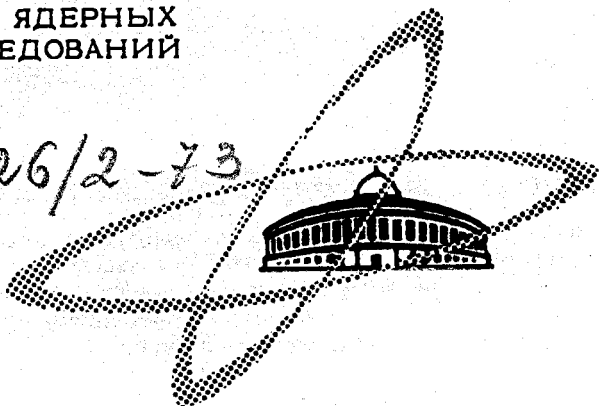


C-129

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

326/2-73



P13 - 6784

Б.Н.Савенко, К.Фельдманн, К.Хенниг

МЕТОД

ИЗМЕРЕНИЯ ФОНА НАДТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ
В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО РАССЕЯНИЮ
ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

1972

P13 - 6784

Б.Н.Савенко, К.Фельдманн, К.Хенниг

МЕТОД
ИЗМЕРЕНИЯ ФОНА НАДТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ
В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО РАССЕЯНИЮ
ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

1. Введение

При физических исследованиях с помощью неупругого рассеяния нейтронов низких энергий /ниже 1 эв/, источником которых является ядерный реактор любого типа, возникает вопрос о фоне, обусловленном нейтронами с энергиями больше 1 эв /надтепловой фон/.

В данной работе рассматривается метод измерения фона, который мы назвали "методом кадмиевого фильтра между двумя детекторами", и его применение при использовании спектрометра обратной геометрии на импульсном реакторе ИБР-30 в Дубне. Этот метод, по-видимому, применим для измерения и учета надтеплого фона и на других спектрометрах как на импульсных, так и на стационарных реакторах.

2. Метод кадмиевого фильтра между двумя детекторами

2.1. Обоснование метода

Импульсный реактор ИБР-30 /1,2/ с замедлителем создает, кроме периодического /частота 0,4:10 гц/ импульса мощности, содержащего 89% надтепловых и 11% тепловых /с энергиями ниже 0,4 эв/ нейтронов /длительность импульса \approx 50 мксек для быстрых и \approx 100 мксек для тепловых нейтронов/, постоянный фон надтепловых нейтронов /3,8% всей интенсивности/ и сателлиты - периодические импульсы быстрых нейтронов между импульсами мощности /интегральная интенсивность каждого сателлита приблизительно на два порядка меньше интенсивности тепловой части основного спектра/.

Измерения рассеяния нейтронов на ИБР-30 ведутся с помощью метода времени пролета, и надтепловые нейтроны импульса мощности отделяются от тепловых по времени. Но постоянный фон и сателлиты перекрываются с тепловыми нейтронами, рис. 1.

Отношение площадей пиков неупругого рассеяния тепловых нейтронов к величине фона надтепловых нейтронов и к интенсивности

сателлитов может быть порядка единицы. Поэтому, несмотря на наличие ряда методов уменьшения величины фона /механический прерыватель, кварцевый монокристаллический фильтр прямого пучка /3/ , улучшенный вариант бериллиевого фильтра рассеянного пучка /4/ /, измерение фона остается актуальной задачей. Отдельное же измерение фона надтепловых нейтронов с помощью кадмиевого фильтра перед детектором требует увеличения времени измерений. Кроме того, нестабильность частоты всплеск реактора /до 1-2% в сутки/ влияет на форму и интенсивность сателлитов, не восстанавливаемые разделенными во времени измерениями. Поэтому обычно приходилось измерять один и тот же спектр два раза при разной основной частоте реакторных импульсов, что позволяет сместить сателлиты и устранить неиспользуемые для измерений интервалы энергий.

На основании этих соображений было решено регистрировать рассеянные тепловые нейтроны и надтепловой фон одновременно, но различными детекторами.

