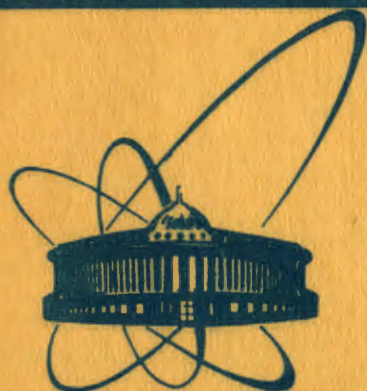


83-687

26/XV-83



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

6744/83

P14-83-687

Л.П.Дрекслер, К.Клейнштюк*, И.Тобиш*,
К.Фельдманн

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО
ТЕКСТУРНОГО АНАЛИЗА
НА ОСНОВЕ МЕТОДА ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА
НЕЙТРОНОВ

* Технический университет, Дрезден, ГДР

1983

1. ВВЕДЕНИЕ

В работе^{/2/} рассмотрены геометрические условия проведения количественного текстурного анализа с применением сферических образцов. На практике чаще всего пользуются образцами в форме листа. В этой части работы рассмотрены геометрические условия, необходимые при использовании таких образцов.

2. ВЫБОР ЩЕЛИ КОЛЛИМАТОРА ДЛЯ ПАДАЮЩЕГО ПУЧКА ПРИ РАБОТЕ С ОБРАЗЦАМИ В ФОРМЕ ЛИСТА

В отличие от случая сферического образца вращение образца, имеющего форму листа, вокруг осей I(Ω), III(ϕ) приводит к существенному изменению исследуемого объема. Падающий параллельный пучок нейтронов проектируется на поверхность образца в виде эллипсов, главные оси которых при изменении углов Ω и ϕ меняют свой размер и свое положение относительно системы координат образца. Выбор щели коллиматора в этом случае ограничен двумя необходимыми условиями: с одной стороны, достаточно большой рассеивающий объем должен полностью охватываться счетчиком, с другой стороны, для измерения полной полюсной фигуры должна существовать достаточно большая область изменения углов при использовании как схемы на пропускание, так и схемы на отражение нейтронов.

2.1. Измерение по схеме на пропускание для листового образца

При измерении на пропускание входную щель b_1 /рис.1/ нужно выбирать таким образом, чтобы выполнялось условие:

$$Y_1 + Y_2 = b_1' \leq 2R_z, \quad /1/$$

где $2R_z$ - диаметр входного окна счетчика. Используя соотношение, следующие из рисунка:

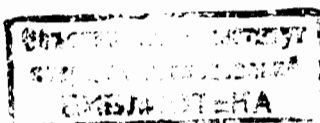
$$x_1 = b_1 / \cos \alpha',$$

$$Y_1 = x_1 \cdot \cos \beta,$$

$$x_2 = d / \cos \alpha',$$

$$Y_2 = x_2 \cdot \sin 2\theta,$$

$$\beta = 2\theta - \alpha',$$



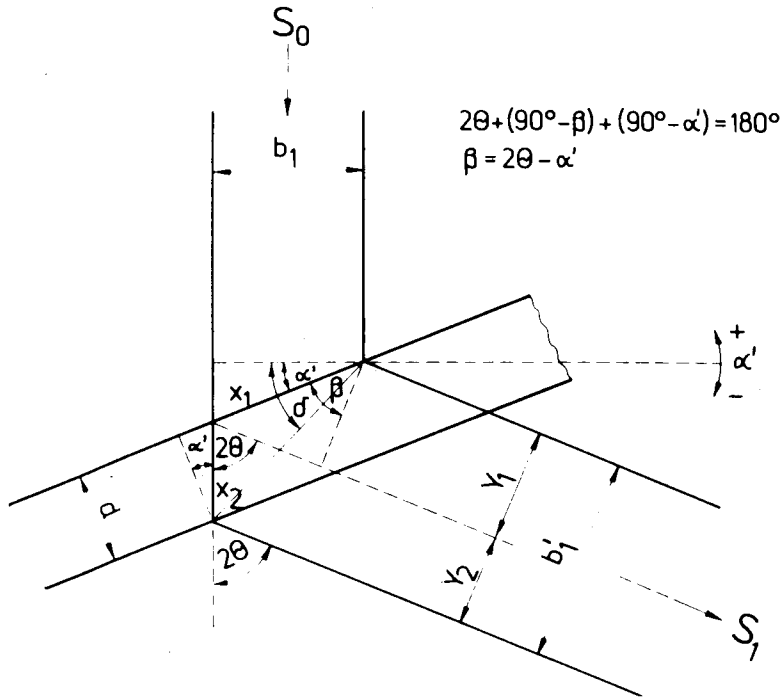


Рис.1. Геометрия схемы измерений на пропускание при использовании листового образца.

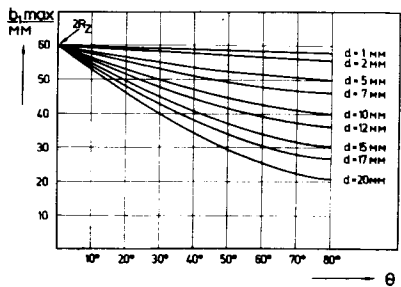


Рис.2. Максимально допустимая величина щели для падающего пучка в схеме на пропускание для листового образца.

/d - толщина исследуемого образца/, можно получить формулу для максимальной щели:

$$b_1^{\max} = [2R_z - d \cdot \sin 2\theta / \cos \alpha'] \cdot \cos \alpha' / \cos (2\theta - \alpha'). \quad /2/$$

Из формулы /2/ видно, что при $\alpha' = \theta$, то есть при измерении экватора полюсной фигуры, требуется максимальное ограничение размера падающего пучка. На рис.2 изображен максимально допустимый размер щели для падающего пучка b_1^{\max} в зависимости от θ для практически возможных значений толщины d образца. Как видно из рис.2,

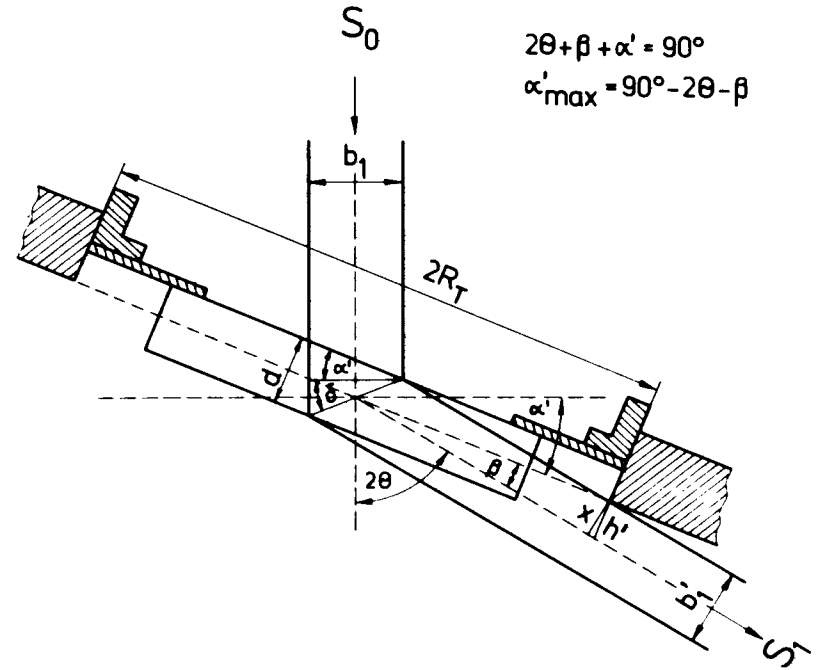


Рис.3. Граничные геометрические условия в случае пропускания при использовании листового образца.

