

14
P60



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

В.В. Голиков, Ф.Л. Шапиро, А. Шкатула, Ю. Яник

1065

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ С ХОЛОДНЫМИ НЕЙТРОНАМИ

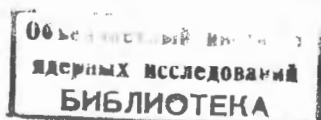
Дубна 1962 год

В.В. Голиков, Ф.Л. Шапиро, А. Шкатула, Ю. Яник

1065

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
С ХОЛОДНЫМИ НЕЙТРОНАМИ

Дубна 1962 год



В настоящее время исследования нейтронных спектров, возникающих при рассеянии холодных нейтронов, ведутся, как правило, на обычных реакторах непрерывного действия. Основная трудность таких экспериментов заключается в малой интенсивности рассеянного пучка холодных нейтронов. В настоящем сообщении описывается установка для измерений с холодными нейтронами, использующая импульсный реактор на быстрых нейтронах /ИБР/ Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований.

Эта установка позволяет получать поток холодных нейтронов, обеспечивающий интенсивность рассеянного пучка во много раз большую, чем на реакторах непрерывного действия с селекторами.

Реактор ИБР установлен в центре зала размерами 10 x 10 метров, стены и потолок которого служат защитой реактора. Активная зона реактора вместе с отражателем и органами регулирования имеет размеры примерно 25 x 25 см. Реактор генерирует нейтроны периодическими импульсами с полушириной около 36 мксек при частоте повторения 8,3 раза в секунду. Средняя тепловая мощность реактора равна 1 Квт; соответствующий средний выход нейтронов $4,5 \cdot 10^{13}$ сек⁻¹. Малая активная зона ИБР^а дает возможность значительно более эффективно использовать нейтроны, рождающиеся в реакторе, чем это доступно на обычных реакторах на тепловых нейтронах. Импульсное выделение мощности приводит к малой величине фона в окружающих помещениях во время измерений.

Для вывода нейтронных пучков в защите имеется несколько каналов, три из которых в настоящее время заняты установкой для опытов с холодными нейтронами.

Схема установки приведена на рис. 1. Быстрые нейтроны из реактора попадают на замедлитель, имеющий размеры 30 x 30 x 5 см³ и установленный на расстоянии 5 см от отражателя реактора.

В качестве замедлителя использовался парафин или этиловый спирт. Вплотную за замедлителем помещен блок поликристаллического бериллия размером 24 x 12 x 12 см³, являющийся фильтром холодных нейтронов. Расположение бериллия вплотную к замедлителю увеличивает поток холодных нейтронов в несколько раз по сравнению со случаем, когда бериллий находится вдали от замедлителя. Выигрыш в интенсивности связан с тем, что бериллий играет роль отражателя тепловых и быстрых нейтронов. Холодные нейтроны, для которых бериллий прозрачен, выводятся из глубины замедляющего блока "Замедлитель-бериллий", где плотность тепловых, а значит и холодных нейтронов, существенно выше, чем на краю голого замедлителя при отодвинутом бериллии. Расположение фильтра вплотную к замедлителю повышает примесь тепловых нейтронов к холодным, и с этой точки зрения невыгодно. Эту трудность можно в принципе обойти, оставив около замедлителя слой бериллия толщиной в несколько см и поместив остальную часть фильтра посередине между замедлителем и образцом.

Как бериллий, так и замедлитель находятся в пенопластовом криостате, заливка которого жидким азотом производится дистанционно из экспериментального зала. Охлажде-

ние замедлителя и бериллия до температуры жидкого азота увеличивает в 10 раз интенсивность холодных нейтронов. Заметим, что при использовании в качестве замедлителя этилового спирта интенсивность холодных нейтронов возрастает примерно на 30% по сравнению с замедлителем из парафина.

За криостатом на оси пучка на расстоянии 60 см от замедлителя и 35 см от конца бериллиевого фильтра находится платформа, на которой расположены образцы. Дистанционно можно вводить в пучок холодных нейтронов один из двух образцов и кадмиевую заслонку. Последняя служит для перекрывания пучка холодных нейтронов перед образцом с целью измерения фона, идущего на детектор.