2.2. Методика и измерения

За первым детектором Д1 был поставлен лист кадмия и второй детектор Д2 /рис. 2/. Лист кадмия толщиной 1 мм отфильтровывает с большой эффективностью тепловые нейтроны, и детектор Д2 регистрирует только нейтроны с энергиями выше 1 эв. Д2, который приблизительно в два раза толще Д1, имеет большую эффективность регистрации нейтронов и позволяет тем самым измерять фон с большей точностью, так как время пролета быстрых нейтронов через детектор гораздо меньше времени тепловых нейтронов с энергиями, меньшими 100 мэв. Одновременные измерения на одном временном анализаторе с разделенной памятью обеспечивают идентичные формы сателлитов в спектрах, снятых на детекторах Д1 и Д2 /рис. 1/. Для определения отношения эффективностей регистрации быстрых нейтронов детекторами Д1 и Д2 проводилось измерение с добавочным листом кадмия перед Д1. Детекторы могут регистрировать нейтроны разного происхождения. Число отсчетов в канале на единицу времени в детекторах Д1 и Д2 можно записать следующим образом:

$$I_1(N) = I_1^t(N) + I_1^s(N) + I_1^b(N) + I_1^d$$

$$I_2(N) = I_2^s(N) + I_2^b(N) + I_2^d$$

Здесь N - номер канала, индекс внизу относится к номеру детектора
 I^t - тепловые нейтроны; I^s - надтепловые нейтроны спутников;
 I^b - надтепловые нейтроны постоянного фона; I^d - нейтроны, про-
 никающие через защиту детекторов. $I_1^t = 0$ при измерениях с доба-
 вочным листом кадмия перед первым детектором.

Для спутников была определена величина

$$C = \frac{I_1^s}{I_2^s} = (1,51 \pm 0,14).$$

Импульс мощности не рассматривался из-за просчетов анализатора при регистрации нейтронов из этого импульса.

Для диапазонов между спутниками была определена величина вида

$$C = \frac{I_1^b + I_1^d}{I_2^b + I_2^d} = (1,25 \pm 0,10).$$

Дальнейшие вычисления проводились следующим образом.

1. В областях между спутниками:

$$I(N) = I_1(N) - C_2 \cdot I_2(N) = I_1^t(N).$$

2. В областях спутников:

$$I(N) = I_1(N) - C_1 \cdot I_2(N) + (C_1 - C_2) \bar{I}_m = I_1^t(N),$$

где \bar{I}_m - средняя величина I_2 в следующем диапазоне между спутниками. После указанных операций ошибка определения I возрастает и имеет вид:

$$\Delta I = \sqrt{(\Delta I_1)^2 + C_2^2 (\Delta I_2)^2 + I_2^2 (\Delta C_2)^2}$$

в первом случае и

$$\Delta I = \sqrt{(\Delta I_1)^2 + C_2^2 (\Delta I_2)^2 + (C_1 - C_2)^2 (\Delta \bar{I}_m)^2 + I_2^2 (\Delta C_1)^2 + \bar{I}_m^2 [\Delta(C_1 - C_2)]^2}$$

во втором случае. Часть ошибок приведена на рис. 1в.

Образцом в измерениях служила пластина ванадия размером 150×100^2 мм, толщиной 1 мм. Непосредственно за пластиной ванадия находился лист кадмия такого же размера, так как кадмий часто служит экраном деталей держателя образца. Результаты измерения на таком образце приведены на рис. 1. Видно, что предложенный метод позволяет эффективно вычитать фон. На рис. 1в видно, что когда сателлит S_1 исчезает полностью, то появляется край фонного спектра ванадия. Обращают на себя внимание еще и низкие широкие пики перед первым сателлитом на рис. 1а и 1б. Происхождение их нам еще неясно. Можно предположить, что это остатки теплового максимума реакторного спектра, прошедшие через бериллиевый фильтр, так как положения максимумов этих пиков различаются перед прохождением через кадмий /рис. 1а/ и после прохождения через кадмий /рис. 1б/. Кадмиевый край начинается приблизительно на максимуме этого пика на рис. 1б.

