

сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

P10-85-246

А.А.Богдзель, В.А.Вагов, Ю.М.Гледенов,
Н.И.Квиткова, М.П.Митриков, Р.С.Митрикова,
Т.М.Островная, И.М.Саламатин, В.Г.Тишин,
Н.Ю.Ширикова

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ НА БАЗЕ ЭВМ СМ-3
ДЛЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РЕАКЦИЙ (n,p) И (n,α)

1985

Использование импульсных источников нейтронов и методики времени пролета предоставляет возможности изучения альфа- и протонного распада индивидуальных компаунд-состояний ядер, возбуждаемых резонансными нейтронами $^{1-3}$. Эти исследования дают информацию о сечениях (n, α) и (n, p) -реакций в области резонансных нейтронов, существенно дополняют имеющиеся данные по нейтронным резонансам, способствуя пониманию структуры компаунд-состояний ядер. Анализ усредненных альфа- и протонных ширин позволяет провести проверку феноменологических потенциалов взаимодействия медленных альфа-частиц и протонов с ядрами. Изучение различных корреляций в реакциях (n, p) и $(n, \alpha)^{4,5}$ интересно не только для нейтронной физики, но и для исследования роли слабого взаимодействия в атомных ядрах. Перспективными могут оказаться, по-видимому, и поиски распада высоковозбужденных состояний ядер с вылетом более тяжелых частиц (^8Be , ^{14}C , ...).

Для проведения многопараметрических исследований на реакторах ИБР-30 и ИБР-2 ЛНФ ОИЯИ создана установка NAP-3, включающая целый ряд детекторов и измерительный модуль на базе малой ЭВМ типа СМ-3. В настоящей работе описывается детекторная аппаратура, измерительный модуль и созданное программное обеспечение.

ДЕТЕКТОРНАЯ АППАРАТУРА

В измерениях используются детекторы заряженных частиц различного типа. Это обусловлено тем, что в проводимых экспериментах от изотопа к изотопу могут сильно меняться сечения реакций (n, α) и (n, p) /от десятков мкб до десятков тысяч б/, количество ядер в мишени /от 10^{13} до 10^{23} и энергии вылетающих альфа-частиц и протонов /от сотен кэВ до ≈ 10 МэВ/. Используются в основном следующие детекторы: 1/ пропорциональные камеры /ПК/^{6/}; 2/ двухсекционные ионизационные камеры /ИК/^{7,8/}; 3/ кремниевые поверхностно-барьерные детекторы /ППД/^{8/}.

Система ПК состоит из $6 \div 8$ двояных ПК. Максимальная площадь мишеней - 10000 см^2 , что позволяет работать с количествами исследуемого вещества до 100 г. Схема эксперимента представлена на рис.1, а блок-схема электронной аппаратуры для одной двояной камеры - на рис.2. При используемой схеме отбора регистрируются импульсы, возникающие одновременно/в пределах разрешающего времени детектора $60 \div 90 \text{ нс}$ / в обеих половинах двояной камеры.

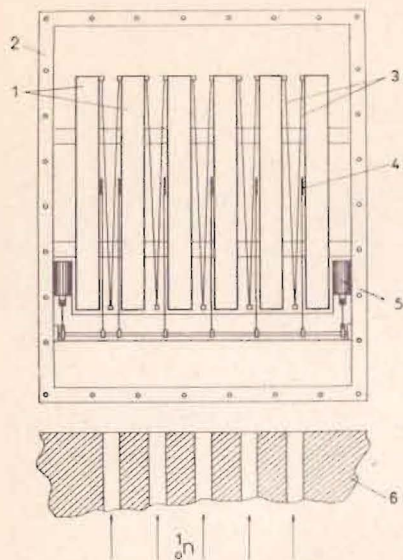


Рис.2. Блок-схема электронной аппаратуры одной сдвоенной ПК: 1 - предусилитель, 2 - усилитель, 3 - формирователь, 4 - линейный сумматор, 5,6 - дискриминаторы нижнего и верхнего уровней соответственно, 7 - линия задержки, 8 - схема совпадений и антисовпадений, 9 - мишени.

Быстрая электронная аппаратура выполнена в стандарте КАМАК и позволяет проводить измерения на многоканальном анализаторе или на линии с ЭВМ. В первом случае анализируются только сигналы со схемы совпадений /рис.2/, при этом могут быть получены только время-пролетные спектры в фиксированном дискриминаторами 5,6 амплитудном окне. Во втором - сигнал с линейного сумматора 4 подается на амплитудный кодировщик измерительного модуля, управляемый импульсами со схемы совпадений 8. Далее многомерная информация /время пролета ней-зона, амплитуда импульса, номер детектора/ записывается на магнитную ленту /МЛ/.

