

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

372 / 83

17/1-83

P3-82-770

В.А.Вагов, В.А.Ермаков, Г.Н.Зимин, Зо Ин Ок,
В.Г.Николенко, А.Б.Попов, Г.С.Самосват

ИЗМЕРЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ
РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ ЯДРАМИ
НА РЕАКТОРЕ ИБР-30

1982

1. ВВЕДЕНИЕ

Уже более 15 лет в ЛНФ ОИЯИ проводятся измерения угловых распределений упругого рассеяния нейтронов ядрами в килоэлектрон-вольтовой области энергий. Целью этих исследований были такие физические задачи, как накопление систематической информации об анизотропии рассеяния для разных ядер^{/1/}, оценка поляризуемости нейтрона^{/2/}, изучение флуктуаций вклада в нейтронную ширину p -резонансов двух спиновых каналов^{/3/}, поиск проявления однопионного обмена при рассеянии нейтронов на соседних четно-четных и нечетно-четных ядрах^{/4/}, определение радиусов потенциального рассеяния p -волновых нейтронов^{/5/}. Перечисленные исследования объединяет то обстоятельство, что в энергетической области 1-200 кэВ дифференциальное сечение рассеяния надежно аппроксимируется разложением по полиномам Лежандра, предполагающим вклад только s - и p -волновых нейтронов:

$$\sigma(\theta) = \frac{\sigma_s}{4\pi} [1 + \omega_1 P_1(\cos\theta) + \omega_2 P_2(\cos\theta)]. \quad /1/$$

Методика измерений и анализ экспериментальных данных описывались ранее /см. ^{/1-3, 6/}/. Однако применение новой электронно-вычислительной техники привело к существенному расширению возможностей установки, позволило полностью автоматизировать измерения.

Ниже приводятся характеристики установки в ее современном виде. Излагаются также метод установления энергетической шкалы и особенности обработки экспериментальных данных на ЭВМ PDP-11/70 с целью определения усредненных по резонансам параметров дифференциального сечения $\sigma_s(E)$, $\omega_1(E)$ и $\omega_2(E)$.

2. ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ

а/ Физическая аппаратура

На рис.1 показана схема расположения детектора 1 и образца 2 на пучке нейтронов. Пучок формируется до диаметра ~15 см коллиматором 3, помещенным внутри вакуумного нейтронотода 4, и выпускается в воздушный разрыв длиной 300 см, находящийся на расстоянии ~250 м от реактора. Детектор представляет собой 5-слойную батарею из 50 пропорциональных ³He-счетчиков с давлением 10 атм, помещенную в подвижную защиту из парафина с карбидом бора. Защита с помощью электромеханического привода может перемещаться по окружности относительно оси держателя образца и занимать три любые угловые положения, фиксируемые расположением конечных выключателей

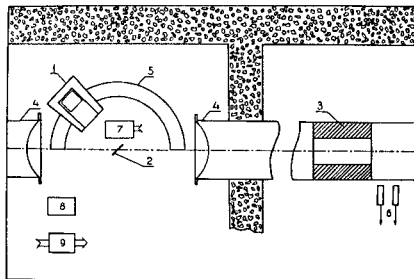


Рис.1. Схема физической установки. 1 - детектор нейтронов в защите, 2 - образец, 3 - коллиматор, 4 - вакуумный нейтроновод, 5 - неподвижная платформа детектора, 6 - мониторные счетчики, 7 - электромеханический привод для перемещений детектора и образца, 8 - детекторная электроника, 9 - блок управления электромеханическим приводом.

на неподвижной платформе 5. Среднее расстояние между счетчиками и образцом ~ 90 см, а разброс угла рассеяния составляет $\pm 10^\circ$. Для уменьшения фона от медленных нейтронов входное окно защиты перекрыто фильтром из карбида бора. Последнее время для измерений используются плоские образцы, размеры которых не выходят за пределы нейтронного пучка. Образец может занимать два рабочих положения: "на прострел" для углов рассеяния $< 90^\circ$ и "на отражение" - для углов $\geq 90^\circ$; в обоих случаях плоскость образца устанавливается под углом 45° к пучку. Держатель образца, кроме привода для изменения угла установки относительно пучка, имеет электропривод вертикального перемещения образца в пучок и из пучка. Вблизи пучка до коллиматора находятся два коронных борных счетчика 6 типа СММ-11, которые используются для мониторинга потока нейтронов.