3. Заключение

Метод кадмиевого фильтра между двумя детекторами позволяет эффективно учитывать фон надтепловых нейтронов и сателлитов при измерениях на импульсном реакторе ИБР-30. Хотя на стационарных реакторах сателлитов нет, но применение этого метода представляется интересным и для них. Как показывает пример сателлита S_1 , при таком методе могут появляться еще и новые эффекты, если они не слишком тонкие.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Ю.М. Останевича и А. Байорека за полезные дискуссии.

Литература

1. В.В. Голиков и др. Сообщение ОИЯИ, 3-5736, Дубна, 1971.
2. В.Д. Ананьев и др. Препринт ОИЯИ, 13-4395, Дубна, 1969.
3. И.И. Гуревич, Л.В. Тарасов. Физика нейтронов: низких энергий, "Наука", Москва, 1965, стр. 198.
4. А. Байорек и др. Препринт ОИЯИ, Р-1899, Дубна, 1964.

Рукопись поступила в издательский отдел
31 октября 1972 года.

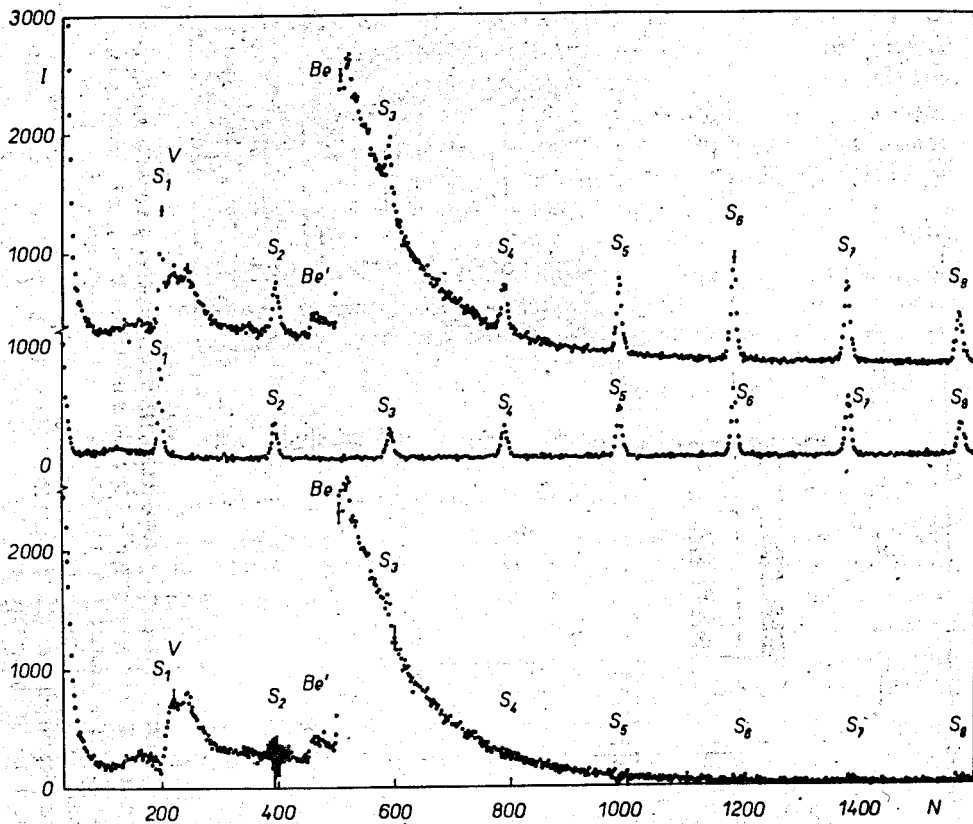


Рис. 1. Спектр нейтронов, рассеянных на образце V под углом 90° при $300^\circ K$. а/верхняя кривая - спектр, зарегистрированный детектором Д1 ; б/средняя кривая - спектр, зарегистрированный детектором Д2 ; в/нижняя кривая - результирующий спектр; $S_1, \dots - S_8$ - спутники ; Be и Be' - границы пропускания бериллиевого фильтра плоскостями $/100/$ и $/111/$ соответственно ; V - спектры неупругого рассеяния нейтронов на ванадии.

