

41840.1
11-445
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

10 - 5076

И.И. Шелонцев

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
НЕЙТРОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ИМПУЛЬСНОМ ВЫСТРОМ РЕАКТОРЕ
ЛАБОРАТОРИИ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

Специальность 041 - теоретическая
и математическая физика

Автореферат диссертации на соискание учёной
степени кандидата физико-математических наук

Дубна 1970

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

Ю.Н. Днестровский

кандидат физико-математических наук

Ю.П. Попов

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт атомной энергии имени И.В. Курчатова.

Автореферат разослан 1970 г.

Защита диссертации состоится 1970 г.
на заседании Ученого совета Лаборатории вычислительной техники и автоматизации.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

Ю.В. Катышев

10 - 5076

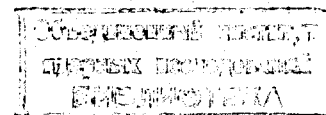
И.И. Шелонцев

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
НЕЙТРОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ИМПУЛЬСНОМ БЫСТРОМ РЕАКТОРЕ
ЛАБОРАТОРИИ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

Специальность 041 - теоретическая
и математическая физика

Автореферат диссертации на соискание учёной
степени кандидата физико-математических наук

6918 8169



В в е д е н и е

Нейтронная спектрометрия – измерение сечений взаимодействия нейтронов с ядрами и параметров нейтронных резонансов – один из важных методов ядерной физики, позволяющий исследовать свойства высоковозбужденных состояний ядер. Широкое развитие нейтронно-спектрометрических исследований обусловлено тем, что получаемые данные имеют практическое значение в ядерной энергетике и позволяют сопоставить наблюдаемые свойства ядер с различными теоретическими моделями ядра. Применение метода времени пролета позволяет с достаточной точностью измерять такие параметры нейтронных резонансов, как энергия (E_0), полная ширина (Γ), нейтронная ширина (Γ_n) и радиационная ширина (Γ_γ). В этом методе используется импульсный нейтронный источник большой интенсивности и с малой шириной импульса, детекторы, регистрирующие разные типы взаимодействия нейтронов с исследуемыми образцами (пропускание, рассеяние, радиационный захват, деление) и многоканальные анализаторы, позволяющие регистрировать зависимость отсчетов детектора от времени пролета нейтронов расстояния от источника нейтронов до детектора. Обработка числовой информации, накопленной анализаторами, позволяет в дальнейшем получать зависимость сечений от энергии нейтронов и определять параметры наблюдаемых нейтронных резонансов.

Нейтронная спектрометрия начала развиваться в Объединенном институте ядерных исследований с момента запуска импульсного быстрого реактора (ИБР) в ЛНФ в 1960 г.^{/13/}. На первом этапе обработка экспериментальной информации проводилась вручную. Оперирование с большими массивами чисел, сложность вычисления из промежуточных данных параметров резонансов превращали обработку в трудоемкий и длительный процесс. Перед автором была поставлена цель – используя имеющиеся в ОИЯИ ЭВМ, свести к минимуму ручную обработку экспериментальных данных. Эта задача оказалась нелегкой ввиду отсутствия в то время в литературе описания методов машинной обработки нейтронно-спектрометрических измерений и малой оперативной памяти имевшихся ЭВМ для обработки числовых массивов длиной до 4096 слов.

В успешном проведении спектрометрических исследований важное значение имеют детекторы, которые являются сложными и дорогостоящими установками. Оценка их характеристик в зависимости от размеров и состава была очень необходима при проектировании и разработке. При участии автора проведены расчеты различных типов детекторов с целью нахождения оптимальных параметров, результаты которых были использованы при их создании.

Составление программ обработки экспериментальных данных включало в себя два этапа. Была создана система программ предварительной обработки анализаторных спектров, которая позволяла собирать и сортировать накопленные массивы, вводить поправки на просчеты, проводить простые арифметические операции с массивами: сложение, получение нарастающей суммы и т.д.