Двухсекционные ИК. Схема одной из них показана на рис.3. В общий вакуумируемый корпус помещаются две ИК. Каждая представляет собой систему плоско-параллельных электродов: собирающий - 5, сетка - 4 и высоковольтный - 7, которым обычно является подложка двухсторонней мишени, общая для обеих камер. Сигналы с коллекторов /5/ усиливаются зарядочувствительными предусилителями и

Рис.1. Схема эксперимента с использованием ПК: 1 - камеры, 2 - общий вакуумируемый корпус, 3 - мишени с исследуемым веществом, 4 - контрольные α -источники, 5 - электромагниты управления источниками, 6 - коллиматоры.

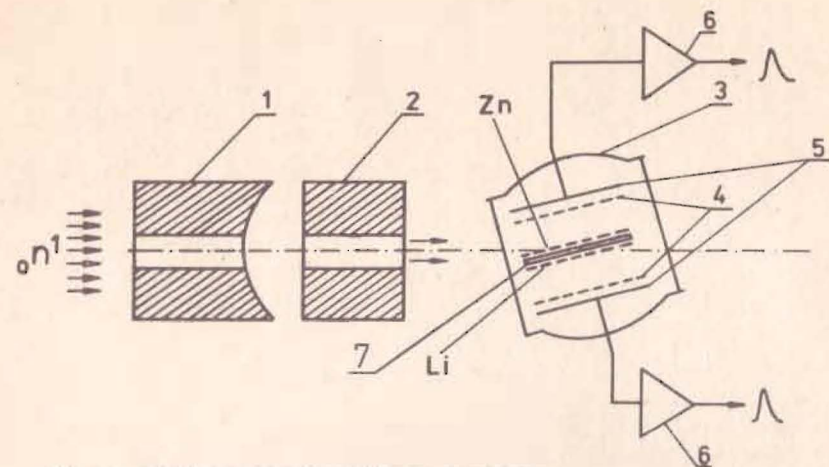


Рис.3. Схема эксперимента с использованием ИК: 1 - нейтронвод, 2 - щелевой свинцовый коллиматор, 3 - корпус двухсекционной ИК, 4 - сетки, 5 - коллекторы.

спектрометрическими усилителями и подаются на амплитудные кодировщики АК1 и АК2 измерительного модуля. ИК разных конструкций отличаются в основном размерами электродов /площадь мишеней от 100 до 800 см²/. Амплитудное разрешение при использовании тонких мишеней = 100 кэВ.

ППД. Схема измерений практически такая же, как на рис.3. В специальной камере, откачиваемой до давления 10⁻² мм рт.ст. и позволяющей менять расстояние от мишени до детекторов от 6 до 40 мм, по обе стороны от мишеней вне нейтронного пучка помещаются кремниевые детекторы. Конструкция позволяет иметь одновременно 4 мишени в камере. Используются детекторы площадью 8÷9 см² с собственным разрешением 40 кэВ. ППД удобны при исследовании радиоактивных ядер, количество атомов которых на мишени 10¹³ ÷ 10¹⁶.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ

Измерительный модуль выполнен на базе малой ЭВМ типа СМ-3 и оборудования в стандарте КАМАК. Для преобразования аналоговой информации в цифровую используются блоки: временной и два амплитудных кодировщика. В том же крейте стоят связанные по программному каналу с ЭВМ интерфейс графического дисплея, интегральный счетчик КС 014 и другие блоки.

Программное обеспечение, реализующее автоматическое накопление экспериментальных данных, их предварительную обработку, визуализацию и запись на МЛ, а также автоматическое управление эк-

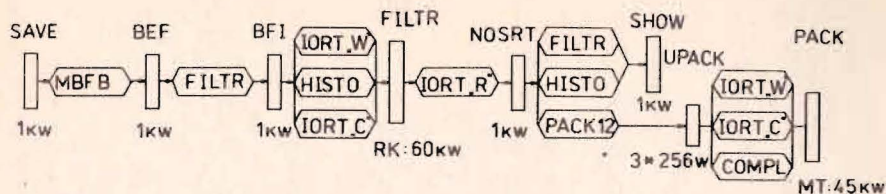


Рис. 4. Схема процессов, выполняемых системой PROG.