при $\theta = 45^\circ$ и толщинах образца $d \leq 15$ мм размер щели $b_1^{\max} \geq 40$ мм. Эта величина должна выбираться с учетом ее влияния на максимально допустимую область изменения углов $(\Delta \Omega)_{\max}$ полюсной фигуры. Введем вспомогательный угол δ /см. рис.1 и 3/, для которого выполняется соотношение /рис.4/

$$\operatorname{tg} \delta = (d / b_1 \cdot \cos \alpha') - \operatorname{tg} \alpha', \quad /3/$$

из которого получается выражение для ширины падающего на счетчик рассеянного пучка:

$$b_1' = 2x = b_1 \cdot \cos (2\theta - \delta) / \cos \delta. \quad /4/$$

Используя соотношения

$$\operatorname{tg} \beta = h' / R_T; \quad \cos \beta = x / h',$$

получим уравнение, аналогичное формуле /7/ работы /2/:

$$h' = x \cdot R_T / \sqrt{R_T^2 - x^2}.$$

Рис.4. Вспомогательный угол δ в зависимости от отношения d/b_1 и α'_{\max} .

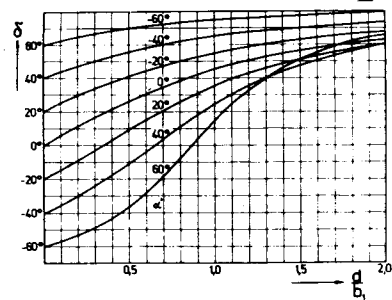
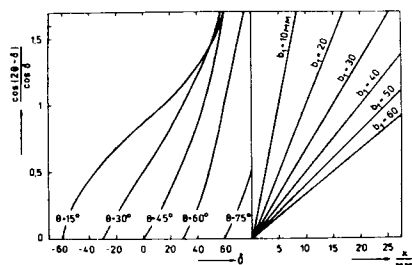


Рис.5. Номограмма для определения x для различных значений δ .

Эти уравнения идентичны при замене R на x . Различие состоит в том, что R для данного сферического образца - величина постоянная, в то время как x для образца в форме листа зависит от угла α' . Оценим сначала величину α'_{\max} . Примем в первом приближении

$$x = x_0 = b_1^{\max} / 2,$$

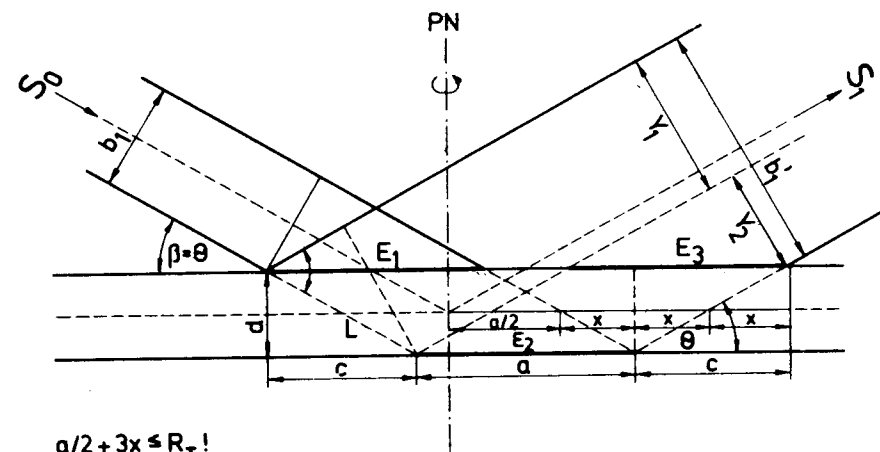
где b_1^{\max} - изображенный на рис.2 допустимый размер падающего пучка для образца толщиной d при выбранном брегговском угле θ . Полагая $x_0 = R$, получают из номограммы /рис.5^{2/}/ максимально допустимую область измерения углов $(\Sigma\Delta\Omega)'_{\max}$, из которой определяют /формула /5^{1/2/}/ α'_{\max} :

$$\alpha'_{\max} = (\Sigma\Delta\Omega)'_{\max} - \theta.$$

Далее, пользуясь рис.4 для данного отношения d/b_1 , определяют вспомогательный угол δ , зная который, из номограммы рис.5 находят поправочное значение $x = x_1$. Полагая $x_1 = b_1$, возвращаясь к номограмме на рис.5^{2/}, находят искомое значение допустимой области измерения углов полярной фигуры $(\Sigma\Delta\Omega)_{\max}$.

2.2. Измерение по схеме на отражение с применением листовых образцов

При использовании схемы на отражение правильный выбор щели коллиматора особенно важен, так как малые углы падения первичного пучка приводят к экстремально высокому искажению отраженного пучка. Для наглядности рассмотрим сначала случай $\phi = 0^\circ$, представленный на рис.6. Параллельный падающий пучок S_0 диаметром b_1 проектируется на переднюю поверхность образца в виде эллипсов E_1 и на обратную сторону образца в виде эллипсов E_2 .



$$a/2 + 3x \leq R_T!$$

Рис.6. Определение максимального размера щели для падающего пучка b_1^{\max} в схеме на отражение при $\phi = 0^\circ$.

Гарантией того, что все излучение, отраженное от образца в виде эллипсов E_2 , попадет в детектор, является такой размер держателя для образцов, для которого /см.рис.6/

$$a/2 + 3x \leq R_T. \quad /6/$$

Диаметр образца D должен иметь тот же размер, либо меняться в пределах $2a \leq D \leq 2R_T^{\max}$. $2R_T^{\max}$ - заданный конструкцией гониометра внутренний диаметр держателя образцов, то есть максимально допустимый диаметр образца. Учитывая, что

$$a = b_1 / \sin \theta; \quad c = d / \tan \theta; \quad x = c / 2,$$

используя условие /6/

$$a/2 + 3x \leq R_T,$$

для экспериментально заданных значений R_T , d и θ получаем выражение для b_1^{\max} :

$$b_1^{\max} = 2R_T \sin \theta - 3d \cos \theta. \quad /7/$$

Поперечный размер отраженного пучка $S_1 = Y_1 + Y_2$ может быть не больше, чем размер входного окна счетчика $2R_z$. Имеют место следующие соотношения /см.рис.6/:

$$L = d / \sin \theta, \quad Y_1 = L \cdot \sin 2\theta, \quad Y_2 = a \cdot \sin \theta.$$

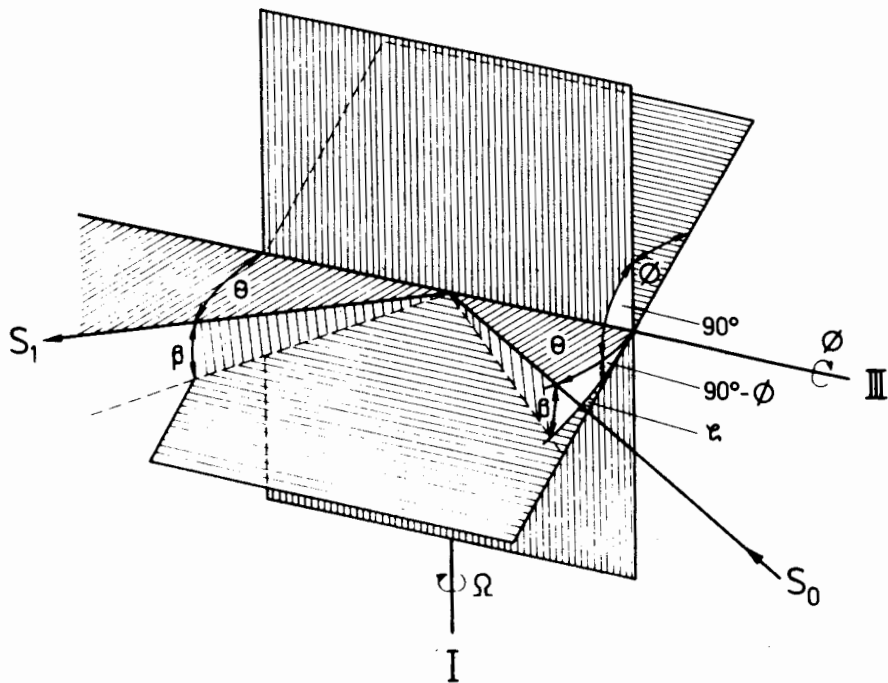


Рис.7. Определение максимального размера щели b_1^{\max} в схеме на отражение при наклоне образца на угол $\phi > 0^\circ$.

С учетом требования $b_1^{\max} \leq 2R_T$ получаем:

$$b_1^{\max} = 2R_T - 2d \cos \theta. \quad /8/$$

Если образец наклоняют на угол $\phi > 0$, то угол падения первичного пучка относительно поверхности образца уменьшается, большие полуоси эллипсов E_1, E_2, E_3 сильно увеличиваются и сдвигаются относительно положения $\phi = 0^\circ$. Из рис.7 видно, что при заданном угле θ при наклоне образца на угол ϕ углы ξ и β изменяются. При $\phi = 0^\circ$ β имеет максимальное значение и ξ - минимальное, при этом

$$\beta^{\max} = \theta.$$

Для сферического треугольника, показанного на рис.7, можно вывести следующие угловые соотношения:

$$\sin \beta = \sin \theta \cdot \cos \phi, \quad /9/$$

$$\operatorname{tg} \xi = \sin \phi \cdot \operatorname{tg} \theta. \quad /10/$$

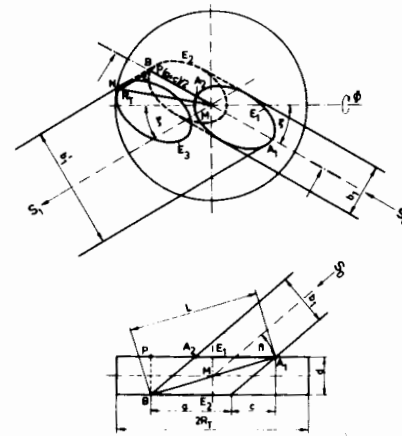
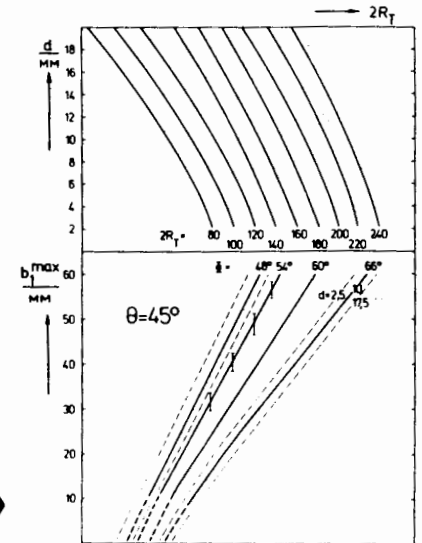


Рис.9. Номограмма для определения b_1^{\max} в случае отражения для листового образца при $\theta = 45^\circ$.

Рис.8. Геометрические условия в схеме на отражение для листового образца при наклоне на угол $\phi > 0^\circ$.



С учетом конечного размера образца и падающего пучка, используя соотношения /7/ и закон косинуса для треугольника MNP на передней стороне образца /8/, можно вывести уравнение для определения максимально допустимого размера падающего пучка:

$$b_1^{\max} = -d(1 + 2\cos 2\xi) \cos \beta + \sqrt{[d(1 + 2\cos 2\xi) \cos \beta]^2 - d^2(5 + 4\cos 2\xi) \cos^2 \beta + (2R_T)^2 \sin^2 \beta}. \quad /11/$$

b_1^{\max} определяется параметрами, заданными конструкцией гониометра и образца: $2R_T, d, \theta$ и ϕ . Все эти параметры взаимосвязаны, и для выбора оптимальных размеров падающего пучка для текстурных исследований b_1^{\max} варьировался по четырем параметрам для выбранных для экспериментов значений:

θ	от 15° до 75° ,	$\Delta \theta = 15^\circ$,
ϕ	от 30° до 84° ,	$\Delta \phi = 6^\circ$,
d	от 2,5 мм до 17,5 мм,	$\Delta d = 2,5$ мм,
$2R_T$	от 80 мм до 240 мм.	$\Delta 2R_T = 20$ мм.

Результаты представлены на рис.9 для $\theta = 45^\circ$. При толщине $d = 10$ мм b_1^{\max} соответствует сплошная линия, при других толщинах - пунктирная или точки, показывающие, с какой точностью

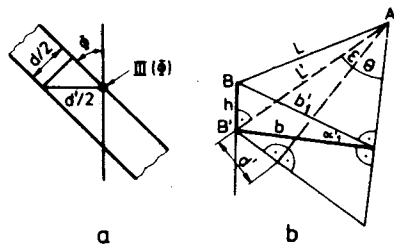
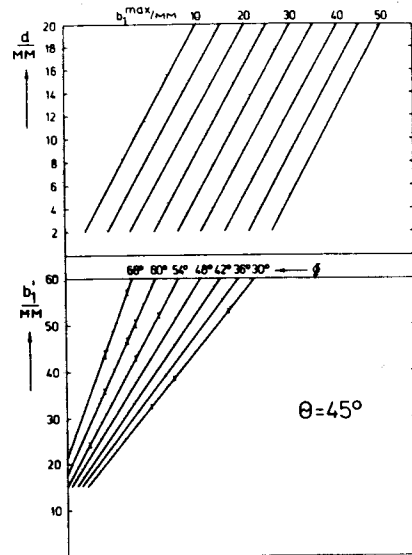


Рис.10. Геометрические условия для определения максимального размера падающего пучка в схеме на отражение для листового образца.

Рис.11. Номограмма для проверки выполнимости условия $b'_1 \leq 2R_z$.



в этом случае находится b_1^{\max} . Предлагается следующий путь определения b_1^{\max} . Для известного μd и θ из рис.3^{2/2} определяется максимально допустимый угол ϕ_{\max} с условием, что поправки для интенсивности должны быть невелики/, а затем используется рис.9. После нахождения b_1^{\max} необходимо проверить, не превышает ли размер отраженного пучка $2R_z$ размера входного окна счетчика. Учитывая соотношения, следующие из рис. 7,8,10,

$$\begin{aligned} \sin \beta &= \sin \theta \cdot \cos \phi, & d' &= d / \cos \phi, \\ a &= b_1 / \sin \beta, & L^2 &= (a + c)^2 + d^2, \\ c &= d / \operatorname{tg} \beta, & h &= b_1 \cdot \sin \phi / \cos \beta, \\ L' &= L^2 - h^2, & \sin \epsilon &= d' / L', \\ b &= L' \cdot \sin (\theta + \epsilon), & \operatorname{tg} \alpha' &= h / b. \end{aligned}$$

можно записать для b'_1 :

$$b'_1 = b / \cos \alpha' = f(\theta, \phi, b_1^{\max}, d). \quad /12/$$

Учтем, что все отраженное излучение должно охватываться счетчиком:

$$b'_1 \leq 2R_z. \quad /13/$$

Для практической проверки условия /10/ были вычислены b'_1 вариацией четырех параметров:

$$\begin{aligned} \theta &- \text{от } 15 \text{ до } 75, & \Delta \theta &= 15, \\ \phi &- \text{от } 30 \text{ до } 72, & \Delta \phi &= 6, \\ b_1^{\max} &- \text{от } 10 \text{ мм до } 50 \text{ мм}, & \Delta b_1^{\max} &= 10 \text{ мм}, \\ d &- \text{от } 2,5 \text{ мм до } 20 \text{ мм}, & \Delta d &= 2,5 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Результаты представлены на рис.11 для $\theta = 45^\circ$.

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАТОРАМ И РЕЗЮМЕ

Для практической работы с образцами в форме листа рекомендуется следующий путь определения оптимальных параметров.

1/ Определить μd и оценить допустимую область углов измерения полюсной фигуры для пропускания и отражения, используя рис.3^{2/2}. При этом необходимо учитывать, что большие поправки в случае пропускания приводят к большим погрешностям.

2/ Зная максимальный угол наклона ϕ_{\max} , можно для известного размера входного окна счетчика $b_1^{\max} = 2R_z = 60$ мм и измеренной толщины d образца из рис.11 найти максимально допустимый размер падающего пучка.

3/ С помощью рис.9 проверить для определенного вышеописанным способом значения b_1^{\max} возможность его реализации в измерениях на отражение, исходя из данных размеров гониометра ($2R_T$). Что практически для всех случаев, если образец укреплен, как показано на рис.3, при максимальном размере держателя $2R_T = 280$ мм всегда выполнимо.

4/ Формально нужно проверить, годится ли выбранное для схемы отражения значение b_1^{\max} и для измерений по схеме на пропускание в выбранной области углов. И в этом случае для $2R_z = 60$ мм определенное из рис.11 значение b_1^{\max} меньше, чем допустимое для схемы пропускания значение, то есть для пропускания требуемые условия всегда выполняются.

Чтобы избежать неконтролируемых систематических ошибок, нужна тщательная юстировка прибора относительно падающего пучка и образца относительно держателя. С учетом требований к отдельным геометрическим условиям съемки полюсных фигур можно вывести следующие необходимые требования к точности юстировки прибора:

положение оси, делящей падающий пучок пополам,
и точка пересечения осей I(Ω), II(ψ), III(ϕ)
на гониометре

≤ 1 мм

положение плоскости, делящей образец пополам,

$\leq 0,1$ мм

угол рассеяния 2θ

$\leq 1^\circ$

размер щели

± 1 мм.

Для измерения полюсных фигур образцов толщиной более чем 10 мм при щели для падающего пучка $20 \text{ мм} \leq b_1^{\text{max}} \leq 50 \text{ мм}$ нужно имеющийся на сегодня размер входного окна счетчика $2R_z = 60 \text{ мм}$ увеличить до $2R_z \geq 100 \text{ мм}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Betzl M., Tobish J. Thesis, TU Dresden, 1973.
2. Дрекслер Л.П. и др. ОИЯИ, Р14-83-655, Дубна, 1983.
3. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике, Гостехиздат, М., 1957.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 сентября 1983 года

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги,
если они не были заказаны ранее.

Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Дрекслер Л.П. и др.

P14-83-687

Геометрические условия для количественного текстурного анализа на основе метода времени пролета нейтронов

Для экспериментального определения полных полюсных фигур на основе метода времени пролета нейтронов на импульсном реакторе ИБР-2 рассмотрены геометрические условия эксперимента, проводимого при использовании схемы на пропускание и отражение нейтронов для образца в форме листа. С учетом заданного размера входного окна счетчика определены допустимые размеры первичного пучка как функции размера образца при выбранном брэгговском угле θ . Приведены соответствующие номограммы. Показано, что основная часть полюсной фигуры должна измеряться с помощью схемы на отражение. В связи с требованиями оптимальных геометрических условий при проведении количественного текстурного анализа указаны необходимые требования к юстировке спектрометра.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Dreksler L.P. et al.

P14-83-687

Geometrical Condition for Quantitative Neutronographic Texture Analysis by the Time-of-Flight Method

Geometrical conditions for complete pole-figure measurement with neutron time-of-flight method on the IBR-2 reactor in the case of sheet sample transmission and reflection are considered. The permissible dimensions of primary beam as functions of sample dimensions at a given Bragg angle θ and detector window area are determined. Related monograms are given. It is shown that the main part of pole-figure must be measured in reflection geometry. The requirement in the case of quantitative texture analysis in optimized geometry 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