Второй этап состоял в разработке программ, позволяющих быстро и надежно вычислять параметры резонансов и их ошибки из найденных площадей резонансов в разных типах измерений.

Детекторы нейтронов

Детекторы нейтронов – это сложные и дорогостоящие приборы, рассчитанные на длительное время эксплуатации. Повышение их эффективности (при приемлемом времени жизни нейтрона в детекторе) путем изменения геометрии или состава является актуальной задачей. Единственно возможным методом расчета нейтронных детекторов является метод Монте-Карло, реализуемый только на ЭВМ. Этот метод позволяет определить характеристики детектора путем моделирования пути нейтрона в нем с использованием известных законов взаимодействия нейтрона с атомами вещества и с применением таблиц случайных чисел.

Первый расчет относится к жидкостному сцинтилляционному детектору. Его характеристики были сосчитаны на ЭВМ "Сетунь" в 1960 г.^{/2/}. Ввиду маломощности машины были сделаны некоторые упрощения в геометрии – рассчитывались характеристики полубесконечной среды для толщин ее через один сантиметр. Была определена оптимальная толщина детектора и его состав при приемлемом времени жизни нейтронов в детекторе. Вместо таблицы случайных чисел использовался программный датчик псевдослучайных чисел. Построенный на базе этих расчетов детектор эксплуатируется в ЛНФ около десяти лет.

Были рассчитаны характеристики жидкостного сцинтилляционного детектора нейтронов деления^{/10/}. Расчет проведен на ЭВМ М-20. Получены характеристики детектора для различной концентрации в нем кадмия.

Построенный детектор показал характеристики, близкие к расчетным^{/18/}. В детекторах такого типа получают ложные отсчеты, обусловленные делением ядер, вызываемым обратно рассеянными нейтронами из детектора на образец. Для устранения этого эффекта между детектором и образцом ставится экран из карбида бора. Специальный расчет дал величину обратного потока нейтронов на образец и необходимую толщину карбида бора для его устранения.

Предварительная обработка

Для обеспечения предварительной обработки с помощью ЭВМ автором совместно с Н.Ю. Шириковой была создана система программ /8/, которая позволяла по заданным признакам измерений находить их на магнитной ленте, производить арифметические операции, вносить поправки на просчеты анализатора и находить нарастающую кривую. Система программ была разработана для ЭВМ М-20, данные с анализаторов передавались на магнитную ленту М-20 через буферную ЭВМ Минск-2 /19,20,21/. Поправки на просчеты производились для случая отсутствия промежуточной памяти между детектором и анализатором. Нарастающая кривая была удобна для определения площадей резонансов.

При наличии промежуточной памяти следует более корректно оценивать потери в системе детектор - промежуточная память - анализатор. Анализатор обычно имеет мертвое время, так что если несколько импульсов приходят за время меньше, чем мертвое время, то регистрируется только первый, а остальные будут потеряны. Для устранения этих потерь между детектором и анализатором ставят быструю промежуточную память - несколько ячеек, накапливающих информацию и передающих ее потом в анализатор с постоянной скоростью. Для определения относительных потерь информации в такой системе автором были рассчитаны графики зависимости этих потерь от емкости промежуточной памяти, скорости передачи информации в анализатор и плотности потока входной информации из детектора /5/.

Метод площадей для определения параметров нейтронных резонансов

В результате предварительной обработки получают несканенные спектры, описывающие взаимодействие нейтрона с

атомами вещества в зависимости от энергии. При дальнейшем извлечении параметров нейтронных резонансов применяются два метода - метод формы и метод площадей. Оба они были реализованы на электронно-вычислительной машине М-20.

Программа "метод формы" /14,17/, созданная Н.Ю. Шириковой, получает параметры нейтронных резонансов и их ошибки - радиус потенциального рассеяния, полную и нейтронную ширину, энергию резонанса.

Программа "метод площадей", разработанная автором, позволяет из площадей резонансов в нейтронном спектре получать полную и нейтронную ширину и их ошибки.