Криостат и образцы со всех сторон окружены защитой, состоящей из кадмия и карбида бора толщиной 3 см.

Со стороны активной зоны криостат закрыт парафиновой стенкой для уменьшения фона быстрых нейтронов, идущих на образец. В защите криостата имеются три окна, позволяющие пропускать нейтроны, рассеянные на углы 75° и 30° , и выводить в экспериментальный зал прямой пучок нейтронов, прошедших через бериллиевый фильтр. Нейтроны, рассеянные на образце на угол 75° , проходят по коллимационной трубе, окруженной карбидом бора и кадмием и откачанной до давления ~ 1 мм рт.ст., через защитную стену зала реактора в экспериментальный зал, где расположен детектор. Пролетная база от образца до детектора может изменяться от 10 до 45 метров. Для защиты детектора от прямого пучка нейтронов и γ -лучей в зале реактора помещены свинец и парафин с бромом.

Для регистрации нейтронов используется сцинтилляционный детектор на основе смеси $ZnS(Ag) + B_2O_3$ /сцинтиллятор Т-1/.

Сцинтиллирующий порошок обладает наибольшей эффективностью для регистрации тепловых нейтронов при размере зерен 300 - 500 мк. Плоский слой такого порошка толщиной 0,7 мм /поверхностная плотность ~ 80 мг/см²/ имеет эффективность к тепловым нейтронам 20% при эффективности к γ -лучам $Co^{60} \sim 10^{-4}\%$. Благодаря большому световому выходу сцинтиллятора все захваченные бором нейтроны регистрируются - интегральная характеристика детектора имеет плато. Чтобы получить большую эффективность вместо естественного бора был использован бор, обогащенный изотопом B^{10} до 90%. Эффективность этого детектора к тепловым нейтронам 50%.

В настоящее время на установке используются два детектора с $ZnS(Ag) + B_2^{10}O_3$. При работе на длине пролета рассеянных нейтронов ~ 10 метров используется детектор площадью 300 см², собранный на одном фотоумножителе с диаметром фотокатода 200 мм /рис. 2а/. При больших пролетных базах используется детектор площадью 2000 см² /рис. 2б/, в котором при наличии воздушного световода 4 ФЭУ включены в схему отбора совпадений.

Схема совпадений уменьшает чувствительность детектора к γ -лучам, вызывающим сцинтилляции непосредственно в фотоумножителях, а также к шумам ФЭУ. Эффективность этого детектора к тепловым нейтронам всего лишь на 10% хуже, чем у детектора, в котором ФЭУ работают в непосредственном контакте со сцинтиллятором.

Одним из первых предварительных опытов на установке явилось изучение энергетического распределения пучка нейтронов, прошедшего фильтр.

На рис. 3 представлен спектр нейтронов после бериллия, измеренный на расстоянии 16 метров от криостата при помощи 256-канального временного анализатора. Как видно из рисунка, отношение эффекта к фону в области холодных нейтронов составляет 100:1, хорошо разрешены кристаллографические плоскости /101/, /100/ и /002/.