спериментом, создано средствами комплекса САНПО^{9/} и является прикладной системой реального времени /PROG/. Монитор данной системы вызывается как задача в рамках операционной системы RT-11 общего назначения. Основные процессы, выполняемые системой PROG, представлены на рис.4.

Ввод экспериментальной информации в ЭВМ осуществляется по программному каналу. По сигналу LAM, пришедшему от одного из амплитудных кодировщиков, происходит опрос всех кодировщиков в следующем порядке: BK - AK1 - AK2 и запись этих кодов в буфер оперативной памяти; таким образом, каждое зарегистрированное событие в данном случае представлено тремя словами. По заполнении буфера оперативной памяти /ОП/ происходит перезапись содержащихся в нем кодов в другой равновеликий буфер ОП /вариант разравнивающей памяти/, в течение которой регистрация идущих с кодировщиков сигналов блокируется. После переброса информации первый буфер обнуляется, и накопление экспериментальной информации возобновляется; одновременно с этим осуществляется запись накопленной информации из второго буфера на внешний носитель - магнитный диск.

Запись на диск последовательными порциями длиной в 1 kW в файл длиной 60 kW может производиться с фильтрацией событий по какому-либо параметру или без нее и сопровождается гистограммированием по всем трем параметрам. Эти спектры /гистограммы/ накапливаются в трех буферах ОП заданной длины и могут быть выведены на экран графического дисплея.

По заполнении буферного файла длиной 60 kW на внешнем носителе, информация порциями в 1 kW считывается в ОП для дальнейшей обработки и перезаписи на МЛ, при этом накопление экспериментальных данных автоматически блокируется на время перезаписи. Дальнейшая обработка включает в себя упаковку кодов описания в 24-разрядные слова.

Один из вариантов прикладной системы содержит дополнительную фильтрацию событий во временных и амплитудных окнах. Все спектры, "фильтрованные" и "нефильтрованные", могут выводиться на экран графического дисплея попарно. После того, как на магнит-

ную ленту записано "к" файлов /число "к" заказывается пользователем/, автоматически происходит запись всех спектров на внешний носитель - магнитный диск с целью дальнейшего вывода показательно в десятичном виде на печатающем устройстве.

Автоматическое управление ходом накопления экспериментальных данных несложно и осуществляется с помощью набора приказов, набираемых пользователем на клавиатуре терминала. По приказу INIT происходит инициализация оборудования; приказ START обнуляет счетчик KC-014 и все буфера в ОП и разрешает ввод экспериментальных данных с входных устройств в ОП; приказ STOP прекращает обработку прерываний КАМАК, накопление останавливается, при этом на экране терминала высвечивается содержание счетчика KC-014, соответствующее количеству стартов монитора; приказы SHOWA, и SHOWT являются командами визуализации на графическом дисплее порциями по 256 каналов всех накопленных спектров; CONT возобновляет накопление.

По желанию пользователя при остановленном накоплении возможна запись на диск всех спектров, набранных с определенной статистикой /приказ W/; пользователь также может приказом MOVE установить границы временных и амплитудных спектров.

Необходимо отметить, что при записи на МЛ происходит нумерация файлов и выдача на экран терминала информации о записи очередного файла. При повторном вызове прикладной системы запись на МЛ производится с текущей позиции; индексация файлов возобновляется, причем прежние файлы доступны для чтения.

Загрузка на входе в рабочем режиме измерений находится в пределах 10÷50 имп/с.

Потери пропускной способности системы составляют 0,5% и в основном обусловлены:

- а/ остановом накопления в тот момент, когда из полного буфера длиной 1 kW информация перебрасывается в другой буфер ОП;
- б/ остановом накопления при считывании информации с диска в ОП, обработку ее и перезапись на МЛ.

Мертвое время системы /время кодирования АЦП и время обработки прерывания/ составляет ≈ 200 мкс.

СОРТИРОВКА И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Сортировка и обработка экспериментальной информации, записанной на МЛ, в дальнейшем производилась на ЭВМ CDC-6500 и позволяет получить:

- 1/ интегральные спектры;
- 2/ амплитудные спектры во временных окнах;
- 3/ временные спектры в амплитудных окнах;
- 4/ суммарные спектры от нескольких МЛ.