б/ Измерительный модуль

Блок-схема электронной части установки - измерительного модуля /ИМ/ - представлена на рис.2. Основной ИМ является микро-ЭВМ MERA-60-30, оснащенная устройствами ввода-вывода, флоппи-дискетом и двумя пультовыми терминалами - алфавитно-цифровым дисплеем 7952 и телетайпом с матричной печатью типа DZM-180. К ЭВМ подключен крейт, сопряженный с ней крейтконтроллером типа 106. В крейте размещаются устройства, взаимодействующие как между собой, так и с ЭВМ.

Накопление информации в ИМ организовано путем непосредственной связи временного кодировщика /БК/ с запоминающим устройством /ЗУ/, являющимся самостоятельным устройством и соединенным, с одной стороны, с магистралью КАМАК, с другой /по передней панели/ - с ВК /7/. Такая связь дает возможность освободить ЭВМ от не присущих ей функций накопления информации в ее оперативном запоминающем устройстве /ОЗУ/ и организовать несколько независимых друг от друга каналов накопления, управляемых одной ЭВМ /8/. Помимо сказанного, прямая связь ВК /либо других входных устройств/ позволяет: 1/ существенно повысить скорость регистрации событий, которая в данном случае практически определяется

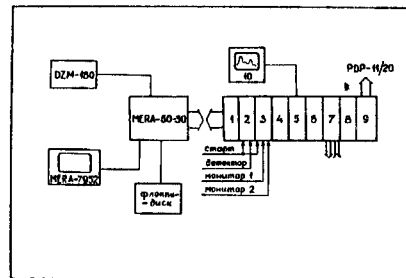


Рис.2. Блок-схема измерительного модуля на базе ЭВМ MERA-60-30. 1 - крейт-контроллер типа 106, 2 - временной кодировщик ВК-5, 3 - блок счетчиков, 4 - запоминающее устройство /ЗУ/, 5 - драйвер точечного дисплея, 6 - блок управления физическим устройством /БУФУ/, 7 - блок ручного управления физическим устройством, 8 - часы, 9 - блок вывода, 10 - точечный дисплей.

циклом обращения к ЗУ и составляет 1-2 мкс на событие в зависимости от типа используемого ЗУ /9; 10/; 2/ обеспечить более оперативное управление экспериментом и обработку накопленной информации, не прерывая процесса измерений.

Набор оборудования и программное обеспечение, используемые в модуле, позволяют производить автоматическое управление ходом эксперимента. В состав аппаратуры, реализующей эту функцию ИМ, входят часы реального времени /11/, счетчики мониторинга /12/ и блок управления физической установкой /БУФУ/, с помощью которого сопрягаются исполнительные элементы физической установки с магистралью КАМАК.

Программное обеспечение модуля, которому присвоено имя SAM, позволяет организовать:

- управление двумя независимо работающими измерительными каналами с клавиатуры дисплейного терминала и автоматическое управление ходом эксперимента на одном из каналов с выдачей протокола измерений;
- вывод информации на точечный дисплей в масштабе по оси Y, определяемом пользователем, и длиной по оси X 1024 или 64 точки;
- нахождение максимума спектра в задаваемом интервале с выдачей на дисплей номера канала и его содержимого;
- вывод в десятичной форме требуемой части информации на дисплейный терминал или DZM-180;
- выделение на дисплее задаваемого номера канала точкой повышенной яркости /"метка"/;
- передачу накопленной информации на центральный процессор.

в/ Управление экспериментом

Программа SAM предусматривает последовательное циклическое накопление 8 спектров длиной 1024 канала каждый, соответствующих различным положениям образца и детектора. Все спектры поочередно измеряются одним и тем же участком ЗУ КАМАК и накапливаются в 8 буферах ОЗУ ЭВМ.

