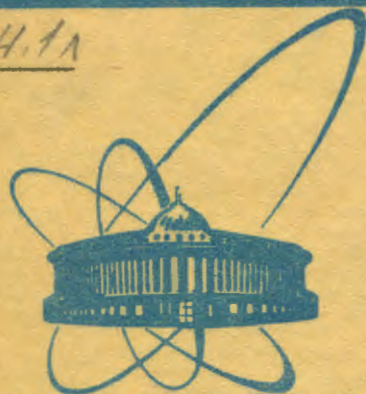


83-898

С344.11



**сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна**

1789/84

P14-83-898

**В.А.Вагов, А.Б.Кунченко,  
Ю.М.Останевич, И.М.Саламатин**

**УСТАНОВКА МАЛОУГЛОВОГО  
РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ  
ПО МЕТОДУ ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА  
НА ИМПУЛЬСНОМ РЕАКТОРЕ ИБР-2**

**1983**

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Метод малоуглового рассеяния нейтронов /МУРН/ в настоящее время широко применяется для решения структурных проблем физики твердого тела, биологии, коллоидной химии, физики полимеров, материаловедения/1-5/. Существующие установки МУРН/6-14/ базируются, как правило, на стационарных высокопоточных исследовательских реакторах, причем наиболее совершенные приборы оснащены холодным замедлителем. Характерными чертами таких установок являются высокие требования к коллимации нейтронного пучка при умеренной его монохроматизации. Определенными преимуществами перед установками на стационарных реакторах могут обладать установки МУРН на импульсных источниках нейтронов/15-17/. Применение метода времени пролета для определения длины волны нейтронов в этом случае позволяет избежать потерь светосилы, связанных с монохроматизацией.

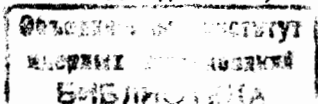
Первая такая установка была создана в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ на импульсном реакторе ИБР-30/18/. Она имела щелевую коллимацию, при средней мощности реактора 25 кВт на образец падал поток тепловых нейтронов  $10^5$  н/см<sup>2</sup>·с. После разработки и создания кольцевого многокритального <sup>3</sup>He-детектора медленных нейтронов/19/ установка была модернизирована и ее коллимация стала аксиально-симметричной. На этой установке была отработана методика малоуглового эксперимента, исследованы основные характеристики аксиально-симметричной геометрии ее исполнения/20,21/, опробованы основные узлы и детали, а также выполнен ряд работ/22-26/, подтвердивших принципиальную возможность проведения на ней структурных исследований.

С декабря 1982 года начались эксперименты на установке малоуглового рассеяния нейтронов, созданной на новом высокопоточном импульсном реакторе ИБР-2 в Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований в Дубне/27/.

## 2. КОНСТРУКЦИЯ УСТАНОВКИ

Установка малоуглового рассеяния нейтронов расположена на канале № 4 реактора ИБР-2. Основные ее узлы и детали схематично изображены на рис.1.

Ось канала образует угол 18° в горизонтальной плоскости с нормалью к поверхности гребенчатого замедлителя, являющегося



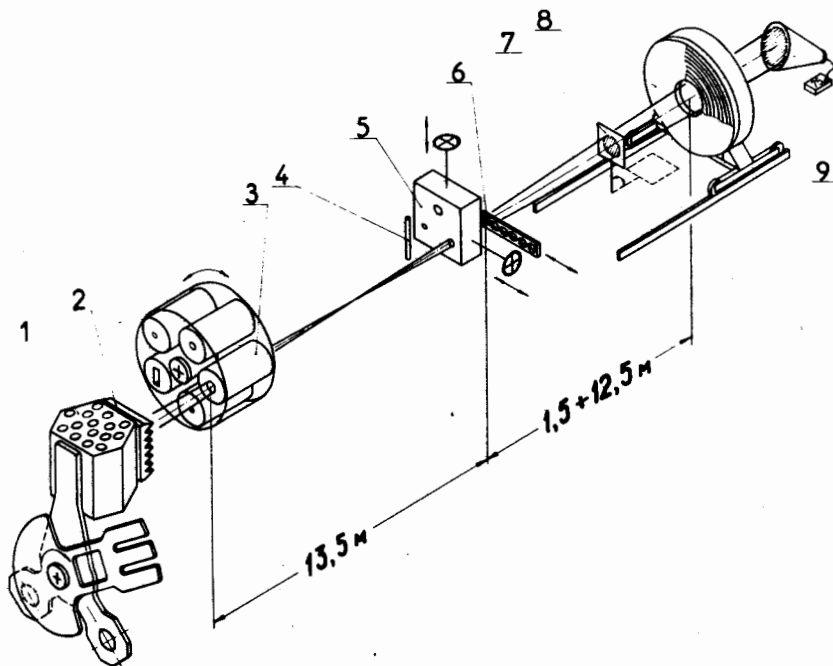


Рис.1. Основные узлы установки малоуглового рассеяния нейтронов по методу времени пролета. 1' - активная зона ИБР 2 с главными и дополнительными подвижными отражателями; 2 - гребенчатый замедлитель; 3 - сменный коллиматор K1; 4 - мониторный детектор; 5 - юстируемый коллиматор K2; 6 - образец; 7 - ванадиевый рассеиватель; 8 - кольцевой многокритальный детектор рассеянных нейтронов; 9 - детектор прямого пучка.