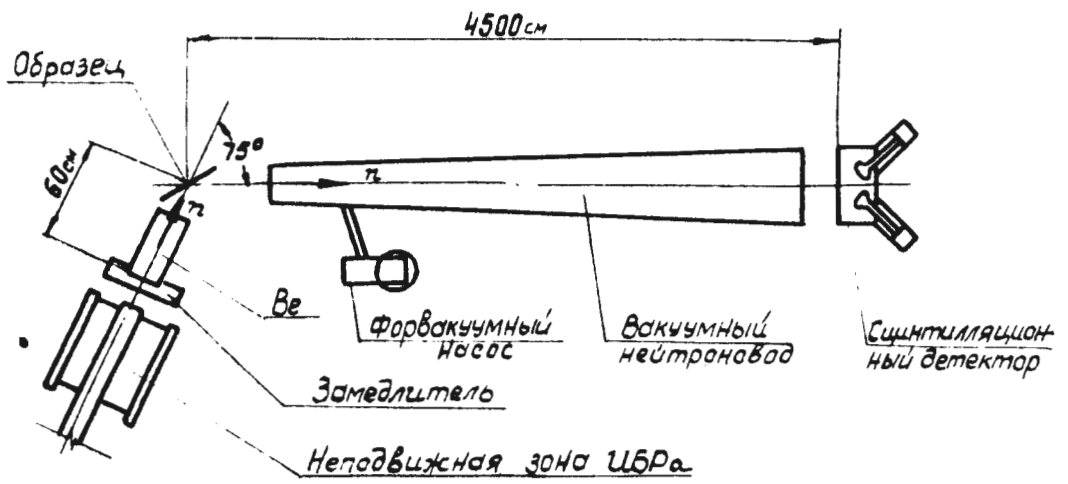
Видно также существование довольно большой компоненты тепловых нейтронов, составляющей ~ 20% холодных нейтронов. Ввиду большого просачивания тепловых нейтронов описываемая установка в ее нынешнем виде мало пригодна для изучения неупругого рассеяния холодных нейтронов и используется в настоящее время для изучения квазиупругого рассеяния на жидкостях.

Для определения основных характеристик установки в качестве образца использовался ванадий толщиной 6 мм и рабочей площадью 70 см^2 . На рис. 4 представлен спектр нейтронов, упруго рассеянных на ванадии на угол 75° , снятый при помощи детектора площадью 2000 см^2 и 256-канального временного анализатора с шириной канала 64 мксек. Расстояние от образца до детектора 45 метров. В максимуме пика холодных нейтронов мы имели ~ 4 отсчета/мин 64 мксек. Отношение эффекта к фону 3:1.

Временная полуширина наклона бериллиевой границы составляет ~ 100 мксек, т.е. разрешающая способность установки в области энергии 0,005 эв равна 0,5%. Наблюдаемый наклон бериллиевой границы в основном обусловлен временем жизни тепловых нейтронов в замедлителе.

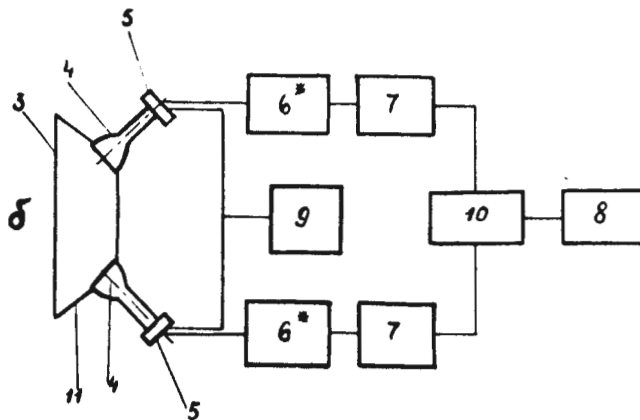
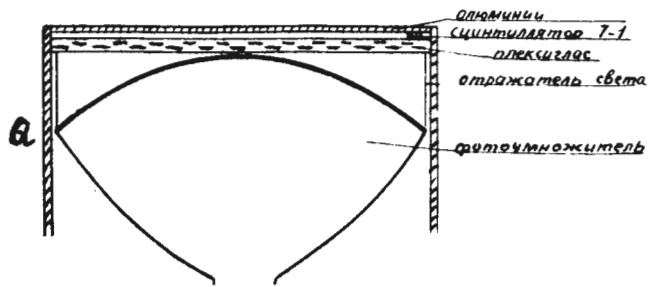
Как видно из приведенных результатов, ИБР является перспективной установкой для исследований с холодными нейтронами. Поток рассеянных нейтронов, полученный на описываемой установке, примерно в 10 раз больше при разрешающей способности в области холодных нейтронов в 5-10 раз лучшей по сравнению с другими аналогичными установками, работающими на реакторах с постоянной мощностью.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 августа 1982 г.