Команды управления на установку позиций детектора и образца передаются от ЭВМ через БУФУ, который воспринимает также ответ-

ные контрольные сигналы исполнения приказа электроприводами. После завершения текущей команды управления в ЗУ КАМАК из соответствующего буфера ЭВМ считываются накопленные ранее данные и выполняется дальнейший набор информации в ЗУ. По достижении заданного для определенного типа экспозиции числа стартов набор информации прекращается, данные из ЗУ переносятся в соответствующий типу экспозиции буфер ЭВМ, отсчеты мониторов печатаются на DZM - 180 в протоколе, после чего в БУФУ пересылается очередная команда управления. В протоколе отмечается также время начала измерений, а перед началом очередной экспозиции - ее условный номер. Останов измерений может производиться в течение набора спектра любого типа. При этом в протоколе также фиксируются набранные отсчеты мониторов и время окончания измерений. Передача данных из ОЗУ MERA-60 на PDP-11/20 осуществляется двумя массивами по 4096 чисел /один - 4 спектра с образцом, другой - 4 спектра без образца/, которые переносятся затем на PDP-11/70 и оформляются как файлы системы IAS. Установка длительности измерений в определенных положениях образца и детектора, инициирование автоматического режима измерений, просмотр на точечном дисплее накапливаемой информации в ЗУ КАМАК или накопленной в буферах ОЗУ MERA-60-30, распечатка данных на DZM-180, останов измерений и передача информации из памяти MERA-60 на ЭВМ PDP-11/20 осуществляются командами с дисплейного терминала 7952.

Программа SAM написана на MACRO-ассемблере в системе RT-11, загрузка ее производится с флоппи-диска. Несмотря на минимальные средства программного контроля за состоянием электронных устройств и процессом накопления данных, описываемый измерительный модуль в эксплуатации оказался достаточно надежным.

3. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

При определении средней энергии, которую следует приписывать данному временному интервалу, необходимо учитывать спектр нейтронов, зависимость сечения рассеяния и эффективности детектора от энергии. В качестве произведения спектра нейтронов на эффективность детектора использовался спектр отсчетов детектора, полученный восстановлением методом наименьших квадратов из измерений с графитовым образцом с учетом функции разрешения и зависимости сечения углерода от энергии. Если обозначить этот восстановленный спектр через s_j / j - номер временного канала/, то можно определить среднюю энергию для каждого временного канала i следующим образом:

$$\bar{E}_i = \frac{\sum_j E_j F(t_j - t_i) s_j \sigma_j}{\sum_j F(t_j - t_i) s_j \sigma_j} \quad /2/$$

Здесь E_j - энергия нейтрона, соответствующая времени пролета t_j , $F(t)$ - функция разрешения, $\sigma_j \equiv \sigma(E_j)$ - сечение рассеяния исследуемого образца.

Суммирование по j производится в пределах ширины функции разрешения с центром в t_i . Среднюю энергию для широкого интервала от i_1 до i_2 можно оценить как

$$\langle E \rangle = \frac{\sum_{i_1}^{i_2} \bar{E}_i B_i \frac{\sigma_i}{\sigma_i^c}}{\sum_{i_1}^{i_2} B_i \frac{\sigma_i}{\sigma_i^c}}, \quad /3/$$

где B_i - наблюдаемый спектр отсчетов с углеродом, $\sigma_i \equiv \sigma(E_i)$, $\sigma_i^c \equiv \sigma^c(E_i)$ - сечения рассеяния образца и углерода. Благодаря слабой зависимости σ от E , мы использовали одинаковую шкалу средних энергий для всех образцов.