источником тепловых нейтронов и расположенного непосредственно у одной из граней активной зоны реактора. Нейтронотвод выполнен из стальных труб различного диаметра, вакуумированных до  $10^{-2}$  Тор. Он подключен к управляемой с пульта реактора централизованной системе вакуумирования, снабженной блокировкой, автоматически перекрывающей пучок с помощью механической заслонки /шибера/ при недостаточном вакууме. Цикл открытие-закрытие шибера занимает ~6 мин.

Расходимость нейтронного пучка задается двумя цилиндрическими коллиматорами K1 и K2 /рис.1/, расположенными на расстоянии 5,3 и 18,1 м от поверхности замедлителя. Коллиматор K1 - сменный, барабанного типа с коллимирующими вставками, имеющими внутренние диаметры 100; 80; 60 и 40 мм. Поворотом барабана можно дистанционно устанавливать в пучок одну из вставок. Коллиматор K2 - сменный, юстируемый, расположен внутри узла образца,

представляющего собой участок стальной трубы  $\varnothing$  800 мм, длиной 2 м, установленной на рельсах, что позволяет весь узел убрать из пучка. Конструкция K2 позволяет установить в пучок одно из трех отверстий диаметром 28; 14 или 7 мм и отъюстировать их положения и соосность с пучком в двух взаимно перпендикулярных направлениях с точностью  $\pm 0,1$  мм без разгерметизации нейтронотова. Вставки с коллимирующими отверстиями коллиматора K2 изготовлены из борированного полиэтилена, имеющего незначительную амплитуду когерентного рассеяния.

Имеется ряд дополнительных коллиматоров, препятствующих касанию стенок нейтронотова прямым пучком. Для коллимации  $\gamma$ -излучения в коллиматорах K1 и K2 есть свинцовые вкладыши общей толщиной ~40 см.

Все коллиматоры и наиболее ответственные детали защиты заполнены смесью полиэстера с карбидом бора или борной кислотой. В конструкции коллиматоров предусмотрены меры, исключающие появление нейтронов, зеркально отраженных от внутренних стенок коллиматора под малыми углами. Перед коллиматором K2 расположен монитор прямого пучка. Непосредственно за K2, также внутри узла образца, расположена камера образцов, сообщающаяся с атмосферой. От вакуумированного нейтронотова ее отделяют два съёмных окна, выполненных из ванадиевой фольги толщиной 0,2 мм.

В камере образцов установлен механизм смены образцов, позволяющий дистанционно, с помощью управляющей программы эксперимента, вводить в пучок один из шести образцов. Образец находится на расстоянии 18,74 м от поверхности замедлителя.

Держатель кассеты образцов снабжен каналами для циркуляции теплоносителя, что позволяет регулировать температуру образцов с помощью внешнего термостата в пределах  $-20 \pm 150^\circ\text{C}$ . Камера допускает герметизацию, продувку сухим воздухом от кондиционера или инертным газом, что необходимо для предотвращения конденсации влаги на образцах при пониженных температурах.

Кюветы для исследования растворов изготовлены из оптического кварца марки КУ-1. Для водных и тяжеловодных растворов используются, как правило, кюветы толщиной, соответственно, 1 и 2 мм. Внутренний диаметр кюветы выбирается в зависимости от количества имеющегося раствора, от выбора диаметра отверстия K2 и может быть размерами 32, 23, 16 и 8 мм. В сменную кассету образцов помещается до 6 кювет с раствором.