Для определения параметров нейтронных резонансов методом площадей на первом этапе применялся ручной метод. При этом необходимы графики, связывающие площади с параметрами резонанса /15/. Ввиду отсутствия крупномасштабных графиков, пригодных для ручной обработки, эти графики были вычислены на ЭВМ "Стрела" /1/. Они выражают зависимость площади нейтронного резонанса A/Δ от $n\sigma_0\Gamma/\Delta$ и $\Gamma/2\Delta$, связанные известными соотношениями с полной и нейтронной ширинами Γ и $g\Gamma_n$ (см. рис. 1).

Эти графики применялись и при машинной обработке, так как оказалось, что выборка данных из них путем интерполирования занимает гораздо меньше времени, чем вычисление площади заново. Кроме того, они применялись и для вычисления графиков самоиндикации (рис. 2), необходимых для аналогичной обработки экспериментальных данных в экспериментах другого вида.

Общая задача метода площадей формулируется следующим образом. Нужно найти решение нелинейной системы уравнения вида:

$$A_i \pm \sigma_i = f_i(n_i, \Gamma, g\Gamma_n); \quad i = 1, 2, \dots, k$$

Здесь A_i - измеренная площадь, σ_i - ее ошибка, f_i - аналитическое выражение для этой площади, зависящее от толщи-

ны образца n_1 и неизвестных параметров Γ и $g\Gamma_n$. Измеренные площади могут быть определены из измерений различных типов – пропускания, самодетектирования, радиационного захвата и рассеяния. Каждый тип измерения может быть проведен для разных толщин образцов. Система получается в общем случае переопределенной, однако даже для одной площади можно получить значение одного из параметров, если задать и зафиксировать значение другого параметра. Система решалась методом наименьших квадратов /22/.

Метод дает возможность объективно получить параметры и их ошибки. В программе была предусмотрена возможность вычисления графиков зависимости Γ от $g\Gamma_n$ для каждой площади, что позволяло проводить визуальный контроль качества измерений. Программа опубликована в /8/, а эксплуатация в ЛНФ в течение многих лет доказала ее полезность.

Для случая большой интерференции между резонансным и потенциальным рассеянием был создан другой вариант программы, учитывающий эту интерференцию.

Метод площадей в сравнении с методом формы более широко использовался на практике при определении параметров ввиду того, что при его использовании не требовалось знания формы функции разрешения. Кроме того, он требовал меньше машинного времени. Однако метод формы имеет большие преимущества благодаря большей автоматизации обработки и возможности определения перекрывающихся уровней. Оба метода взаимно дополняют друг друга.

З а к л ю ч е н и е

Подведем итог работ, описанных в диссертации.

1. Разработана методика и проведены расчеты для получения характеристик нейтронных детекторов. Исследована зависимость характеристик от состава детектора и его размеров.

Построенные на основе полученных данных детекторы являются уникальными сооружениями, их характеристики совпали с вычисленными с достаточной степенью точности. Большинство измерений, проведенных в Лаборатории нейтронной физики, выполнялись на этих детекторах.

2. Составлены (совместно с Н.Ю. Шириковой) программы предварительной обработки информации. При этом уделялось особое внимание устранению искажений, возникающих вследствие ограниченности промежуточной памяти и мертвого времени анализатора. В связи с этим вычислены графики потерь, возникающих в системе промежуточная память-анализатор при их импульсной загрузке.

3. Разработана методика и построены программы для получения параметров нейтронных резонансов по их площадям. Параметры и их ошибки получаются методом наименьших квадратов. При этом возможно использование нескольких типов площадей, полученных в результате экспериментов.

4. Перечисленные программы предварительной обработки и метода площадей использовались на протяжении многих лет в Лаборатории нейтронной физики в исследовании параметров нейтронных резонансов большого числа элементов. Значения этих параметров вошли в мировой фонд данных о нейтронных сечениях.

Диссертация написана на основе работ /1-11/.