Значения средних энергий ввиду экспоненциального "хвоста" функции разрешения в бустерном режиме или из-за ее большой ширины в режиме реактора существенно больше значений, полученных путем прямой калибровки энергии по шкале временного кодировщика. Так, для канала шириной 1 мкс при пролетной базе 250 м оценки дают такой результат /в кэВ/:

E_i	6,2	10,0	22,5	35,0	88	166	206	шкала ВК
\bar{E}_i	6,3	10,4	23,8	39,6	107	204	294	бустер
E_i	6,6	11,8	35,7	155	631	906	1000	реактор.

Для широких временных интервалов смещение средних энергий в сторону больших значений еще заметнее.

Обработка экспериментальных данных производится на ЭВМ PDP-11/70 и состоит в формировании спектров для трех углов 45, 90 и 135° измерений с образцом и без образца, укорочении спектров путем суммирования по заданным интервалам, нормировке спектров на отсчеты монитора, вычитании фона /измерений без образца/, внесении поправок на самоэкранировку образца и вариацию эффективности детектора с углом рассеяния^{/6/}. Затем три полученных спектра интенсивностей рассеянных нейтронов превращаются в три спектра параметров дифференциального сечения /см. формулу /1// ω_1 , ω_2 и σ_s , из которых последний определяется относительно сечения калибровочного образца графита.

В качестве примера на рис.3 представлены обработанные результаты последних измерений с образцами Rh, Ag, Ta и Re естественного изотопного состава с толщинами ρx 0,05-0,08. Измерения проводились в бустерном режиме.

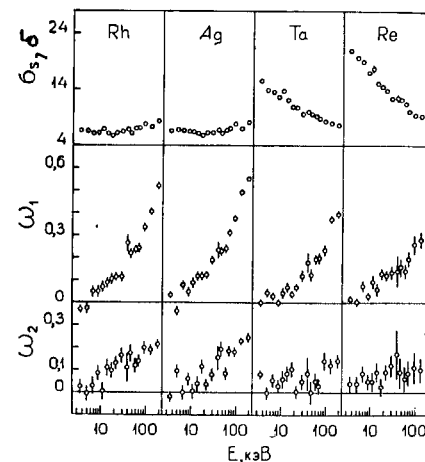


Рис.3. Экспериментальные значения параметров дифференциального сечения рассеяния.

жиме реактора ИБР-30 с разрешением ~ 25 нс/м и продолжались с каждым образцом 40-50 ч. При этом для каждого угла детектора было сделано по 15-18 30-минутных серий измерений с образцом в пучке и столько же 20-минутных серий без образца.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Блок управления физической установкой

Блок управления физической установкой /БУФУ/ позволяет производить дистанционное управление исполнительными элементами физической установки, удаленной от измерительного модуля на расстояние до 1 км.

Блок-схема БУФУ представлена на рис.4. В состав блока входят следующие узлы: дешифратор команд КАМАК, генерирующий сигналы, управляющие работой блока; регистр управления /РУ/, формирующий исполнительный код, который передается в линию связи через реле /ИР/ для управления физической установкой; регистр входа /ВХ/, воспринимающий состояние управляемых элементов физической установки; регистр сравнения /РС/, контролирующий выполнение заданной команды элементами физической установки; регистр режима работы /РР/, определяющий генерацию сигнала ЛАМ по совпадению либо антисовпадению содержимого регистров РС и ВХ, т.е. осуществляющий разрешение или запрет генерации сигнала ЛАМ.

Регистры РУ, РС и ВХ - 12-разрядные. Запись в регистры РУ и РС осуществляется командами магистрали. Изменение содержимого регистра ВХ производится сигналами, поступающими от исполнительных элементов физической установки. Информация о состоянии указанных регистров может быть сосчитана в магистраль.

Регистр РР - 2-разрядный. Его установка производится командами магистрали. Первый разряд этого регистра определяет вид генерации сигнала ЛАМ /РАВ/: если $W1=0$, то схема отбора равенства кодов /ОРК/ выделяет сигнал, устанавливающий триггер ЛАМ по совпадению кодов РС и ВХ; если $W1=1$ - по антисовпадению. Второй разряд РР разрешает / $W2=0$ / или запрещает / $W2=1$ / генерацию сигнала ЛАМ.