За образцом располагается камера детекторов, конструктивно выполненная из стальной трубы  $\varnothing$  1200 мм, длиной 12 м, внутренняя поверхность которой покрыта листовым кадмием толщиной 0,5 мм. В камере размещены рельсовый путь и два кольцевых многокритальных  $^3\text{He}$  детектора медленных нейтронов /19/ на тележках, снабженных электроприводом. Через центральные отверстия детекторов пропускается прямой пучок нейтронов. На расстоянии ~1,5 м от детектора со стороны реактора на тележке находится механизм привода ванадиевого рассеивателя, позволяющий по заданной программе

вводить в нейтронный пучок лист ванадия толщиной 0,3 мм. С помощью пульта управления, расположенного на рабочей площадке установки в экспериментальном зале ИБР-2, каждый детектор можно установить в одно из восьми фиксированных положений с известным расстоянием от образца до детектора. Оба кольцевых детектора имеют одинаковую конструкцию, но несколько отличаются по габаритам. Рабочий объем детектора с помощью концентрических медных перегородок - катодов разделен на 8 независимых детектирующих колец. По центру каждого кольца на тефлоновых опорах натянута вольфрамовая нить  $\varnothing$  25 мкм - анод. Высоковольтные вводы и преусилители размещены на тыловой стороне детектора и работают в вакууме. Состав газовой смеси детектора следующий: 2,5 атм  $^3\text{He}$  + 1,5 атм  $\text{Ar}$  + 20 Тор  $\text{CO}_2$ . В детекторе, изготовленном позднее, задняя стенка детектирующего объема покрыта гадолиниевой фольгой толщиной 0,15 мм для подавления эффектов обратного рассеяния нейтронов. Эффективность детектора для нейтронов с  $\lambda = 1,8 \text{ \AA}$  ~70%. Питание преусилителей, высоковольтное питание, выходные сигналы с преусилителей, сигналы для проверки преусилителей от внешнего генератора, а также питание двигателей привода тележки детектора и привода ванадиевого рассеивателя подаются к тележке детектора по многожильному экранированному гибкому кабелю, заключенному в броневую оболочку.

Для измерения пропускания исследуемых объектов разработан и изготовлен детектор прямого пучка. Он расположен по центру пучка на расстоянии 35,06 м от поверхности замедлителя.

Конструктивно детектор выполнен в виде вакуумированного дюралевого усеченного конуса с углом между осью конуса и его образующей  $15^\circ$ . Его верхняя сферическая дюралевая крышка-конвертор /радиус кривизны ~300 мм/, имеющая диаметр 300 мм, с внутренней стороны покрыта тонким /~10000  $\text{\AA}$ / слоем  $^6\text{LiF}$  и помещена в пучок.

На нижнем фланце конуса, вынесенном из пучка, укреплены 8 полупроводниковых поверхностно-барьерных детекторов, каждый из которых снабжен быстродействующим преусилителем /быстродействие одного канала ~1 МГц/.

Такая конструкция обеспечивает одновременно низкую эффективность регистрации /~ $10^{-4}$ /, высокую селективность к тепловым нейтронам и достаточную радиационную стойкость детектора.

Детектор снабжен электронной схемой коммутации, позволяющей по заданной программе изменять эффективность детектора во время регистрации одного импульса мощности реактора, путем подключения 8; 4; 2 или 1 полупроводникового детектора. Это позволяет избежать перегрузок в регистрирующей аппаратуре в области максимума мгновенной интенсивности.

Нейтронород на всем его протяжении в экспериментальном зале реактора окружен бетонной защитой толщиной 1 м. Вокруг узла образца оборудован защитный бункер с площадью, достаточной для проведения работ по сборке, юстировке, ремонту установки, а

также для замены кассет с образцами при проведении эксперимента. Доступ к узлу образца возможен только при закрытом шибере. Над защитой камеры детекторов находится рабочая площадка размером 4x12 м<sup>2</sup>. На ней расположена часть электронной аппаратуры установки и пульта управления детекторами и сменным коллиматором К1.

На расстоянии 44 м от реактора прямой пучок поглощается ловушкой из борсодержащего бетона.

### 3. ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Электронная аппаратура комплекса МУРН решает следующие основные задачи:

- накопление данных и их визуализация,
- управление экспериментальной аппаратурой,
- хранение накопленных результатов, их предварительная обработка и вывод в информационную сеть измерительно-вычислительного центра /ИВЦ/ ЛНФ/28/.

Эксперимент представляет собой ряд независимых измерений, порядок выполнения которых описывается с помощью списка заданий.

Каждое задание состоит из описания циклической последовательности экспозиций ряда образцов при двух возможных положениях ванадиевого рассеивателя. Длительность экспозиции, последовательность смены образцов и количество циклов также указаны в задании измерения.

Продвижение по списку заданий /их максимальное количество 100/ осуществляется автоматически.

Физическая информация поступает от 16 детектирующих колец двух детекторов рассеяния и накапливается в виде спектров. Кроме того, регистрируются сумма отсчетов мониторного детектора и число импульсов мощности реактора. В ходе эксперимента ведется постоянный контроль за основными параметрами физической установки, распознавание и обработка сбойных ситуаций. При запуске очередного измерения вначале происходит проверка достижимости механизмом перемещения образцов и механизмом ванадиевого рассеивателя заданных в текущем измерении позиций образцов и рассеивателя. Контролируется максимальный интервал времени, в течение которого смена образцов должна быть завершена.