Обработка экспериментальной информации производится в следующей последовательности:

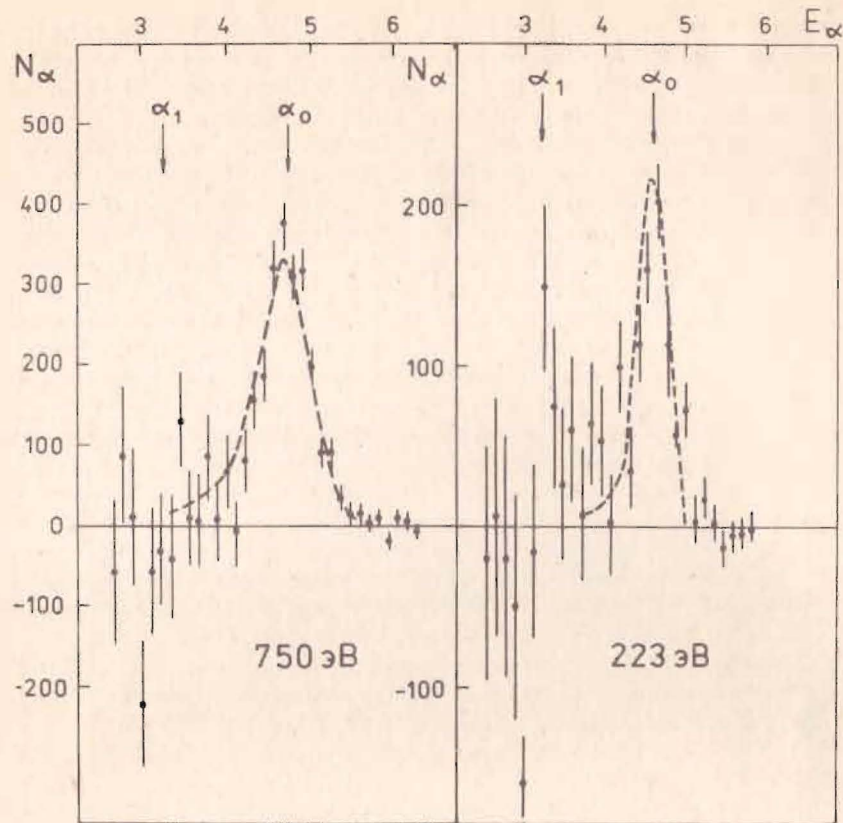


Рис.5. Амплитудные спектры резонансов при $E_0=750$ и 223 эВ; точки - эксперимент, пунктирная кривая - расчетная форма спектра α -частиц; E_α в МэВ.

- чтение с перфокарт начальной информации и проверка основных параметров;
- подгон МЛ к нужному начальному файлу для обработки и цикл по обрабатываемым файлам;
- чтение с МЛ;
- расшифровка данных;
- цикл по окнам;
- образование файла на диске для накопления обрабатываемой информации;
- суммирование в этом файле результатов различных МЛ;
- выдача на печать полученных результатов.

В программе обработки используются следующие подпрограммы: SORT1 - выполняет чтение с МЛ, распаковку, сортировку данных; PETH - предназначена для печати;

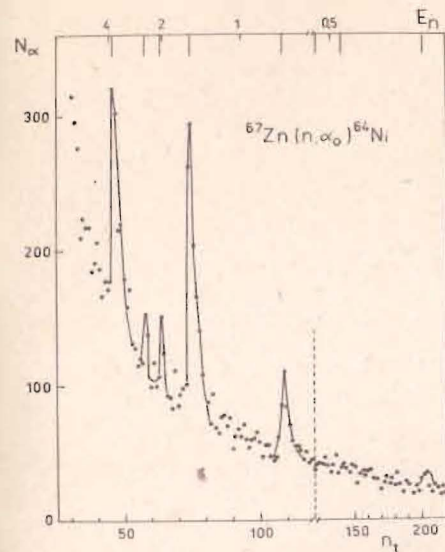


Рис.6. Времяпролетный спектр α -частиц из реакции $^{67}\text{Zn}(n, \alpha)^{64}\text{Ni}$ в амплитудном окне α_0 -перехода.

NUL - предназначена для чтения конца файла /EOF1/ и/или пропуска некоторого количества файлов с МЛ при обработке; NAMF - предназначена для чтения имени файла /HDR1/, и из библиотеки CDC используются подпрограммы MEMORY, READS, OPENMS, BLOW, BUNCH, WRITMS.

Для уменьшения времени, затрачиваемого на сортировку информации, пришлось ограничить максимальное количество выбираемых окон для одновременной обработки /20/, что дало возможность производить выборку амплитудных спектров во временных окнах в оперативной памяти. Такое решение позволило значительно /в 2-3 раза/ уменьшить время, затрачиваемое на сортировку информации, что весьма существенно, т.к. обрабатывается ≈ 100 МЛ в год, и на каждую затрачивается даже сейчас около 20 мин. Накопление полученной отсортированной информации проводилось на диске.