Л и т е р а т у р а

1. В.Н. Ефимов, И.И. Шелонцев. Расчет графиков для определения нейтронных резонансов по методу пропускания образца. Препринт ОИЯИ, Р-641 (1961).
2. В.И. Кочкин, А.Б. Попов, И.И. Шелонцев. Расчет характеристик нейтронного детектора методом Монте-Карло. Препринт ОИЯИ, 744 (1961).
3. Ван Най-янь, И. Визи, В.Н. Ефимов, Э.Н. Каржавина, Ким Хи Сан, А.Б. Попов, Л.Б. Пикельнер, М.И. Пшитула, Т. Стадников, Чен Лин-янь, Э.И. Шараров, И.И. Шелонцев, Н.Ю. Ши-

- рикова, Ю.С. Язвический. Исследование нейтронных резонансов Rh^{103} . Препринт ОИЯИ, Р-1313 (1963), ЖЭТФ, т.45, вып. 6, стр. 1745 (1963).
4. Э.Н. Каржавина, А.Б. Попов, И.И. Шелонцев, Ю.С. Язвический. Поиск зависимости доплеровского уширения нейтронных резонансов от химической связи. Резонанс 405 эв Ci^{35} . Препринт ОИЯИ, Р-2198, Е-2214 (1965).
 5. Г.А. Ососков, И.И. Шелонцев. Расчет параметров промежуточной памяти в системе регистрации с групповым прибытием сигналов. Препринт ОИЯИ, 2535 (1966).
 6. И.И. Шелонцев, Н.Ю. Широкова. Обработка нейтронных спектров. Препринт ОИЯИ, 5-3263, стр. 123-125 (1967).
 7. И.И. Шелонцев. Об одном методе вычисления интеграла вероятности от комплексного аргумента для машин типа БЭСМ-4. Препринт ОИЯИ, 11-4046 (1968).
 8. И.И. Шелонцев. Определение нейтронных резонансов методом площадей. Препринт ОИЯИ, Б2-10-4090 (1968).
 9. И.И. Шелонцев, Н.Ю. Широкова. Программы первичной обработки экспериментальных данных ЛНФ. Препринт ОИЯИ, Б2-10-4091 (1968).
 10. В.И. Кочкин, Ю.В. Рябов, И.И. Шелонцев. Расчет параметров жидкостного сцинтилляционного детектора нейтронов деления. Препринт ОИЯИ, 11-4665 (1969).
 11. В.И. Кочкин, А.Б. Попов, И.И. Шелонцев. Расчет характеристик слоистого детектора нейтронов. Препринт ОИЯИ 11-4602 (1969).
 12. BNL-325, Neutron Cross Section (1958).
BNL-325, Suppl. (1960-1966).
 13. Г.Е. Блохин, и др. Атомная энергия, 10, 437 (1961).
 14. Э. Мелконян. Материалы межд. конф. в Женеве, август 1955 г., т.4, стр. 400-409, М., (1957).
 15. D.I. Hughes, J. Nuclear Energy, v.1, N4 (1955).
 16. S.E. Atta, J.A. Harvey, ORNL-3205 (1961).
 17. В.Н. Ефимов, Н.Ю. Широкова. Препринт ОИЯИ Б2-10-4089 (1968).

18. Ван Ши-ди, Ю.В. Рябов. ПТЭ, №4, стр. 63 (1965).
19. Г.И. Забиякин. Препринт ОИЯИ 954, стр. 96-100 (1961).
20. Л.С. Нефедьева и др. Препринт ОИЯИ, 5-3263 (1967).
21. А.А. Астахов и др. Препринт ОИЯИ, 2914 (1966).
22. И.Н. Силин. Препринт ОИЯИ, 11-3362, (1967).
23. CINDA (1968), CINDU-8 (1969).

Рукопись поступила в издательский отдел

27 апреля 1970 года.