Во время экспозиции образца контролируется наличие стартов реактора, уровень мощности, целостность линий связи, продолжительность экспозиции; осуществляется слежение за наличием образцов в рабочей позиции.

В экспериментальном зале ИБР-2 расположены узлы и устройства, являющиеся либо первичными источниками информации, либо исполнительными устройствами, выполняющими конкретные физические действия. К их числу относятся 17 детекторов нейтронов /16 детектирующих колец и монитор/, устройства управления механизмом перемещения образцов и линии связи.

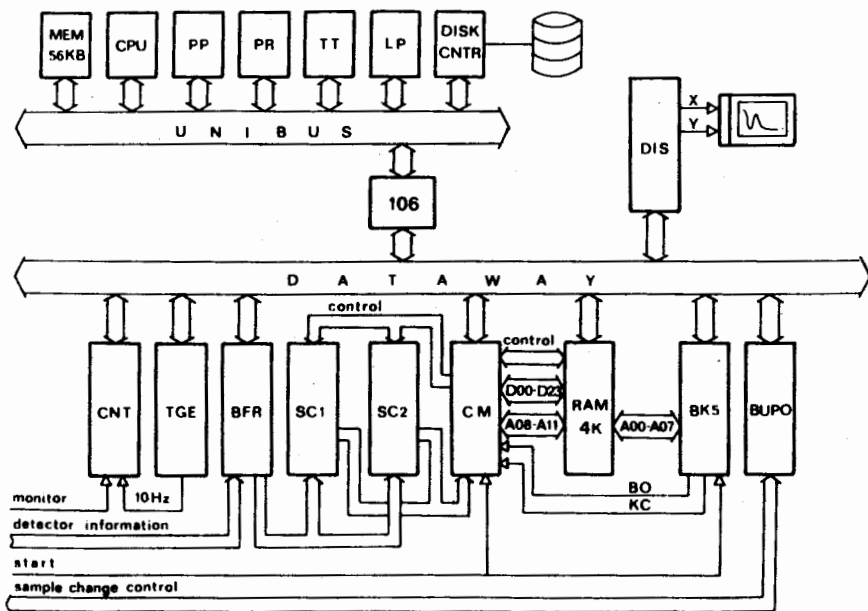


Рис.2. Структурная схема измерительного модуля установки МУРН.

Для экономии числа линий связи разработан быстродействующий кодировщик номера детектора, позволяющий передавать данные о событиях во всех детекторах по 6 коаксиальным кабелям длиной около 1000 м к аппаратуре измерительного модуля, расположенного в ИВЦ. Время обработки одного события в системе передачи информации составляет 0,2 мкс. Структурная схема измерительного модуля представлена на рис.2.

Модуль построен на базе мини-ЭВМ типа CM-3 с объемом ОЗУ 56 кб, укомплектованной стандартными устройствами ввода/вывода и накопителем на магнитном диске. Электронная аппаратура измерительного модуля, непосредственно связанная с физической установкой, выполнена в стандарте КАМАК и расположена в крейте, управляемом ЭВМ через контроллер крейта.

Для реализации эксперимента на электронном оборудовании установки МУРН создана прикладная операционная система MUR. Монитор этой системы вызывается как задача в рамках операционной системы RT-11V2B и при загрузке в память монополизирует все ресурсы, используя динамическое распределение памяти.

Система обеспечивает взаимодействие с оператором, а также имеет подсистему для обработки сбойных и аварийных ситуаций. На рис.3 представлен типичный экспериментальный спектр, выведенный на экран растрового дисплея измерительного модуля.

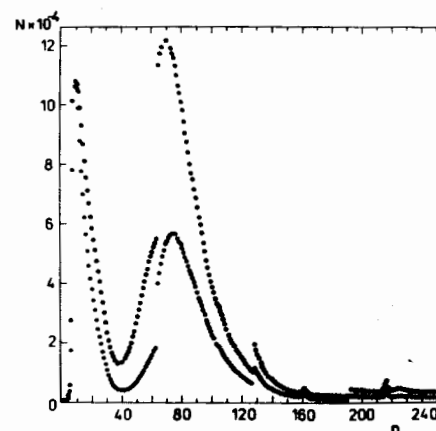


Рис.3. Спектр по времени пролета для двух образцов /раствор и растворитель/ для одного детектирующего кольца детектора рассеяния. Разрывы в спектре - следствие выбора различной ширины каналов в каждой из четырех временных групп /128, 256, 512 и 1024 мкс/.

Подробное описание электронной аппаратуры и программного обеспечения установки содержится в /29/.