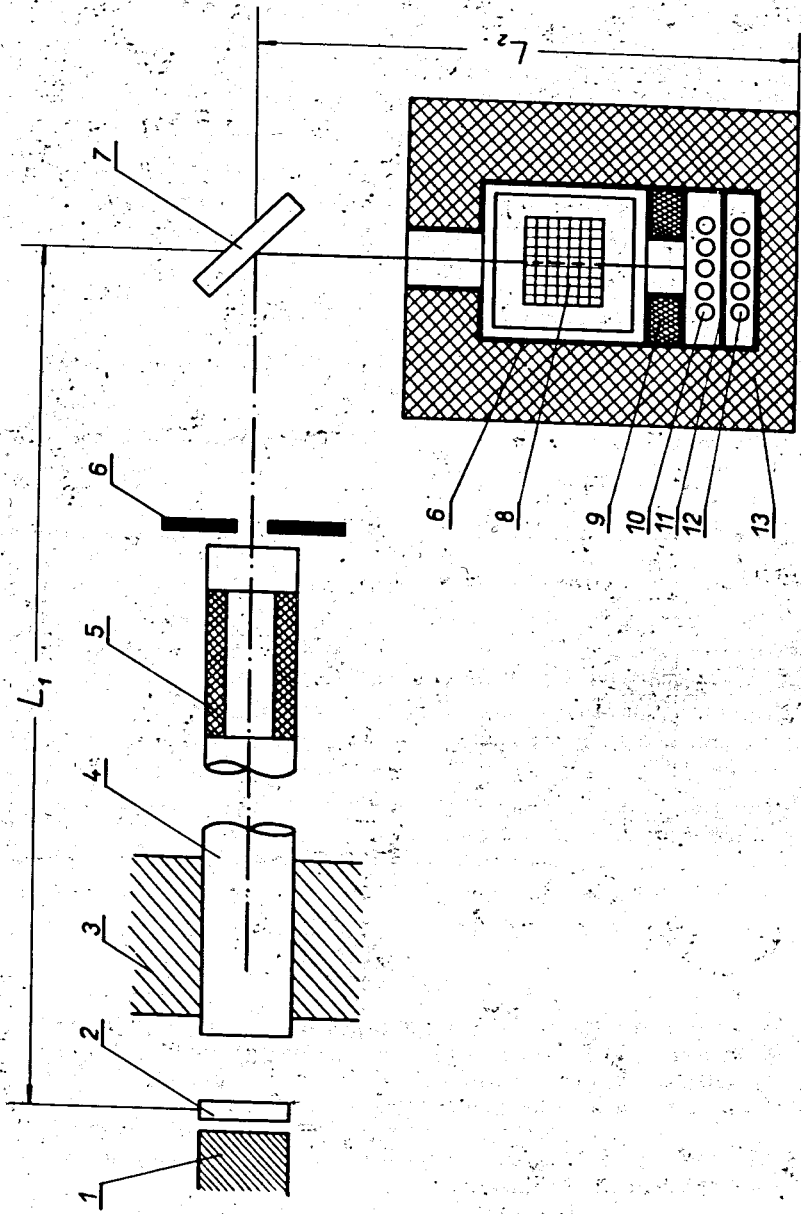


Рис. 2. Метод обратной геометрии с добавочным детектором и кадмиевым фильтром. 1 - активная зона реактора, 2 - замедлитель, 3 - стена реакторного зала, 4 - вакуумный нейтронвод, 5 - коллиматор, 6 - кадмий, 7 - образец, 8 - бериллиевый фильтр, 9 - коллиматор из парафина, карбида бора и кадмия, 10 - детектор Д1, 11 - кадмиевый фильтр, 12 - детектор Д2, 13 - водяная защита.