

13

H-69



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

В.В. Нитц, З.Г. Папулова, И. Сосновска, Е. Сосновски

P-1440

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУР
МЕТОДОМ ДИФРАКЦИИ НЕЙТРОНОВ
НА ИМПУЛЬСНОМ БЫСТРОМ РЕАКТОРЕ /ИБР/

Дубна 1963

В.В. Нитц, З.Г. Папулова, И. Сосновска, Е. Сосновски

P-1440

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУР
МЕТОДОМ ДИФРАКЦИИ НЕЙТРОНОВ
НА ИМПУЛЬСНОМ БЫСТРОМ РЕАКТОРЕ /ИБР/

Направлено в журнал
"Физика твердого тела".

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
ОБЪЕДИНЕННЫХ ИНСТИТУТОВ

Дубна 1963

2146/3 чф

1. Введение

Метод дифракции нейтронов на порошках широко используется для изучения структуры твердых тел. До сих пор такие исследования проводились на стационарных реакторах с использованием монохроматического падающего нейтронного пучка и измерением углового распределения рассеянных образцом нейтронов.

В случае импульсного реактора, каким является реактор ИБР Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ^{1/1}, нейтронограмма может быть получена и с белым падающим пучком тепловых нейтронов путем измерения по времени пролета энергетического спектра нейтронов, рассеянных на заданный угол. Так как в этом методе отпадают потери интенсивности, связанные с монохроматизацией падающего пучка, измерения могут производиться при средней мощности реактора на несколько порядков меньшей, чем в случае стационарного реактора. Соответственно меньшим должен быть и фон. Для проверки изложенных соображений в настоящей работе были сняты нейтронограммы порошкообразных образцов Al , Zn и ZnO , обладающих соответственно кубической, гексагональной и гексагональной типа вюрцита решетками. Измерения проводились на реакторе ИБР на средней мощности 1 квт.

Аппаратура

Схема опыта показана на рис. 1. Вплотную к активной зоне 1 реактора помещен замедлитель 2 толщиной 4 см. Пучок нейтронов проходил через стальной коллиматор 3 соллеровского типа /угол расхождения $20'$ окно - $10 \times 11 \text{ см}^2$ /, помещенный в стене зала реактора, через окно водяной защиты 4 и рассеивался на образце 7. Рассеянный пучок шел через второй, идентичный первому, коллиматор 6, установленный под углом $62^\circ 20'$ к направлению прямого пучка. Далее рассеянные нейтроны проходили вакуумный нейтронный канал 10 и регистрировались сцинтилляционным счетчиком 8, окруженным слоем карбида бора 9 и водяной защитой. Вся установка была окружена надежной защитой из бетонных плит 5. Используемый сцинтилляционный счетчик нейтронов площадью 300 см^2 на обогащенном B^{10} описан в работе^{2/}.

Импульсы от счетчика после формирования и усиления подавались на многоканальный временной анализатор. Расстояние замедлитель - образец - счетчик составляло 15,7 м.

Образцы

Образцы Al и Zn в форме пластин $23 \times 13 \times 4,7 \text{ см}^3$ и $23 \times 13 \times 3,4 \text{ см}^3$ соответственно были изготовлены из спрессованных под небольшим давлением стружек химически чистых металлов Al и Zn . Текстуры в этих образцах не наблюдались. Чистый порошок ZnO заполнял контейнер из тонкой алюминиевой фольги /толщиной 0,07 мм/ размером $22,5 \times 13 \times 3 \text{ см}^3$. При измерениях все образцы ставились на прохождение симметрично относительно падающего и отраженного пучков.

Измерения

На рис. 2, 3 и 4 показано энергетическое распределение нейтронов, рассеянных от образцов Al , Zn и ZnO под углом $2\theta = 62^\circ 20'$ / θ - угол Брегга/. На рисунках I - число отсчетов в канале шириной $32 \mu \text{ сек}$, N - номер канала, λ - соответствующая длина волны в ангстремах. Нейтронограммы 2 и 3 сняты за 11 часов, 4 - за 24 часа. Обращает на себя внимание асимметричная форма брегговских пиков. Она - результат совместного временно- энергетического размытия. Крутой подъем определяется длительностью импульса быстрых нейтронов, падающих на замедлитель, затянутый спад - в основном временем жизни нейтронов в замедлителе. На картину влияет и геометрия опыта. Трудность состоит в проведении фона на нейтронограмме в связи с его зависимостью от длины волны. Это особенно относится к образцам Zn и ZnO , которые имеют заметное сечение некогерентного рассеяния. В этих случаях подложка проводилась опираясь на точки, расположенные между брегговскими максимумами /см. пункт на рис. 3 и 4/. На рис. 5 показана форма падающего на образец нейтронного спектра. Она была замечена при малой мощности реактора на прямом пучке при пролетной базе 15,7 м. В такой же геометрии измерялось пропускание всех образцов.

Результаты и обсуждение

В использованном здесь методе рассеяния белого пучка на порошковом образце требуется вводить поправки на эффективность счетчика и поглощение образцов. Так как измерения падающего спектра и основные измерения проводились на одном и том же счетчике, поправка на эффективность не нужна. Поправка на поглощение также не вводилась в связи с тем, что измеренное пропускание образцов не обнаружило заметной /в пределах ошибок/ зависимости от длины волны. Экспериментальные данные обрабатывались по формуле интегральной интенсивности дифракционных максимумов, выведенной в работе ^{13/}:

$$E_{hkl}(\lambda) = C(\lambda^4 J_{\lambda} j F^2)_{hkl} \quad /1/$$

где C - постоянная, λ - длина волны, J_{λ} - интенсивность падающего спектра на единичный интервал длин волн, j - фактор повторяемости, F - структурный фактор.

Найденные из опыта jF_{obs}^2 , теоретические jF_{calc}^2 и стандартный коэффициент расхождения R приведены в таблице 1. Амплитуды рассеяния нейтронов Al , Zn и O взяты из ^{14/}.

Как видно, можно считать, что формула /1/ справедлива для разного типа структур. Для ZnO /пространственная группа $C_{6v}^4 - P_6$, тс, структура типа вюрцита/, найден минимум коэффициента расхождения в функции от кислородного параметра x в диапазоне 0,360 - 0,390 при $x = 0,374$ /см.рис. 6/. Эти данные уточняют результат работы ^{15/}. В ней за кислородный параметр принято значение $x = 0,375$ - середина интервала 0,360 - 0,390, в котором авторы не заметили изменения расхождения.

В заключение нужно подчеркнуть, что по сравнению со стандартным методом порошковых измерений на водо-водяном реакторе ВВРС мощностью 2000 квт, в этой работе получен значительный выигрыш во времени измерения из-за хорошей интенсивности и небольшого фона. Имеются возможности дальнейшего увеличения интенсивности за счет применения детектора большей площади. Из этой работы вытекает, что ИБР может с успехом использоваться для нейтронноструктурных исследований.

Как показано в работе ^{16/}, использование метода времени пролета применительно к нейтронно-структурным задачам дает известные преимущества и в случае стационарного реактора.

Авторы благодарят Ф.Л. Шапиро за предложенную тему, и за полезные обсуждения, Б. Бураса за научную консультацию, а также С. Набыванца и В.В. Голикова за помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. Г.Е. Блохин и др. Атомная энергия, **10**, вып. 5, 437 /1961/.
2. В.В. Голиков и др. ПТЭ, **2**, 59 /1963/.
3. В. Buras. Nukleonika, **8**, 259 (1963).
4. Д.Ж. Бекон. Диффракция нейтронов. Изд. ИЛ, Москва, 1959.
5. С.Н. Ehrhardt, K.Lark-Horowitz. Phys. Rev., **57**, 7, 603 (1940).
6. В. Buras, J.Leciejewicz. Nukleonika, **8**, 75 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел
17 октября 1963 г.

Т а б л и ц а I

Вещество	h	k	l	jF_{obs}^2	jF_{calc}^2	R*
Al	1	1	1	16,47	15,68	5%
	2	0	0	11,07	11,76	
	2	2	0	22,34	23,52	
	3	1	1	58,78	62,72	
	2	2	2			
	4	0	0	110,90	105,80	
	3	1	1			
4	2	0				
Zn	0	0	2	2,55	2,78	3%
	1	0	0	1,99	2,09	
	1	0	1	12,97	12,48	
	1	0	2	4,37	4,18	
	1	0	3	20,48	20,82	
	1	1	0			
ZnO	1	0	0	9,40	8,21	5%
	0	0	2	14,06	12,76	
	1	0	1			
	1	0	2	9,21	8,14	
	1	1	0	31,66	32,86	
	1	0	3	42,43	42,47	
	2	0	0	45,72	47,96	
	1	1	2			
2	0	1				

$$*R = \frac{\sum_{hkl} |jF_{obs}^2 - jF_{calc}^2|}{\sum_{hkl} jF_{calc}^2}$$

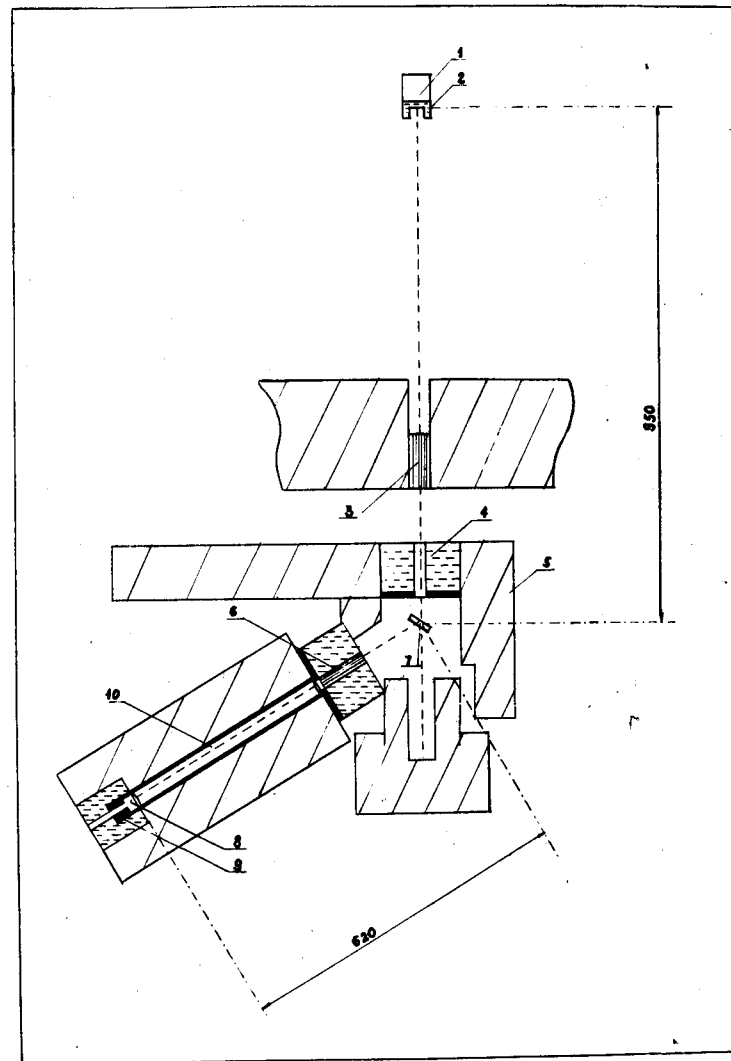


Рис.1. Схема опыта

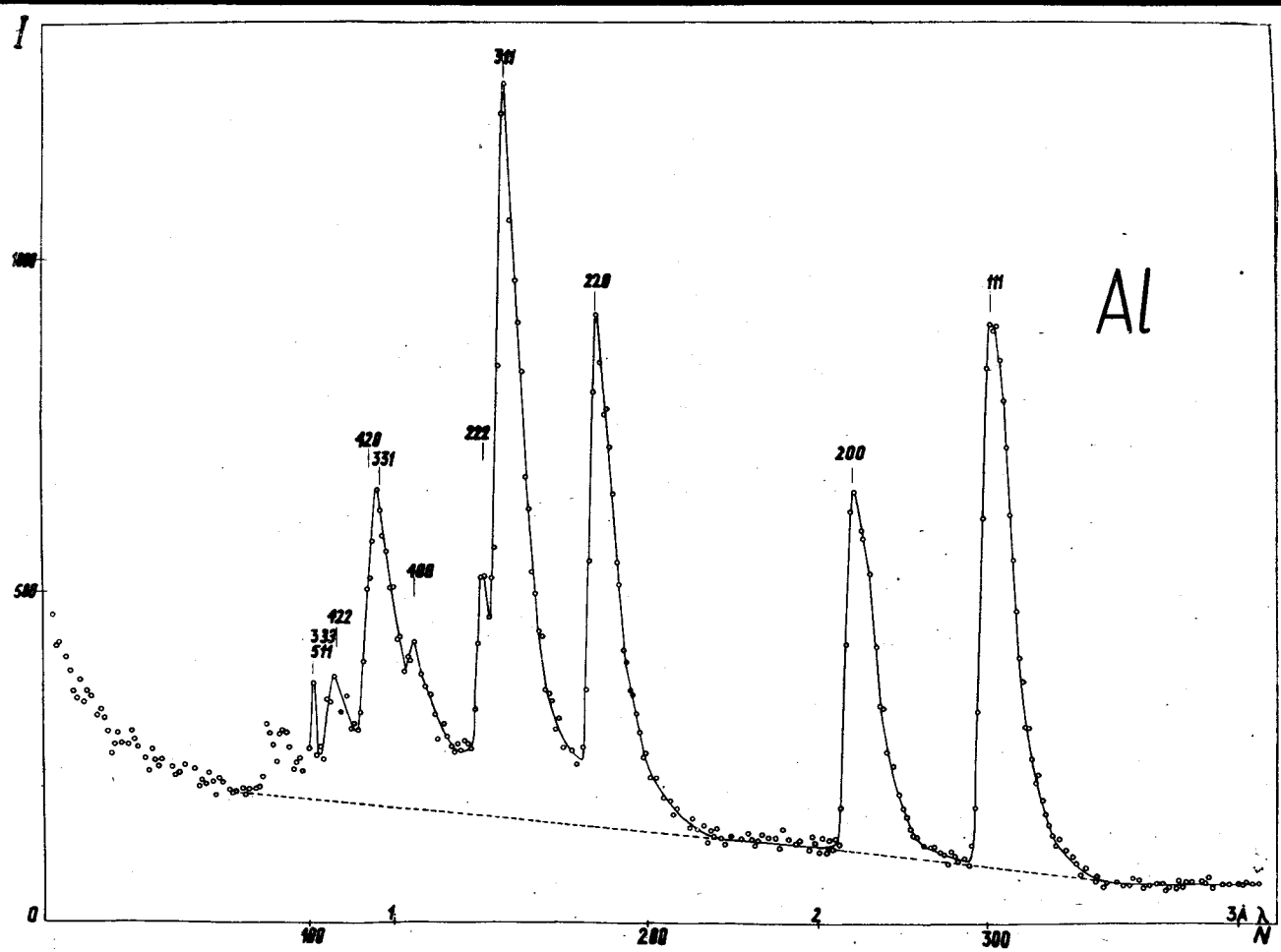


Рис. 2. Нейтронограмма Al.

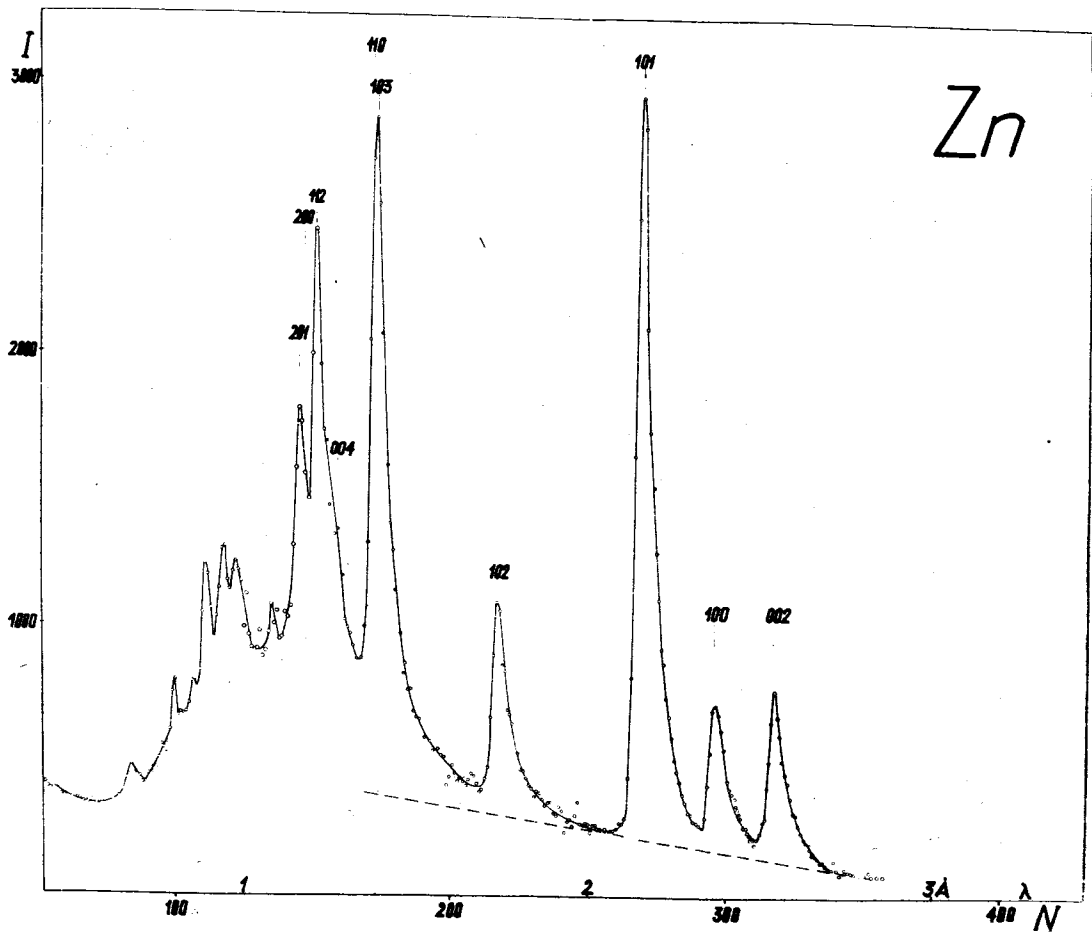


Рис. 3. Нейтронограмма Zn.

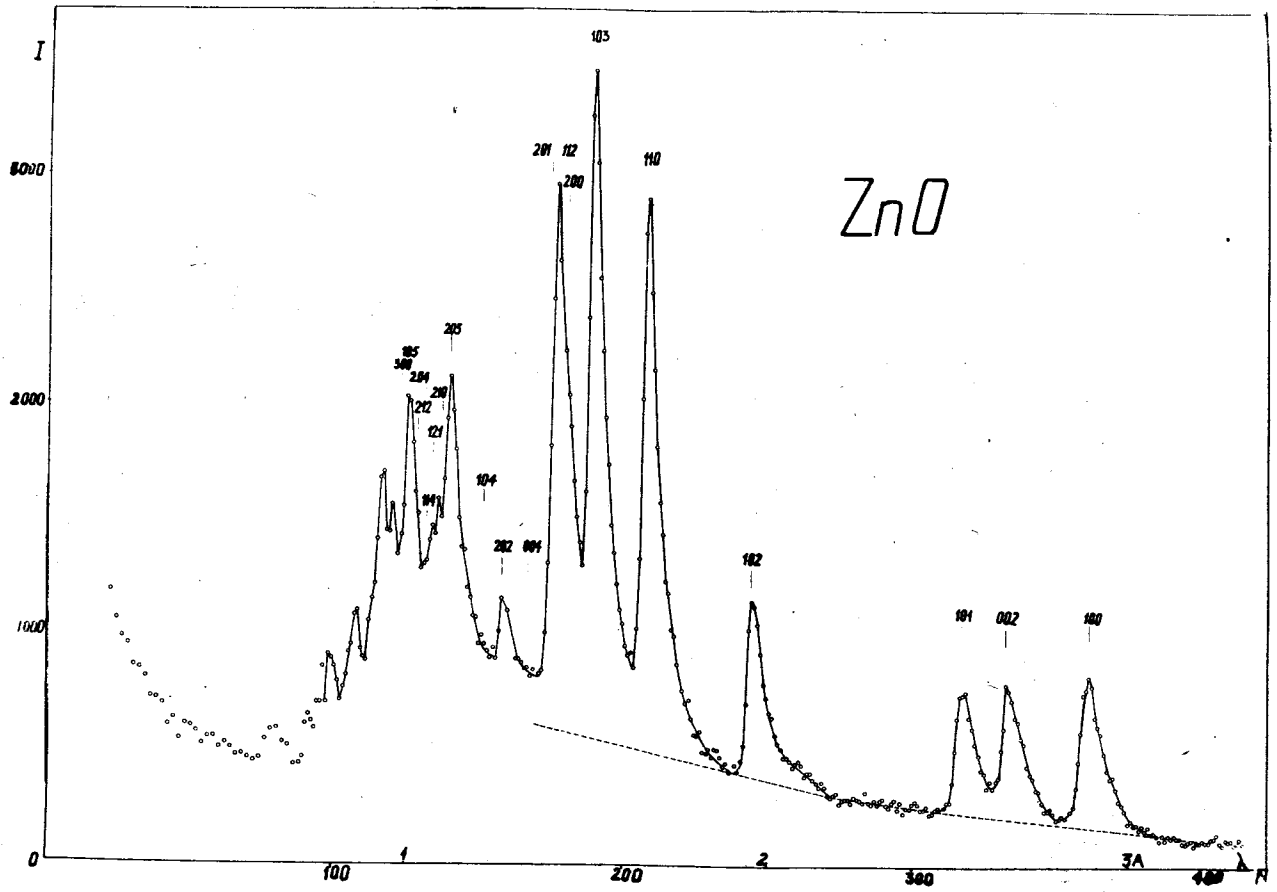
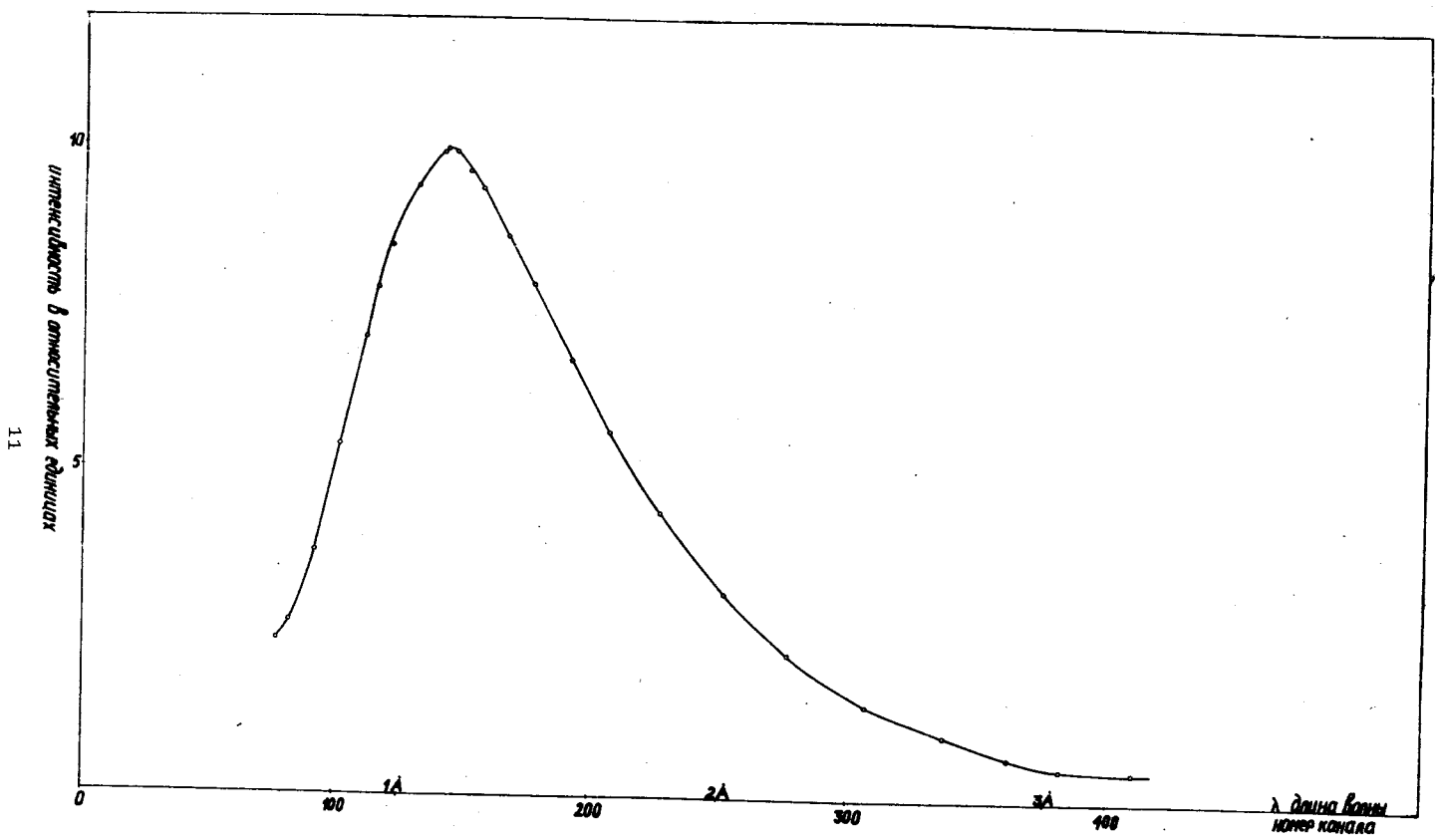
Рис. 4. Нейтрограмма ZnO .

Рис. 5. Падающий спектр.

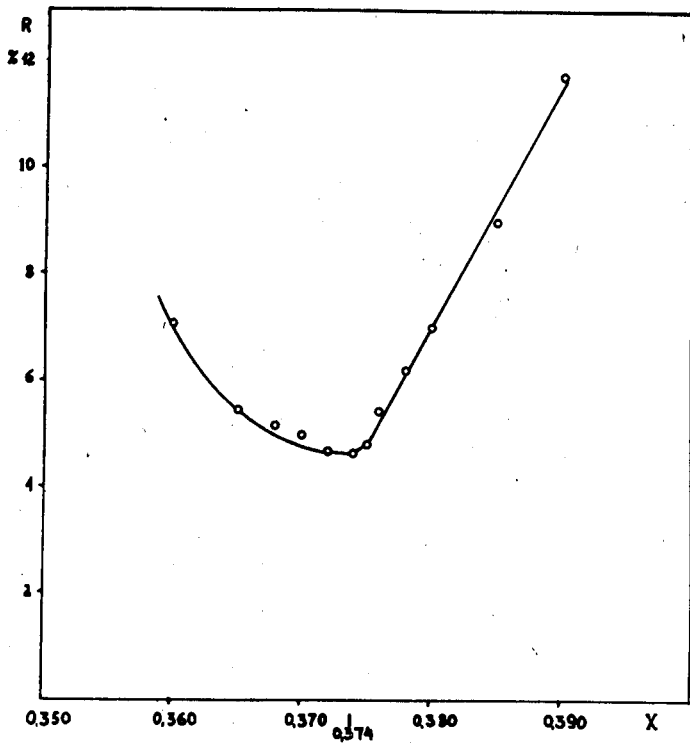


Рис. 6. Функция $R(x)$ для ZnO .