#### 4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

В экспериментах, выполняемых по методу времени пролета, регистрируется интенсивность рассеянных нейтронов как функция времени /длины волны излучения  $\lambda$  /  $I(\lambda)$ . В описываемой установке происходит накопление 8 спектров по времени пролета, соответствующих различным углам рассеяния  $\theta$ .

Целью предварительной обработки результатов является извлечение из первичных экспериментальных данных закона рассеяния исследуемого объекта  $\Phi(\kappa)$ . ( $\kappa = 4\pi \sin \frac{\theta}{2} / \lambda$  - модуль волнового вектора рассеяния). Стандартная процедура измерений заключается в последовательной экспозиции в нейтронном пучке кюветы с раствором исследуемого образца S и того же образца с эталонным рассеивателем из ванадия V, полностью перекрывающим прошедший сквозь образец прямой пучок.

Для соответствующих интенсивностей имеют место соотношения:

$$I_{S,j}(\lambda) = I_0(\lambda) \cdot \epsilon_j(\lambda) \cdot [\sigma_S(\lambda, \theta_{S,j}) + \Phi(\lambda, \theta_{S,j})] \cdot \exp(-\Sigma_S l_S) \cdot \Omega_{S,j}, \quad /1/$$

$$I_{S+V,j}(\lambda) = I_{S,j} + I_0(\lambda) \cdot \exp(-\Sigma_S l_S) \cdot \epsilon_j(\lambda) \cdot \sigma_V(\lambda, \theta_{V,j}) \cdot \exp(-\Sigma_V l_V) \cdot \Omega_{V,j}, \quad /2/$$

где  $I_0(\lambda)$  - интенсивность нейтронов, падающих на образец,  $\epsilon_j(\lambda)$  - эффективность j-того детектора рассеяния,  $\sigma_S, \sigma_V$  - дифференциальное сечение рассеяния соответственно образца и ванадия,  $\Sigma_S, \Sigma_V$  - полное сечение образца и ванадия единичной толщины,  $\Phi(\lambda, \theta_{S,j})$  - суммарный фон от растворителя, кюветы и пустого пучка,  $l_S, l_V$  - толщина образца и ванадия,  $\Omega_{S,j}, \Omega_{V,j}$  - телесный угол, под которым соответственно с образца и рассеивателя виден j-тый детектор рассеяния,  $\theta_{S,j}, \theta_{V,j}$  - угол рассеяния нейтронов от образца и ванадия соответственно.

После коррекции измеренных  $I(\lambda)$  на мертвое время детекторов и регистрирующей аппаратуры из них образуются нормированные интенсивности:

$$i_S(\lambda, \theta_j) = \frac{I_{S,j}(\lambda) - C_{S,j}}{[I_{S+V,j}(\lambda) - I_{S,j}(\lambda) - (C_{S+V,j} - C_{S,j})] e^{\sum v \ell v}} \quad /3/$$

$C_j$  - постоянная составляющая спектра, связанная с наличием остаточной мощности реактора в промежутках между импульсами мощности и другими источниками постоянного во времени фона. Ее уровень находится из экспериментального спектра в области  $\lambda > 10 \text{ \AA}$ , где можно пренебречь интенсивностью нейтронов, связанных с основной вспышкой.

Множитель  $e^{\sum v \ell v}$  определен в независимом эксперименте и мало отличается от 1. Учет фонового рассеяния от растворителя, ковет и собственного фона установки  $i_\phi(\lambda, \theta_j)$  производится с помощью аналогичных операций для фонового измерения.

Приведем выражение для разности эффект-фон в  $\kappa$ -представлении для описанной процедуры обработки результатов:

$$i_S - i_\phi = i_j(\kappa) = \sigma_S(\kappa_{S,j}) \cdot \Omega_{Sj} / \sigma_V(\kappa_{V,j}) \cdot \Omega_{Vj} \quad /4/$$

В области  $\kappa_V = 0,1 \div 1,3 \text{ \AA}^{-1}$ , соответствующей условиям рассеяния на ванадии,  $\sigma_V(\kappa)$  с хорошей точностью можно считать константой. Поэтому /4/,  $\sigma_V$  с точностью до нормировочного множителя, совпадает с искомым законом рассеяния, измеренным в некотором интервале  $\kappa_S$ , который определяется используемым интервалом длин волн  $1/\lambda = 0,7 \div 4 \text{ \AA}^{-1}$ .

Аналогичные фрагменты закона рассеяния можно извлечь из данных каждого детектирующего кольца детектора рассеяния.

Большой массив данных  $i_j(\kappa)$ /их более 800 для 8 детекторов рассеяния/ можно сжать путем усреднения однотипных значений  $i(\kappa)_j$  с удобным для экспериментатора шагом  $\Delta\kappa$ .

