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.

**Издательский отдел
Объединенного института ядерных исследований
предлагает Вам приобрести перечисленные ниже книги:**

Индекс книги	Название книги
94-55	Боголюбовские чтения. Материалы Международного совещания. Дубна, 1993 г. 216 с. (на русском и англ. яз.) Книга В.С.Барашенкова «Сечения взаимодействия частиц и ядер с ядрами». 1993 г. 346 с.
Д3,14-95-323	Труды VII школы по нейтронной физике. Дубна, 1995, том I, 356 с. (на русском и англ. яз.)
E10,11-95-387	Труды Международной конференции REAL TIME DATA '94. Дубна, 1994, 358 с. (на англ. яз.)
Д15-96-18	Труды рабочего совещания «Зарядовые и нуклонные радиусы экзотических ядер». Познань, 1995, 172 с. (на русском и англ. яз.)
E9-96-21	Труды рабочего совещания секции ICFA динамики пучков «По эффектам встречи в кольцевых коллайдерах». Дубна, 1995, 198 с. (на англ.яз.)
E2-96-100	Труды 3 международного симпозиума «Дейтрон — Дубна-95». Дубна, 1995, 374 с. (на англ. яз.)
E2-96-224	Труды VII международной конференции «Методы симметрии в физике». Дубна, 1996, 2 тома, 630 с. (на англ. яз.)
E10-96-258	Труды 17 ежегодного совещания группы пользователей ТЕР. Дубна, 1996, 170 с. (на англ. яз.)
E-96-321	Труды международного семинара «Интегралы по траекториям: Дубна-96». Дубна, 1996, 392 с. (на англ. яз.)
E2-96-334	Труды Российско-немецкого совещания по физике тяжелых кварков. Дубна, 1996, 240 с. (на англ. яз.)
E3-96-336	Труды 4 Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами. Дубна, 1996, 396 с. (на англ. яз.)
E3-96-369	Труды X международной конференции «Проблемы квантовой теории поля». Дубна, 1996, 437 с. (на англ. яз.)
E3-96-507	Труды международного семинара «Поляризованные нейтроны в исследованиях конденсированных сред». Дубна, 1996, 154 с. (на англ. яз.) Книга А.Н.Боголюбова. Н.Н.Боголюбов. Жизнь. Творчество. Дубна, 1996; 182 с. (на русском яз.)
Д1,2-97-6	Труды международного семинара «Релятивистская ядерная физика от сотен МэВ до ТэВ». Дубна, 1996, 2 тома, 418 с. и 412 с. (на русском и англ. яз.)
E7-97-49	Труды 3 международной конференции и «Динамические аспекты деления ядер». Словакия, 1996, 426 с. (на англ. яз.)

Индекс книги	Название книги
E1,2-97-79	Труды XII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика. Дубна, 1994, 2 тома, 364 с. и 370 с. (на англ. яз.)
D5,11-97-112	Труды IX международной конференции «Математическое моделирование в физике». Дубна, 1996, 378 с. (на русском и англ. яз.)
E3-97-213	Труды V Международного семинара по взаимодействию нейтронов с ядрами. Дубна, 1997, 446 с. (на англ. яз.)
D9-97-231	Труды международной школы молодых ученых «Проблемы ускорения заряженных частиц». Дубна, 1996, 285 с. (на русском и англ. яз.)
E2,4-97-263	Труды III международной конференции «Ренормгруппа-96». Дубна, 1996, 436 с. (на англ. яз.)
E10-97-272	Труды международного рабочего совещания «Системы сбора данных в экспериментах на нейтронных источниках». Дубна, 1997, 325 с. (на англ. яз.)
D19-97-284	Труды международного симпозиума «Проблемы биохимии, радиационной и космической биологии». Дубна, 1997, 2 тома: 284 и 405 стр. (на русском и англ. яз.)
P14-97-343	Труды Национальной конференции по применению рентгеновского синхротронного излучения нейтронов и электронов для исследования материалов. Дубна, 1997, 3 тома, 370 с., 448 с., 340 с. (на русском яз.)
Д -97-376	Труды I открытой конференции молодых ученых и специалистов ОИЯИ. Дубна, 1997, 254 с. (на русском яз.)
E2-97-413	Труды VII Международного совещания по спиновой физике высоких энергий (СПИН-97). Дубна, 1997, 398 с. (на англ. яз.)

За дополнительной информацией просим обращаться в издательский отдел ОИЯИ по адресу:

141980, г.Дубна, Московской области,
ул.Жолио-Кюри, 6.
Объединенный институт ядерных исследований,
издательский отдел
E-mail: publish@pds.jinr.dubna.su

Еник Т.Л. и др.
Спектрометр УГРА для измерения,
электрической поляризуемости нейтрона

P13-98-317

Для определения электрической поляризуемости нейтрона создан нейтронный спектрометр УГРА, установленный на 250-метровой времяпролетной базе бустера ИБР-30. Спектрометр предназначен для точных измерений угловых распределений нейтронов с энергиями $0,5 \div 60$ кэВ, рассеянных тяжелыми ядрами, и представляет собой 3-метровую камеру, в которой могут находиться одновременно до трех рассеивателей и шестнадцати ^3He -детекторов объемом ~ 7 литров каждый, помещенных в защитные блоки и установленных на вращающейся платформе. Приводятся некоторые характеристики установки.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1998

Перевод авторов

Enik T.L. et al.
Spectrometer UGRA for Measuring
the Neutron Electric Polarizability

P13-98-317

The neutron spectrometer UGRA installed at 250 m time-of-flight path of IBR-30 booster was constructed for determination of neutron electric polarizability. The spectrometer is intended for precise measurements of angular distributions of neutrons with energies $0.5 \div 60$ keV which are scattered by heavy nuclei. The spectrometer represents a 3 m vacuum chamber which contains up to 3 scatterers and up to 16 ^3He -detectors (each of them has volume ~ 7 l) installed in the shielding blocks on a rotating platform. Some characteristics of the instrument are presented.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1998

Редактор Е.Ю.Шаталова. Макет Н.А.Киселевой

Подписано в печать 13.11.98
Формат 60 × 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 0,65
Тираж 335. Заказ 51012. Цена 78 к.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
Дубна Московской области