Дополнительно при считывании информации с магнитной ленты проводился анализ этих данных и регистрировалось количество сбоев - наличие двух амплитудных значений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С 1982 г. измерительный модуль NAP-3 используется для анализа многомерной информации, полученной при исследовании реакций / n, α / и / n, p / на нескольких стабильных и радиоактивных ядрах в области резонансных и тепловых энергий нейтронов /3/. Получены одномерные времяпролетные и амплитудные спектры в соответствующих амплитудных и временных окнах. В качестве примера на рис.5 показаны амплитудные спектры альфа-частиц из реакции $^{67}\text{Zn}(n, \alpha)$

во временных окнах резонансов при энергии $E_0 = 750$ и 223 эВ, а на рис.6 - спектр выхода альфа-частиц от времени пролета нейтронов в амплитудном окне, соответствующем переходу в основное $/\alpha_0/$ состояние дочернего ядра ^{64}Ni . Таким образом, разработанное аппаратное и программное обеспечение измерительного модуля NAP-3 дает возможность накопления физической информации и ее полной обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Ю.П. ЭЧАЯ, 1972, т.2, вып.4, с.925.
2. Антонов А. и др. ЯФ, 1978, т.27, с.18.
3. Гледенов Ю.М. и др. В кн.: "Нейтронная физика", ЦНИИАтоминформ, М., т.2, с.388; то же, с.346.
4. Антонов А. и др. Письма в ЖЭТФ, 1984, т.40, вып.5, с.209.
5. Ермаков О.Н. и др. В кн.: "Нейтронная физика", ЦНИИАтоминформ, М., 1984, т.3, с.403.
6. Антонов А. и др. ПТЭ, 1981, № 3, с.52.
7. Попов Ю.П. и др. ЯФ, 1971, т.13, с.913.
8. Балабанов Н.П. и др. ОИЯИ, 3-84-484, Дубна, 1984.
9. Балука Г. и др. ОИЯИ, P10-12960, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 апреля 1985 года.

Богдзель А.А. и др.
Измерительный модуль на базе ЭВМ SM-3
для многопараметрических исследований
реакций (n,p) и (n,α)

P10-85-246

Для исследований реакций $/n,p/$ и $/n,\alpha/$, проводимых в ЛНФ ОИЯИ, создана установка NAP-3. Описывается детекторная аппаратура установки, измерительный модуль на базе малой ЭВМ SM-3 и оборудование в стандарте КАМАК, созданное программное обеспечение, реализующее автоматическое накопление экспериментальных данных, контроль над качеством измерений /статистический контроль, визуализация накопленных спектров на графическом дисплее/ и запись данных на внешний носитель /магнитную ленту/. Потери пропускной способности системы регистрации и накопления составляют 0,5% при загрузке на входе в рабочем режиме 10-50 имп/с. Проведено описание программы на ЭВМ CDC-6500 для сортировки и обработки данных. Выборка амплитудных и временных спектров соответственно во временных и амплитудных пиках производилась в оперативной памяти CDC-6500, что позволило в 2-3 раза уменьшить время, затрачиваемое на сортировку информации. На примере изучения реакции $^{67}\text{Zn}(n,\alpha)^{64}\text{Ni}$ продемонстрированы возможности измерительного модуля.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.
Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод О.С.Виноградовой

Bogdzel A.A. et al.
Measuring Module on the Base of SM-3 Computer
for Multiparameter Study of the (n,p) and (n,α) Reactions

P-10-85-246

An installation has been constructed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR, to perform measurements of the (n,p) and (n,α) reactions. The detectors, measuring module on the base of SM-3 mini-computer, the CAMAC hardware, the software which provides data automatic acquisition, and control of measurement qualities (statistical control, visualization of stored spectra on a graphical display) and data recording on external storage (magnetic tape) are described. The losses of carrying capacity of the registration system and acquisition are 0,5% at loading at the input in 10-50 pulses/s operating regime. The CDC-6500 computer program for data sorting and processing is described. Selection of amplitude and time spectra, respectively, in time and amplitude peaks was carried out in the CDC-6 operative memory. It permitted to decrease by 2-3 times the time needed for data sorting. The module operation possibilities are demonstrated on $^{67}\text{Zn}(n,\alpha)^{64}\text{Ni}$ reaction.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1985