Описанная процедура измерения и обработки практически свободна от подгоночных параметров и обладает долговременной стабильностью. Так, например, интенсивность рассеяния от растворов 50S рибосом, выраженная в "ванадиевых" единицах, оставалась постоянной с точностью  $2 \div 3\%$  в течение 6 мес. Наблюдаемый разброс по порядку величины соответствует погрешности определения концентрации растворов. О корректности учета фона с помощью такой процедуры свидетельствуют измерения малоуглового рассеяния от растворов линейных полимеров /ПМК/, в которых эффект превышает фон на 3-5%. Отметим также возможность контроля за взаимной согласованностью результатов, полученных от всех детектирующих колец, обусловленную тем, что каждое кольцо "видит" один и тот же закон рассеяния. Небольшие систематические отклонения возможны только за счет вклада от эффектов конечного углового разрешения.

## 5. ФУНКЦИЯ РАЗРЕШЕНИЯ

Наблюдаемый закон рассеяния  $\Phi(\kappa)$  описывается сверткой истинного закона рассеяния  $F(\kappa)$  с функцией разрешения прибора  $R(\kappa)$ :

$$\Phi(\bar{\kappa}) = \int F(\kappa) \cdot R(\kappa, \bar{\kappa}) d\kappa \quad /5/$$

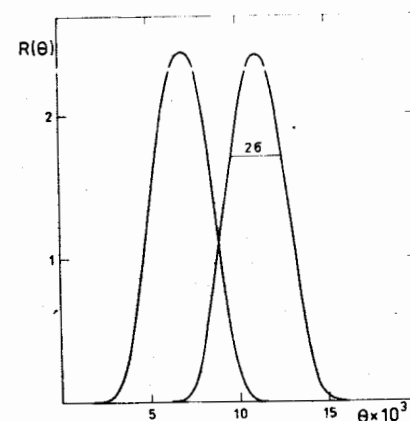
Одним из достоинств метода времени пролета является очень хорошее энергетическое разрешение. Поэтому  $R(\kappa)$  в /5/ можно заменить на  $R(\theta)$

$$\Phi(\bar{\kappa}) = \Phi(\kappa_0, \bar{\theta}) = \int F(\kappa_0, \theta) R(\theta, \bar{\theta}) d\theta \quad /6/$$

где  $R(\theta)$  - функция разрешения по углу,  $\kappa \approx \kappa_0 \theta$ ,  $\kappa_0 = 2\pi/\lambda$  - волновое число излучения.

Свойства функции разрешения установки малоуглового рассеяния нейтронов с аксиально-симметричной геометрией подробно описаны в /20, 21/.

Основные выводы из этих работ следующие: функция разрешения имеет форму, близкую к гауссовской с относительной дисперсией,  $\sigma_\kappa/\bar{\kappa} = /0,1 \div 0,2/$  /рис.4/. Ожидаемые от нее искажения закона рассеяния малы, и в первом приближении для их учета достаточно знать дисперсию  $\sigma_\kappa^2$ .



Иллюстрацией сказанного может служить изменение значений радиуса инерции  $R_g$  при учете конечного разрешения. Для 70S рибосомной частицы в  $H_2O/c = 2,2 \text{ мг/мл}$   $R_g$  при учете конечного разрешения изменился от  $88,3 \text{ \AA}$  до  $91,8 \pm 0,33 \text{ \AA}$ , т.е. примерно на 4%.

Рис.4. Вид функции разрешения для детектирующих колец 1 и 4. /Детектор 2, позиция 8/.

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные параметры установки малоуглового рассеяния нейтронов приведены в таблице. На рис. 5 и 6 представлены результаты измерений растворов белка TRANSFERRIN и дейтерированной 70S рибосомы.

Таблица

Параметры установки МУРН на ИБР-2

1. Поток тепловых нейтронов на образце\* при  $W = 4$  МВт,  $\Phi = 6,5 \cdot 10^7 \cdot R_1^2 / R_{1\max}^2$  н·см<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>; см.п.5.
2. Частота повторения импульсов мощности  $f = 5$  Гц.
3. Длина первой коллимирующей базы  $L_1 = 13,5$  м.
4. Расстояние детектор-образец  $L_2$ .

№ позиции	1	2	3	4	5	6	7	8
детектор 1								
$L_2$ , м	1,417	2,930	4,475	6,015	7,565	9,105	10,630	11,725
детектор 2								
$L_2$ , м	1,917	3,430	4,975	6,515	8,065	9,605	11,130	12,225

Радиус центрального отверстия детектора 1 - 100 мм; детектора 2 - 40 мм.

5. Радиус коллиматора K1 -  $R_1 = 20; 30; 40; 50$  мм.
6. Радиус коллиматора K2 -  $R_2 = 3,5; 7; 14$  мм.
7. Внутренний  $R_3$  и внешний  $R_4$  радиусы детектирующих колец.