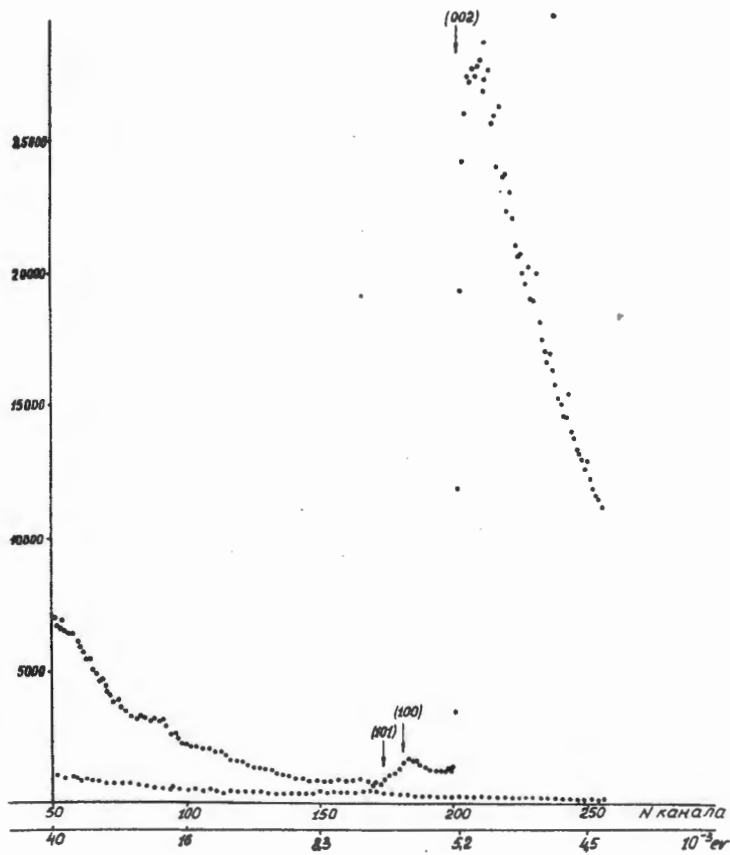
Р и с. 1.

Схема установки для измерений с холодными нейтронами.



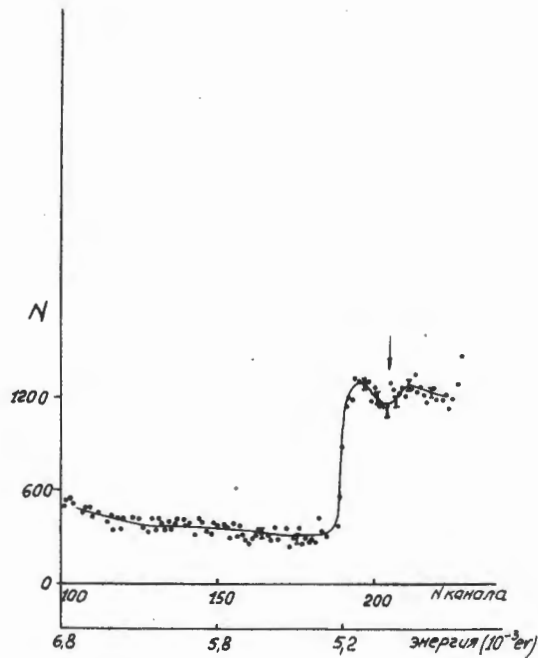
Р и с. 2.

а/ Схема детектора площадью 300 см^2 . б/ Блок-схема детектора площадью 2000 см^2 . 3-сцинтиллятор, 4-фотоумножитель, 5-катодный повторитель, 6^{*} -двухканальный сумматор и усилитель, 7- дискриминатор, 8-временной анализатор, 9-блок высокого напряжения. 10- схема совпадений, 11- световод и отражатель света/.



Р и с. 3.

Спектр нейтронов после бериллия, измеренный на расстоянии ~ 16 метров от криостата. Нижняя кривая - фон.



Р и с. 4.

Спектр нейтронов, упруго рассеянный на ванадии. Расстояние от образца до детектора ~ 45 метров. Ширина канала временного анализатора 64 мксек. Провал на кривой, отмеченный стрелкой, связан с наличием 6 мм алюминия на пути пучка.