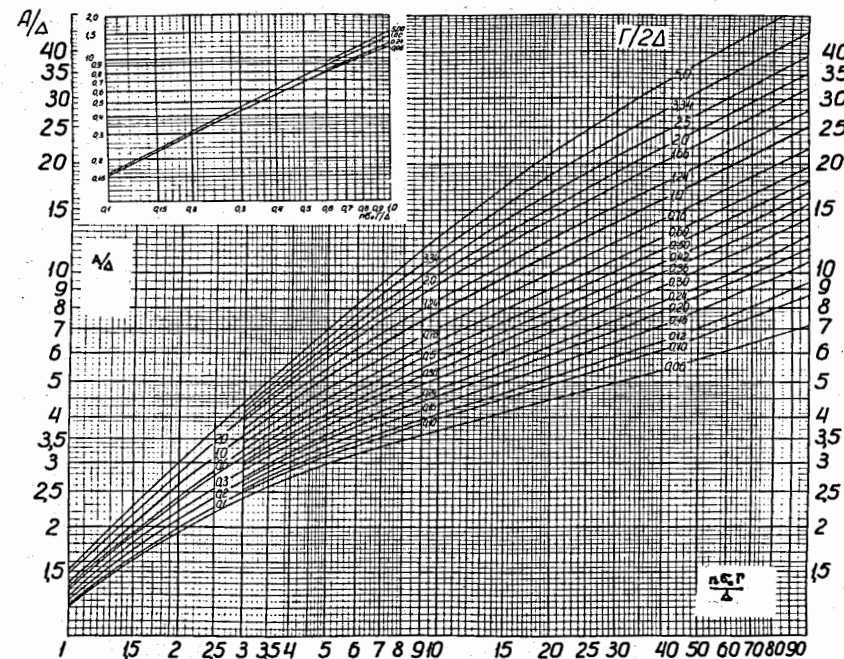


Рис. 1. Графики зависимости площади нейтронного резонанса от полной и нейтронной ширины.

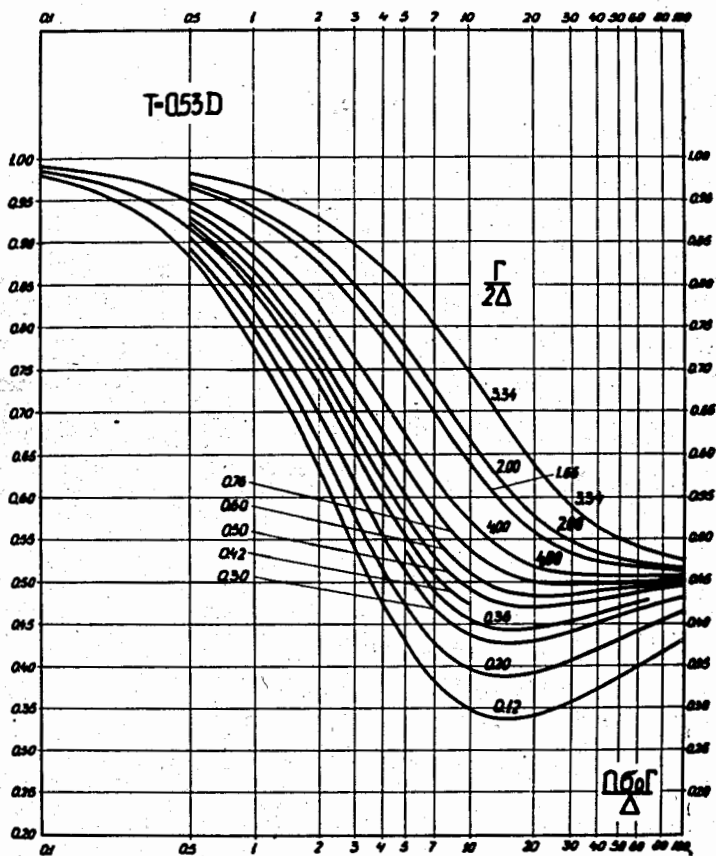


Рис. 2. Графики самоиндикации.