№ детектирующ. кольца	1	2	3	4	5	6	7	8
детектор 1								
$R_3/R_4$ мм	123 153	153 183	183 213	213 243	243 274	274 304	304 334	334 364
детектор 2								
$R_3/R_4$ мм	65 85	85 106	106 127	127 148	148 168	168 190	190 211	211 232

8. Диапазон используемых длин волн  $\lambda - 0,7 \div 4$  Å.
9. Диапазон переданных импульсов  $\kappa - 8 \cdot 10^{-3} \div 2,0$  Å<sup>-1</sup>.
10. Относительная дисперсия функции разрешения  $\Delta\kappa/\kappa$ .

№ детектирующ. кольца	1	2	3	4	5	6	7	8
детектор 1	0,1237	0,1023	0,0871	0,0759	0,0676	0,0600	0,0544	0,0508
детектор 2	0,1623	0,1305	0,1077	0,0917	0,0792	0,0715	0,0632	0,0557

Вычисления произведены для следующих условий:  
детектор 1 - позиция № 6,  $R_1 = 30$  мм,  $R_2 = 14$  мм;  
детектор 2 - позиция № 8,  $R_1 = 20$  мм,  $R_2 = 7$  мм.

\* Измерено по активации золота при  $W = 400$  кВт.

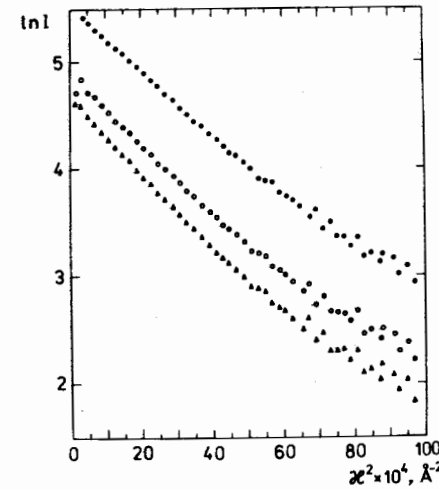


Рис.5. Зависимость интенсивности рассеяния нейтронов от модуля вектора рассеяния в представлении Гинье. ● - PIG TRANSFERRIN в D<sub>2</sub>O,  $c = 25$  мг/мл. ○ - PIG TRANSFERRIN в D<sub>2</sub>O,  $c = 12,5$  мг/мл. ▲ - HUMAN TRANSFERRIN в D<sub>2</sub>O,  $c = 10$  мг/мл. Измерено за 4 ч.

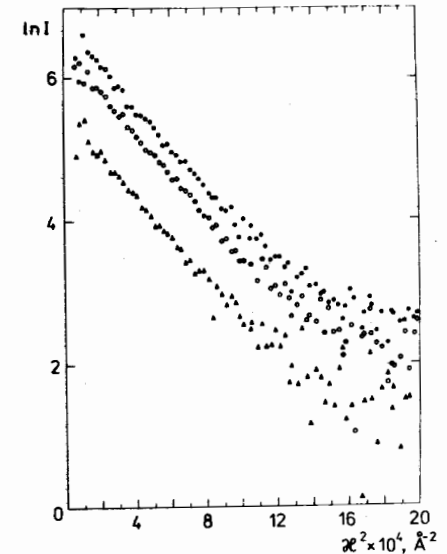


Рис.6. Зависимость интенсивности рассеяния нейтронов от модуля вектора рассеяния в представлении Гинье. Дейтерированная 70S рибосома,  $c = 2,2$  мг/мл. ● - в H<sub>2</sub>O. ○ - в 40% D<sub>2</sub>O, ▲ - в 60% D<sub>2</sub>O. Измерено за 6 ч.

Авторы считают своим долгом отметить труд коллектива сотрудников Лаборатории нейтронной физики, принявших участие в создании установки малоуглового рассеяния нейтронов на ИБР-2. Это Б.Н.Ананьев, В.А.Архипов, В.Ю.Беззаботнов, Г.Ф.Жиронкин, Е.П.Козлова, М.Л.Коробченко, В.И.Лазин, Ю.Намсрай, Е.Я.Пикельнер, М.Салок, А.И.Секирин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Jacrot B. Rep. Prog. Phys., 1976, 39, p.911.
2. Останевич Ю.М., Сердюк И.Н. УФН, 1982, 137, с.85.
3. Bendedouch D. et al. J.Chem.Phys., 1982, 76, p.5022.
4. Де Жен П. Идеи скейлинга в физике полимеров. "Мир", М., 1982.
5. Neutron Scattering, vol.15 of Treatise on Materials Science and Technology. (Ed. by Kostorz G.). Academic, Press New York, 1979.
6. Schelten J. Kerntechnik, 1972, 14, p.86.
7. Nunes A.C. Nucl.Instrum. Meth., 1973, 108, p.189.
8. Schmatz W. et al. J.Appl.Cryst., 1974, 7, p.96.