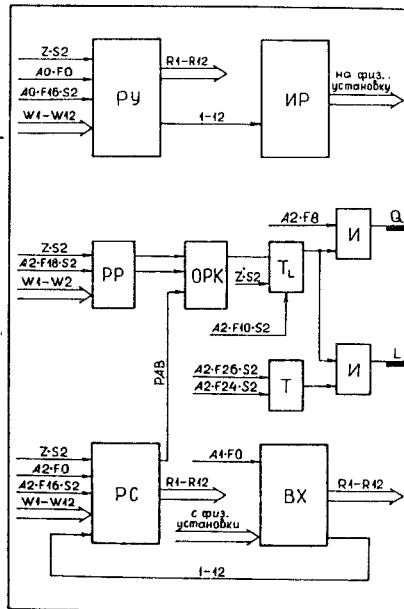


Рис.4. Блок-схема БУФУ.

Подключение к блоку линии связи с физической установкой производится к разъему, установленному на его передней панели. Для визуального контроля состояний регистров РУ, ВХ и сигнала ЛАМ блок оснащен индикацией, а для удобства проведения отладочных работ на линии связи с физической аппаратурой - гнездами для подключения телефонного гарнитура. Объем блока - станция 2М.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров Ю.А., Самосват Г.С. ОИЯИ, РЗ-4354, Дубна, 1969; Самосват Г.С. ЯФ, 1970, 11, с. 1152.
2. Александров Ю.А. и др. Письма в ЖЭТФ, 1966, 4, с.196.
3. Николенко В.Г., Самосват Г.С. ЯФ, 1976, 23, с. 1159; Nikolenko V.G., Samosvat G.S. JINR, E3-82-336, Dubna, 1982.
4. Александров Ю.А. и др. ЯФ, 1980, 32, с. 1173.
5. Александров Ю.А. и др. В кн.: "Нейтронная физика", ЦНИИатоминформ, М., 1980, ч. 2, с. 163.
6. Гребнев А.В. и др. ОИЯИ, РЗ-82-514, Дубна, 1982.
7. Барабаш И.П. и др. ОИЯИ, 11-8522, Дубна, 1975.
8. Балука Д. И др. ОИЯИ, Р10-80-825, Дубна, 1980.
9. Ермаков В.А. и др. ОИЯИ, РЗ-80-591, Дубна, 1980.
10. Ермаков В.А. и др. ОИЯИ, 13-12718, Дубна, 1979.
11. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-10576, Дубна, 1977.
12. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 ноября 1982 года.

· НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Вагов В.А. и др.	P3-82-770
Измерение дифференциальных сечений рассеяния нейтронов ядрами на реакторе ИБР-30	
<p>Описана автоматизированная система измерений на импульсном реакторе ИБР-30 угловых распределений рассеяния нейтронов, действующая на базе микро-ЭВМ MERA-60-30. Излагаются способы накопления экспериментальной информации, определения энергетической шкалы и сечения рассеяния. Приводится схема обработки экспериментальных данных на ЭВМ PDP-11/70 с целью получения усредненных параметров дифференциального сечения рассеяния. В качестве примера даны результаты для ядер Rh, Ag, Ta и Re, полученные с разрешением 25 нс/м в области 3-200 кэВ. В приложении описан блок управления физической установкой.</p>	
Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.	
Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982	
Vagov V.A. et al.	P3-82-770
Measurement of Differential Cross Sections of Neutron Scattering with Nuclei on the IBR-30 Reactor	
<p>By the MERA-60-30 microcomputer controlled system for measurements on the IBR-30 pulsed reactor of angular distributions of scattered neutrons is described. The methods of data collection and determination of energy scale and scattering cross section are given. The way of data processing with the PDP-11/70 computer in order to obtain averaged scattering differential cross section parameters is described. As an example, the results for Rh, Ag, Ta and Re nuclei are given. These are found with ~25 ns/m resolution in the 3-200 keV energy region. The unit for physical arrangement control is described in supplement.</p>	
The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.	
Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982	
Перевод О.С.Виноградовой.	