9. Galotto C.P. et al. Nucl.Instrum.Meth., 1976, 134, p.369.
10. Koehler W.C., Hendricks R.W. J.Appl.Phys., 1979, 50(3), p.1951.
11. Агамалян М.М., Драбкин Г.М., Отчик Я.М. Препринт ЛИЯФ-470, 1979.
12. Mildner D.F.R. et al. J.Appl.Cryst., 1981, 14, p.370.
13. Komura S. et al. In: Proc.Yamada Conf. 1982, Physica, 1983, 120B, p.122.
14. Farnoux B., Cribier D., ibid., p.31.
15. Гладких И. и др. ОИЯИ, 3-7655, Дубна, 1974.
16. Гладких И., Останевич Ю.М., Чер Л. ОИЯИ, P3-8589, Дубна, 1975.
17. Carpenter J.M., Faber J., Jr. J.Appl.Cryst., 1978, 11, 464.
18. Воронов Б.И. и др. ОИЯИ, 14-9451, Дубна, 1976.
19. Ананьев Б.Н. и др. ОИЯИ, 3-11502, Дубна, 1978.
20. Гладких И.А. и др. ОИЯИ, P3-11487, Дубна, 1978.
21. Козлова Е.П., Останевич Ю.М., Чер Л. ОИЯИ, P14-12073, Дубна, 1979.
22. Cser L. et al. Immunol.Lett., 1980, 1, p.185.
23. Cser L. et al. Colloid and Polymer Sci, 1981, 259, p.625.
24. Cser L. et al. Eur.J.Biochem., 1981, 116, p.109.
25. Plestil J. et al. Polymer Bulletin, 1981, 4, p.225.
26. Главата Д и др. ОИЯИ, 14-82-804, Дубна, 1982.
27. Ananiev V.D. et al. In: Inst.Phys.Conf.Ser., 1983, 64, p.497.
28. Жуков Г.П. В сб. "IV школа по нейтронной физике", ОИЯИ, ДЗ, 4-82-704, Дубна, 1982, с.292.
29. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, P10-80-826, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 декабря 1983 года

Вагов В.А. и др.

P14-83-898

Установка малоуглового рассеяния нейтронов по методу времени пролета на импульсном реакторе ИБР-2

Описана установка малоуглового рассеяния нейтронов, ориентированная на решение структурных проблем физики твердого тела, биологии, коллоидной химии, физики полимеров, материаловедения. Ее отличительными особенностями являются: 1. Использование импульсного высокопоточного реактора ИБР-2 в качестве источника нейтронов. 2. Применение метода времени пролета для определения длины волны нейтронов. 3. Использование кольцевого многонитевого  $^3\text{He}$  детектора для регистрации рассеянных нейтронов. Поток тепловых нейтронов на образце, приведенный к проектной мощности реактора  $W = 4$  МВт, достигает  $6,5 \times 10^7$  н·см $^{-2}$ ·с $^{-1}$ . Диапазон используемых длин волн нейтронов  $\lambda = 0,7 \pm 4$  Å. Диапазон переданных импульсов  $k = 8 \times 10^{-3} \pm 2,0$  Å $^{-1}$ . Описана конструкция установки, ее электронная аппаратура и программное обеспечение управляющего модуля. Дано описание процедуры предварительной обработки результатов. Приведены основные характеристики функции разрешения прибора. В качестве иллюстрации представлены результаты измерений некоторых растворов.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Vagov V.A. et al.

P14-83-898

Small-Angle Neutron Scattering Installation Based on Time-of-Flight Method on IBR-2 Reactor

Small-angle neutron scattering installation oriented on solving the structural problems of solid state physics, biology, colloid chemistry, physics of polymers, study of materials is described. Its specific properties are as follows: 1. the use of IBR-2 high flux pulsed reactor as a neutron source; 2. the use of time-of-flight method for determining the neutron wavelength; 3. the use of ring-like multiwire  $^3\text{He}$  neutron detector for counting scattered neutrons. The thermal neutron flux on a sample of project reactor power  $W = 4$  MW is  $6.5 \times 10^7$  n·cm $^{-2}$ ·s $^{-1}$ . The range of used neutron wavelengths is  $\lambda = 0.7 \pm 4$  Å. The range of transferred wave-vector is  $k = 8 \times 10^{-3} \pm 2.0$  Å $^{-1}$ . The design of small-angle installation, its electronics, software of the control module, experimental data preliminary processing procedures are described. The main properties of resolution function are presented. As an illustration, the scattering data from some solutions are given.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой