

А. 465

ЯФ 1969, т. 10, в. 2, с. 328-335

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

РЗ - 4121



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

Ю. А. Александров, А. М. Балагуров, Э. Малишевски,
Т. А. Мачехина, Л. Н. Седлакова, Я. Холас

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНЫХ АМПЛИТУД
РАССЕЯНИЯ ИЗОТОПОВ ВОЛЬФРАМА
НЕЙТРОНОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

1968

РЗ - 4121

Ю.А.Александров, А.М.Балагуров, Э.Малишевски,
Т.А.Мачехина, Л.Н.Седлакова, Я.Холас

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНЫХ АМПЛИТУД
РАССЕЯНИЯ ИЗОТОПОВ ВОЛЬФРАМА
НЕЙТРОНОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Направлено в ЯФ.



№ 3/8456

В настоящее время когерентные и некогерентные амплитуды рассеяния нейтронов измерены для большинства элементов. Однако амплитуды рассеяния отдельных изотопов известны лишь для очень немногих. Определение амплитуд рассеяния изотопов вольфрама представляет особый интерес в связи с возможностью измерения амплитуды нейтрон-электронного взаимодействия методом дифракции нейтронов на кристаллах ^{186}W /1/. Согласно предварительным оценкам, из-за интерференции потенциального и резонансного рассеяния вольфрам-186 обладает в тепловой области энергий аномально малым сечением ядерного рассеяния, вследствие чего относительный вклад нейтрон-электронного взаимодействия в общее сечение рассеяния нейтронов на атоме вольфрама может достигать нескольких десятков процентов. В настоящей работе измерены амплитуды четырех изотопов вольфрама: ^{182}W , ^{183}W , ^{184}W , ^{186}W .

1. Эксперимент

В работе была применена методика определения амплитуд рассеяния по интенсивностям дифракционных максимумов металлических порошков, содержащих обогащенные изотопы вольфрама. Помимо этого, для определения амплитуды рассеяния смеси, обогащенной ^{186}W , были проведены измерения с монокристаллом этой смеси и монокристаллами естественного вольфрама.

Характеристики поликристаллических порошкообразных образцов-смесей, обогащенных ^{182}W , ^{184}W и ^{186}W , приведены в таблице 1.

Таблица 1
Изотопный состав (в %) и вес образцов х)

Изотоп образец	¹⁸⁰ W	¹⁸² W	¹⁸³ W	¹⁸⁴ W	¹⁸⁶ W	вес в г
W-182	0,8	78,9	10,5	6,5	3,3	71,061
W-184	0,05	2,3	5,0	88,5	4,2	92,478
W-186	-	2,4	1,9	5,0	90,7	77,890
W _{ест}	0,2	26,4	14,4	30,6	28,4	59,105

Образцы W-182, W-184, W-186 и W_{ест} помещались в цилиндрические контейнеры ($R = 0,745$ см) из алюминиевой фольги толщиной 0,05 мм. Измерения проводились на импульсном быстром реакторе (ИБР) Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ /2/. Схема установки для измерений приведена на рис.1. Детектором служила батарея из 25 счетчиков СНМО-5А, наполненных BF_3 . Для соблюдения условий фокусировки /3/ плоскость детектора была повернута на угол 76° относительно прямой образец-детектор. Для получения нейтронограммы применялся метод времени пролета /4/, т.е. проводился энергетический анализ нейтронов, рассеянных на фиксированный угол, равный $87^\circ 30'$. Общая длина пролетной базы замедлитель-образец-детектор составляла 21,54 м. Расстояние от образца до детектора было около 3 м.

Нейтроннограммы образцов W_{ест}, W-182, W-184 приведены на рис. 2, 3, 4. Дифракционных пиков от образца W-186 обнаружено не было. Это дало возможность сделать оценку когерентной амплитуды рассеяния нейтронов на смеси изотопов - образце W-186 $b_{\text{КОГ}} < 0,05 \cdot 10^{-12}$ см. Для определения величины этой амплитуды были проведены измерения с монокристаллом W-186. Монокристалл W-186 был изготовлен в виде цилиндра высотой около 60 мм. В сечении кристалл имел форму, близкую к окружности, однако по высоте диаметр цилиндра менялся от 4,8 мм до 5,5 мм.

х)

Изотопный состав смесей приведен согласно паспортам, выданным Госфондом стабильных изотопов СССР и в настоящей работе не определялся.

Эквивалентный радиус цилиндра ρ , определенный как $\rho = \left(\frac{V}{\pi \ell}\right)^{\frac{1}{2}}$, где

V — объем кристалла в пучке нейтронов, ℓ — высота кристалла в пучке, был равен $\rho = 0,26$ см. Угол между нормалью к плоскости (110) кристалла и осью цилиндра составлял $85,7^\circ$. Для проведения относительных измерений были изготовлены также несколько пластинок из монокристалла естественного вольфрама, причем плоскость (110) совпадала с плоскостью пластинки в каждом случае. Характеристики этих пластинок, так же как и характеристика цилиндра из W-186, приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ пластинки	Вес образца в пучке	Толщина	Мозаичность
№1	0,23 г	$\delta = 0,01$ см	$\eta > 15'$
№2	0,24 г	$\delta = 0,0125$ см	$\eta > 15'$
№3	0,57 г	$\delta = 0,03$ см	$\eta > 15'$
W-186-цилиндр	13,56 г	$\rho = 0,26$ см	$\eta > 15'$

Измерения с монокристаллами также проводились на реакторе ИБР ОИЯИ по времени пролета (схема установки приведена на рис.1) и на кристаллическом монохроматоре ($\lambda = 1,15$ Å) реактора ВВР физико-химического института им. Карпова. Апертура детектора в обоих случаях была значительно больше мозаичности монокристаллов.

2. Обработка результатов измерений

а) Определение когерентных амплитуд смесей W-182 и W-184

Для метода времени пролета интегральную интенсивность дифракционного пика от поликристаллического образца цилиндрической формы можно представить следующим образом:

$$I_{\text{пол}} = I_{\text{кр}} \frac{V}{\rho^2} \cdot \frac{1 + \cos^2 2\theta}{V_{\text{кр}}} \frac{1}{V_{\text{д}}} \quad (1)$$

где I_{eff} - эффективный спектр, P - вес исследуемого образца, ρ - плотность монокристаллического вещества, j_{hkl} - фактор повторяемости,

$$F_{hkl} = \sum b_{\text{ког.}} \exp \left\{ 2\pi i \left(\frac{xh}{a_0} + \frac{yk}{b_0} + \frac{z\ell}{c_0} \right) \right\} \exp(-W), \quad (2)$$

F_{hkl} - структурный фактор, $b_{\text{ког.}}$ - когерентная амплитуда рассеяния, V_0 - объем элементарной ячейки кристалла, $\exp(-W)$ - фактор Дебая-Валлера, A_{hkl} - фактор поглощения.

Когерентные амплитуды смесей W-182 и W-184 определялись в данной работе по отношению к $b_{\text{ког.}}$ естественного вольфрама, которая известна ($b_{\text{ког.ест.}} = (0,4800 \pm 0,0025) \cdot 10^{-12}$ см³). В этом случае величины, характеризующие кристаллическую структуру вольфрама, а также эффективный спектр, сокращаются, и из (1) можно получить

$$(b_{\text{ког.}}^2 A_{hkl})_i = \frac{E_{i,hkl}}{E_{\text{ест.},hkl}} b_{\text{ест.}}^2 A_{\text{ест.},hkl} \frac{P_{\text{ест.}} \rho_i}{P_i \cdot \rho_{\text{ест.}}}, \quad (3)$$

где $E_{i,hkl}$ - интегральная интенсивность дифракционного пика (hkl) для W-182 или W-184. Фактор поглощения

$$A = \frac{1}{V} \int \exp(-\mu t) dV, \quad (4)$$

где V - объем образца, μ - коэффициент ослабления, учитывающий поглощение некогерентного и когерентного рассеяний, t - путь нейтронов в образце.

Для образца цилиндрической формы значения A были рассчитаны на ЭВМ М-20, результаты расчета совпали с имеющимися в литературе данными [7].

Интегральные интенсивности первых пяти пиков были получены в результате обработки нейтронограмм W-182, W-184 и $W_{\text{ест.}}$ (см. рис. 2,3,4). Численные значения параметров $W_{\text{ест.}}$, относительно которого в дальнейшем рассчитывались амплитуды смесей W-182 и W-184, принимались, исходя из работ [6,8,9], равными:

$$\begin{aligned}
 b_{\text{ког. ест.}} &= (0,4800 \pm 0,0025) \cdot 10^{-12} \text{ см} \\
 \sigma_{\text{нког.}} &= (2,96 \pm 0,61) \cdot 10^{-24} \text{ см}^2 \\
 \sigma_{\text{abs}} &= (18,3 \pm 0,5) \cdot 10^{-24} \text{ см}^2.
 \end{aligned}$$

Значения σ_{abs} для отдельных изотопов вольфрама были взяты из работы /9/. Поскольку фактор поглощения A_{hkl} является функцией $b_{\text{ког.}}^2$, то для каждого пика (hkl) значение $b_{\text{ког.}}^2$ из величины ($b_{\text{ког.}}^2 \cdot A_{\text{hkl}}$) находилось методом последовательных приближений. После 4-5 приближений изменения в $b_{\text{ког.}}^2$ становились менее 0,1%.

Экспериментальные значения $b_{\text{ког.}}^2$ для смесей W-182 и W-184 приведены на рис. 5. В дальнейшем в усредненные по пикам значения $b_{\text{ког.}}^2$ были введены поправки на некогерентное рассеяние (см. ниже).

б) Определение когерентной амплитуды смеси W-186

Как уже отмечалось, дифракционных пиков у порошкообразного образца - смеси W-186 при измерениях на ИБР обнаружено не было. Поэтому для определения когерентной амплитуды рассеяния были проведены относительные измерения с монокристаллом, изготовленным из смеси W-186, и тонкими пластинками, вырезанными из монокристалла естественного вольфрама. Одна из основных трудностей, встречающихся при работе с монокристаллами - явление экстинкции /10/. В отсутствие экстинкции интегральная отражающая способность непоглощающего кристалла

$$R^{\theta} = Q V, \quad (5)$$

где V - объем кристалла

$$Q = \frac{\lambda^3 N_c^2 F^2}{\sin 2\theta}, \quad (6)$$

λ - длина волны, N_c - число элементарных ячеек в единице объема, θ - угол скольжения. При наличии экстинкции интегральная отражающая способность является сложной функцией:

$$\frac{R^\theta}{\eta} = \psi \left(\frac{\mu t_0}{\sin \theta}, \frac{1}{\eta} \cdot \frac{Q}{\mu} \right),$$

где η - средний квадратичный разброс ориентации мозаичных блоков, $\mu = \sigma_n$ - линейный коэффициент поглощения, t_0 - толщина образца.

Точный учет экстинкции практически невозможен. Вследствие этого количественные измерения с монокристаллами надежны только в том случае, если экстинкцией можно пренебречь. Условием этого является

$$\frac{1}{\eta} \cdot \frac{Q t_0}{\sin \theta} < 0,25. \quad (7) / 10 /$$

Поскольку $Q = \lambda^3$, наиболее опасным, с точки зрения влияния экстинкции, оказывается отражение (110). Вследствие малого сечения рассеяния W-186 ($b_{\text{ког}} < 0,05 \cdot 10^{-12}$ см) и того обстоятельства, что в нашем случае $\eta > 15'$, условие (7) заведомо выполняется для используемого в работе монокристалла W-186. В этом случае

$$R_{hkl}^\theta = Q_{hkl} \cdot V \cdot A_{hkl}, \quad (8)^x)$$

где A_{hkl} - фактор, учитывающий поглощение (см. формулу (4)). При измерениях с пластинками можно ожидать, что вследствие малости t_0 можно пренебречь как экстинкцией, так и поглощением.

При выполнении этих условий амплитуду когерентного рассеяния смеси W-186 можно определить из сравнения соответствующих дифракционных пиков монокристалла W-186 и монокристаллической пластинки из естественного вольфрама:

$$b_{\text{ког. W-186}}^2 = b_{\text{ког. ест.}}^2 \cdot \frac{I_{W-186}}{I_{W \text{ ест.}}} \cdot \frac{P_{W-186}}{P_{W \text{ ест.}}} \cdot \frac{1}{A_{hkl}}, \quad (9)$$

где $\frac{I_{W-186}}{I_{W \text{ ест.}}}$ - отношение интенсивностей соответствующих пиков для

x)

Зависимость (8) справедлива, если одновременно выполняются условия $\eta \ll \alpha_1$ и $\eta \ll \alpha_2$, где α_1 и α_2 - угловые размеры детектора и источника нейтронов по отношению к образцу (см. /11,12/).

монокристаллов W-186 и естественного вольфрама; $\frac{P_{W-186}}{P_{W_{\text{ест}}}}$ - отношение весов монокристаллов W-186 и естественного вольфрама.

На ИБРе ОИЯИ методом времени пролета были проведены измерения интенсивностей отражений (110), (220), (330), (440) от монокристаллических пластинок №1 и №2 и монокристалла W-186 (см. табл. 2).

С монокристаллом W-186 и пластинкой №1 были проведены 3 серии измерений. Первые две серии относятся к одному и тому же углу рассеяния $87^{\circ}30'$ и проводились в одинаковых условиях за исключением небольшого различия в спектрах падающих на образец нейтронов. Третья серия измерений проводилась при угле рассеяния, равном 136° . Нейтронограмма, соответствующая одной из серий измерений, приведена на рис.6.

Отношения интенсивностей нейтронов, отраженных от пластинок №1 и №2, приведены в таблице IV .

Таблица IV

отражения	(110)	(220)	(330)	(440)
отношение				
$\frac{I_{N^{\circ}2}}{I_{N^{\circ}1}}$	1,125	1,028	1,031	0,975
	$\pm 0,012$	$\pm 0,015$	$\pm 0,042$	$\pm 0,123$

Для отражений (220), (330) и (440) эти отношения в пределах ошибок совпадают с отношением весов пластинок, равным 1,042, что говорит о незначительном влиянии экстинкции на эти отражения, так что можно пользоваться соотношением (9). Определенные с помощью этого соотношения сечения когерентного рассеяния $\sigma_{\text{ког., W-186}} = 4\pi b^2_{\text{ког., W-186}}$ для различных отражений приведены в таблице V . При вычислениях A_{hkl} в качестве радиуса цилиндра был взят эквивалентный радиус $\rho = 0,26$ см.

Таблица V.

σ ког., $W-186$ в миллибарнах	отражения			
	(110)	(220)	(330)	(440)
I серия	30 \pm 3	24 \pm 2	24 \pm 2	33 \pm 5
II серия	29 \pm 3	22 \pm 2	21 \pm 3	27 \pm 6
III серия	26 \pm 3	20 \pm 2	20 \pm 2	26 \pm 3

Чтобы найти когерентные амплитуды чисто ядерного взаимодействия, необходимо учесть вклад взаимодействия между нейтроном и электронами атома. Амплитуда взаимодействия между нейтроном и электроном, согласно работам [13 и 14], равна соответственно $A_{ne} = (-1,44 \pm 0,07) \cdot 10^{-16}$ см и $A_{ne} = (-1,323 \pm 0,032) \cdot 10^{-16}$ см. В нижеследующих расчетах принято значение $A_{ne} = -1,4 \cdot 10^{-16}$ см. Суммарную когерентную амплитуду для смеси $W-186$ можно записать в виде

$$\begin{aligned}
 b_{\text{ког., яд.}} &= \pm \sqrt{b_{\text{ког., яд.}}^2} = b_{\text{ког., яд.}} - |A_{ne}| f\left(\frac{\sin \theta}{\lambda}\right) = \\
 &= R - \frac{a \Gamma_n}{2k_0 E_0} \left(1 + \frac{E}{E_0}\right) - |A_{ne}| f\left(\frac{\sin \theta}{\lambda}\right), \quad (10)
 \end{aligned}$$

где Γ_n - нейтронная ширина первого резонанса ^{186}W , k_0 - волновое число, E_0 - энергия первого резонанса, E - текущая энергия, a - содержание ^{186}W в смеси $W-186$, $f\left(\frac{\sin \theta}{\lambda}\right)$ - формфактор электронной оболочки. Второй член в формуле (10) учитывает сильный вклад первого резонанса ^{186}W ($E_0 = 18,83$ эв). R - учитывает потенциальное рассеяние ^{186}W , вклад примесей, а также незначительный вклад остальных резонансов ^{186}W , ($R > 0$). Из (10) видно, что

$$b_{\text{ког., яд.}} = \pm \sqrt{b_{\text{ког., яд.}}^2} + |A_{ne}| f\left(\frac{\sin \theta}{\lambda}\right) \quad (11)$$

должна быть линейной функцией энергии, убывающей в связи с ростом энергии, причем наклон ее определяется параметрами резонанса ^{186}W . Результаты расчетов, проведенных согласно (11), показывают, что для

удовлетворения этих условий необходимо брать знак минус перед корнем квадратным. Окончательно определенная зависимость $b_{\text{ког.}}^{\text{яд}}$ для смеси W-186 от энергии приведена на рис.7. Наклон теоретической прямой на этом рисунке соответствует общепринятым параметрам первого резонанса $^{186}\text{W} / 16/$: $E_0 = 18,83$ эв, $\Gamma_n = 0,315$ эв. То, что экспериментальные точки третьей серии измерений достаточно хорошо совпадают с остальными, говорит о том, что поглощение в монокристалле W-186 учтено корректно. Расхождение между точками, соответствующими отражению (110) и теоретической прямой, видимо, вызвано экстинкцией. С целью проверки достоверности полученных результатов был проведен контрольный опыт на монохроматоре реактора ВВР Физико-химического института. Он заключался в измерениях отражений (110), (220) и (330) от монокристалла W-186 и от монокристаллических пластинок естественного вольфрама №1, №2 и №3. Сравнение интенсивностей отражений от пластинок между собой показало, что эти интенсивности пропорциональны объемам пластинок, т.е. что экстинкция при длине волны монохроматора, равной 1,15 А, не существенна. Сравнение интенсивностей отражений от монокристалла W-186 и от пластинок дало возможность определить амплитуду когерентного рассеяния смеси W-186. Результат приведен на рис.7.

в) Определение ядерных амплитуд рассеяния изотопов.

Вольфрам имеет пять стабильных изотопов: ^{180}W , ^{182}W , ^{183}W , ^{184}W и ^{186}W , но т.к. ^{180}W содержится во всех смесях в очень малых количествах, то его вкладом в суммарную амплитуду можно пренебречь. В этом случае амплитуды изотопов ^{182}W , ^{183}W , ^{184}W , ^{186}W можно найти из следующей системы уравнений:

$$\sum_j a_{ij} b_j = b_i, \quad (12)$$

где b_i - когерентная амплитуда i -ой смеси изотопов (W-182, W-184, W-186 или W_{ест.}), b_j - когерентная амплитуда j -го изотопа, a_{ij} - содержание j -го изотопа в i -ой смеси. Заметим, что когерентная амплитуда ^{183}W усреднена по спиновым состояниям

$$b_{\text{ког}183\text{W}} = \frac{I+1}{2I+1} b_+ + \frac{I}{2I+1} b_- , \quad (13)$$

где I - спин ядра, b_+ и b_- - амплитуды рассеяния для спинов составного ядра $I+1/2$ и $I-1/2$ соответственно. Информацию о b_+ и b_- можно получить, привлекая данные о полном сечении рассеяния естественного вольфрама:

$$\sigma_s = 4\pi \sum_j \alpha_j b_j^2 , \quad (14)$$

где $b_{183}^2 = \frac{I+1}{2I+1} b_+^2 + \frac{I}{2I+1} b_-^2$, и решая совместно (13)

и (14). После решения (12), (13) и (14) следует ввести поправку на некогерентное рассеяние в фактор поглощения (4). Расчет когерентных амплитуд рассеяния смесей с учетом этой поправки, составляющей 2-3%, дает

$$\begin{aligned} \text{W-182: } b_{\text{ког.}}^2 &= (0,559 \pm 0,012) \cdot 10^{-24} \text{ см}^2 \\ \text{W-184: } b_{\text{ког.}}^2 &= (0,500 \pm 0,010) \cdot 10^{-24} \text{ см}^2 . \end{aligned}$$

Для смеси W-186 поправкой на некогерентное рассеяние в факторе поглощения можно пренебречь.

Решая систему (12), (13) и (14) с исправленными значениями $b_{\text{ког.}, \text{W-182}}^2$ и $b_{\text{ког.}, \text{W-184}}^2$, получим:

$$\begin{aligned} b_{182} &= (0,833 \pm 0,014) \cdot 10^{-12} \text{ см} \\ b_{183} &= (0,43 \pm 0,05) \cdot 10^{-12} \text{ см} \\ b_{184} &= (0,759 \pm 0,009) \cdot 10^{-12} \text{ см} \\ b_{186} &= (-0,119 \pm 0,005) \cdot 10^{-12} \text{ см} \text{ x) } \end{aligned} \quad (16)$$

Можно показать, что следующее приближение изменит результаты не более, чем на 0,5%. В приведенных в (16), табл. V и рис.7 ошибках помимо неопределенностей, связанных со статистикой измерений, учтены

x) Данные относятся к энергии $E = 0,034$ эв.

некоторые систематические погрешности: неопределенность, возникающая при вычитании фона при обработке нейтронограмм, неточности при определении площадей образцов, находящихся в пучке, неопределенность эквивалентного радиуса цилиндра монокристалла смеси W-186 при расчете фактора поглощения. К основным неучтенным погрешностям можно отнести ошибки, связанные с неточностями определения изотопного состава образцов - они не были нам известны. Можно также сомневаться в справедливости соотношения (8), поскольку для нашей установки $a_2 \approx (2 \div 3) \eta$ (условие $a_1 \gg \eta$ выполнялось). Для проверки проводился дополнительный опыт, в котором угловой размер a_2 источника нейтронов был уменьшен в 2,5 раза. Результаты этого опыта совпали с результатами основных измерений.

На ИБРе ОИЯИ был проведен также контрольный опыт со смесью W-182, отличающейся по изотопному составу от используемой выше.

Таблица VI.

Изотопный состав контрольной смеси (в %)

Изотоп Образец	180	182	183	184	186	вес в г
W-182	0,1	71,5	11,2	11,5	5,7	52,708

Расчетное значение когерентной амплитуды этой смеси по исходным данным (16): $b_{\text{ког.}} = (0,72 \pm 0,01) \cdot 10^{-12}$ см. В результате измерений было получено $b_{\text{ког.}} = (0,72 \pm 0,02) \cdot 10^{-12}$ см.

Авторы благодарны И. М. Франку, Ф. Л. Шапиро, Б. Бурасу за полезные обсуждения и советы, Е. М. Савицкому, А. П. Дубровскому и их сотрудникам за любезное изготовление монокристаллов, Р. П. Озерову за предоставленную возможность измерений на ВВР.

Л и т е р а т у р а

1. Ю. А. Александров. Материалы семинара по электромагнитным взаимодействиям. Препринт ОИЯИ, 3-3442, Дубна 1967, стр. 112.
2. Б. Н. Бунин и др. Докл. на III Международ. конф. ООН по использованию атомной энергии в мирных целях. 28/P/3246, 1964.
3. A. Holas et all, Preprint JINR, E-14-3759, 1968.
4. B. Buras et all. Proc. III U.N. Conf. on Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva, 1964.
5. B. Buras, A. Holas, Report INR. Nr 745/II/PS, Warsaw, 1966.
6. L. Koester, Private communication, 1968.
7. Von K. Weber, Acta Crystall. 23, 720 (1967).
8. Neutron Cross Sections, BNL, 1958.
9. S. J. Friesenhahn et all. Nucl. Sci. and Engineer, 26, 487, 1966.
10. G. Bacon, Neutron diffraction, 1955
(перевод Д. Бэкон, "Дифракция нейтронов ИИЛ, 1957).
11. N. Kunitomi et all. J. of the Phys. Soc. of Japan, 19, 2280, (1964).
12. O. W. Dietrich and J. Als-Nielsen, Acta Cryst. 18, 184 (1965).
13. L. Foldy, Rev. Mod. Phys. 30, 471 (1958).
14. V. Krohn, G. Ringo, Phys. Rev., 148, 1303 (1966).
15. А. И. Миркин. Справочник по рентгеностр. анализу поликристаллов, стр. 341, ГИФМЛ, Москва, 1961.
16. Neutron Cross Sections, BNL 325, v. II c, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел

14 октября 1968 года.

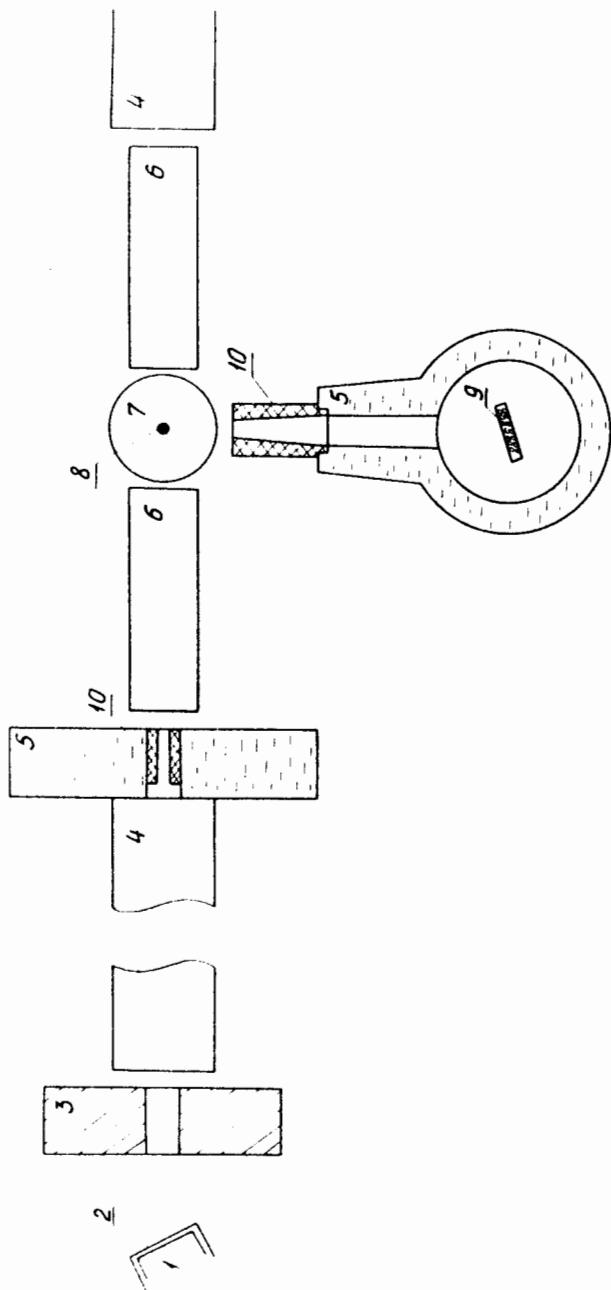


Рис.1. Схема установки для измерений на ПБРе ОЯЯП. 1 - активная зона; 2 - замедлитель; 3,4,5,10 - защита, коллиматоры; 6,7 - аргоновые нейтронводы; 8 - образец; 9 - детектор.

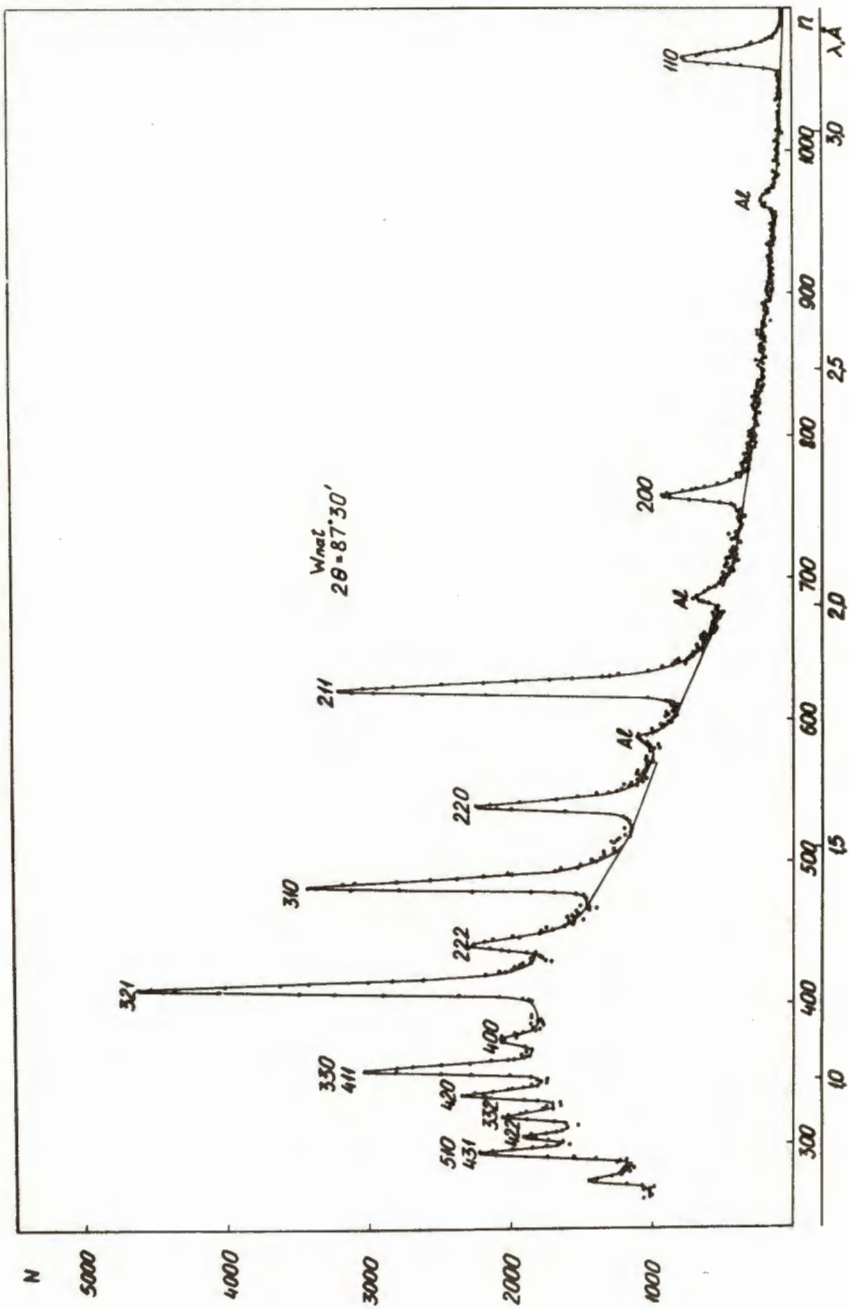


Рис.2. Нейтронграмма порошка W ест. •

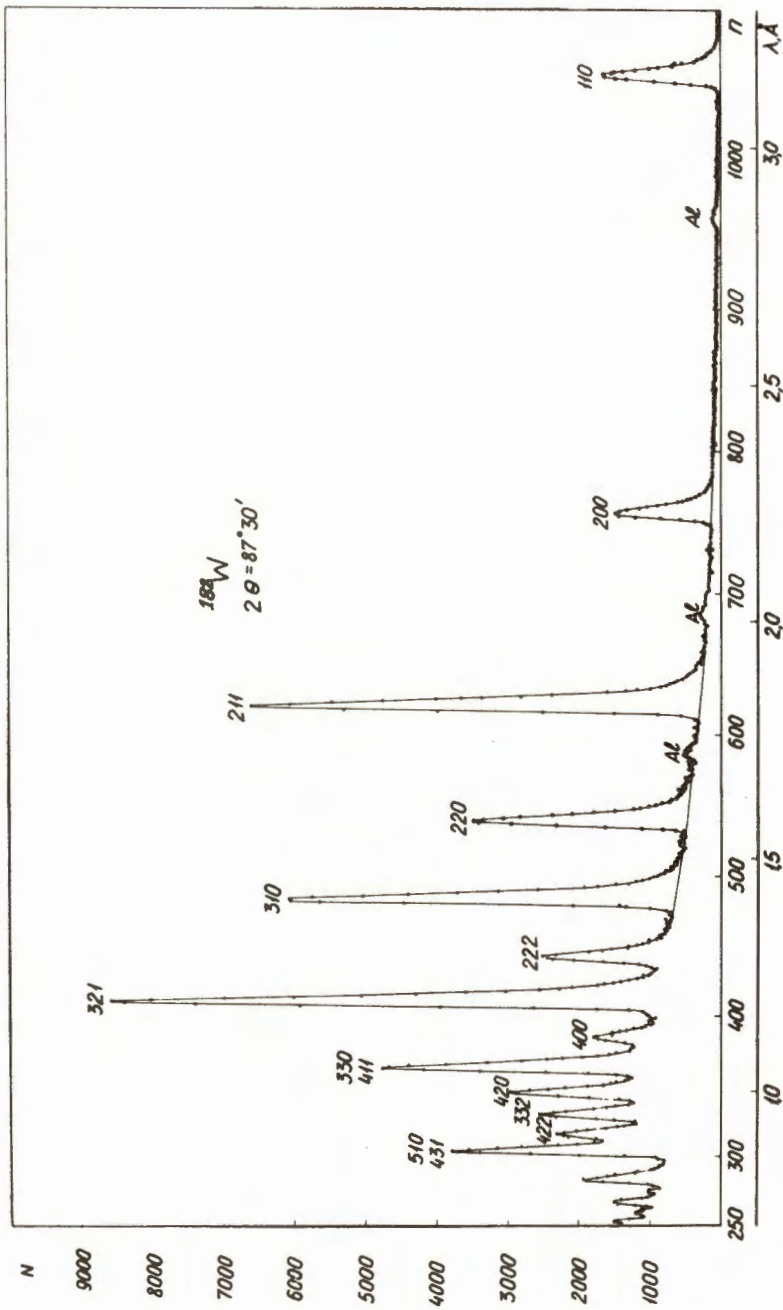


Рис.3. Нейтроннограмма порошка смеси W -- 182

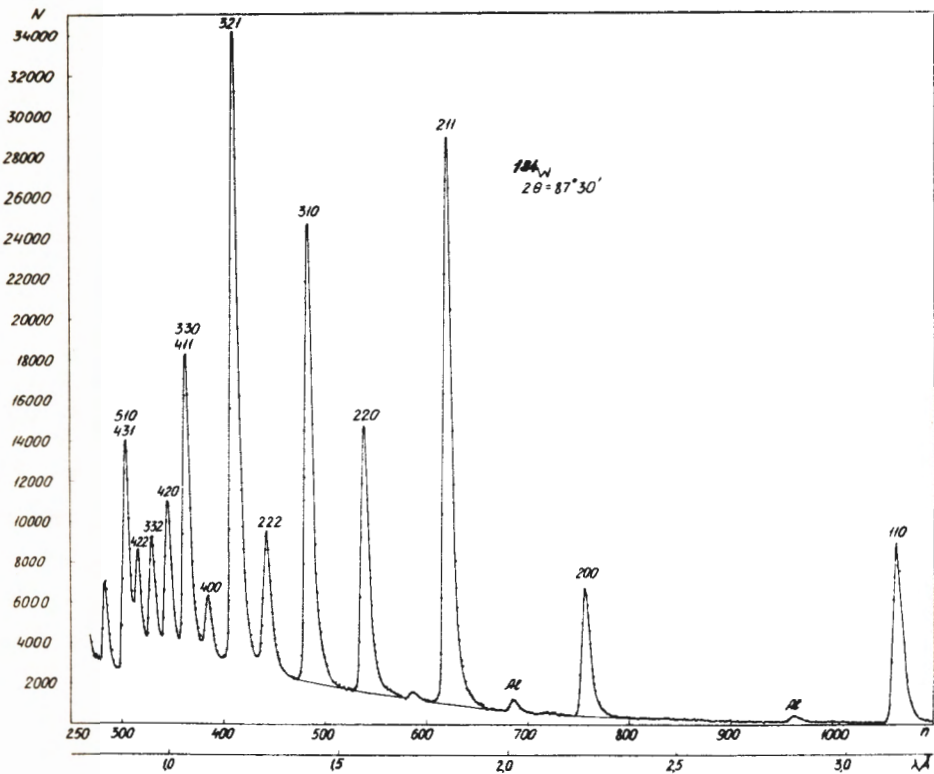


Рис.4. Нейтронограмма порошка смеси W-184

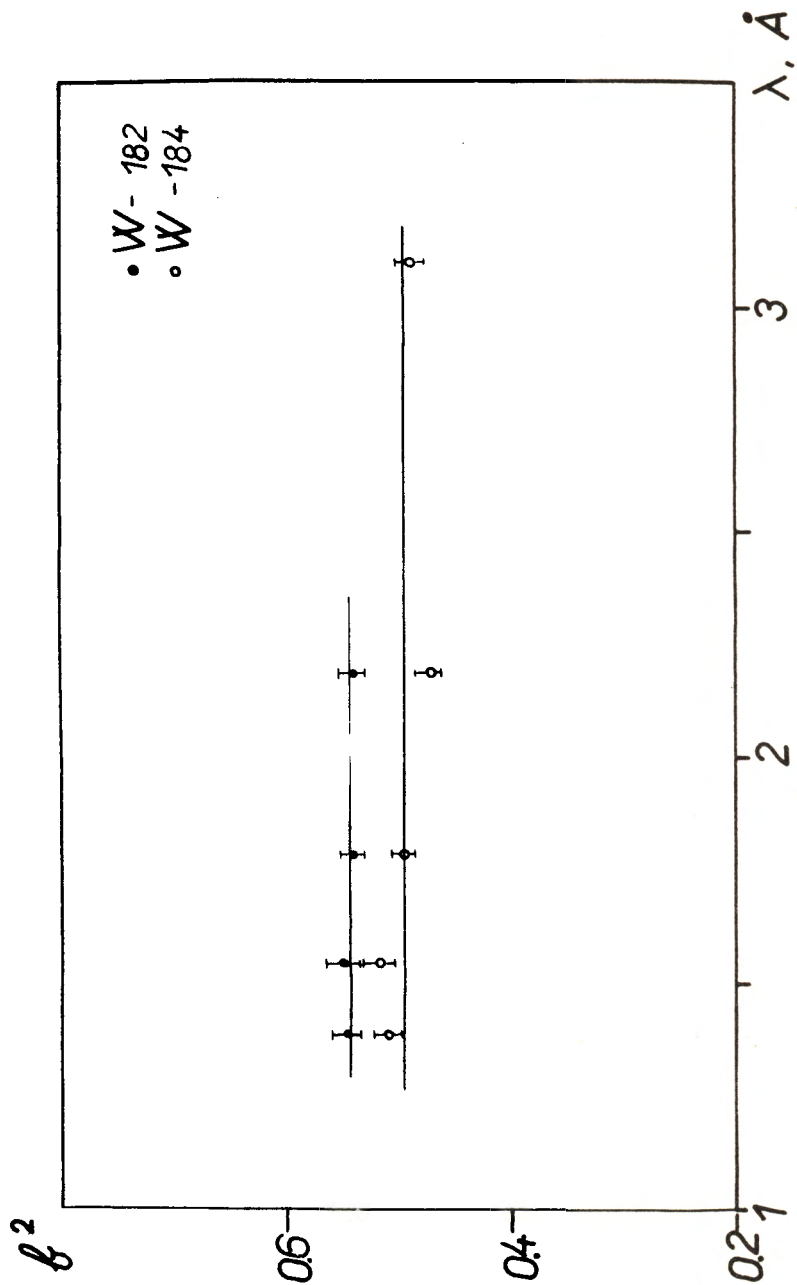


Рис.5. Экспериментальные значения $b^2_{\text{ког}}$ для W-182 и W-184

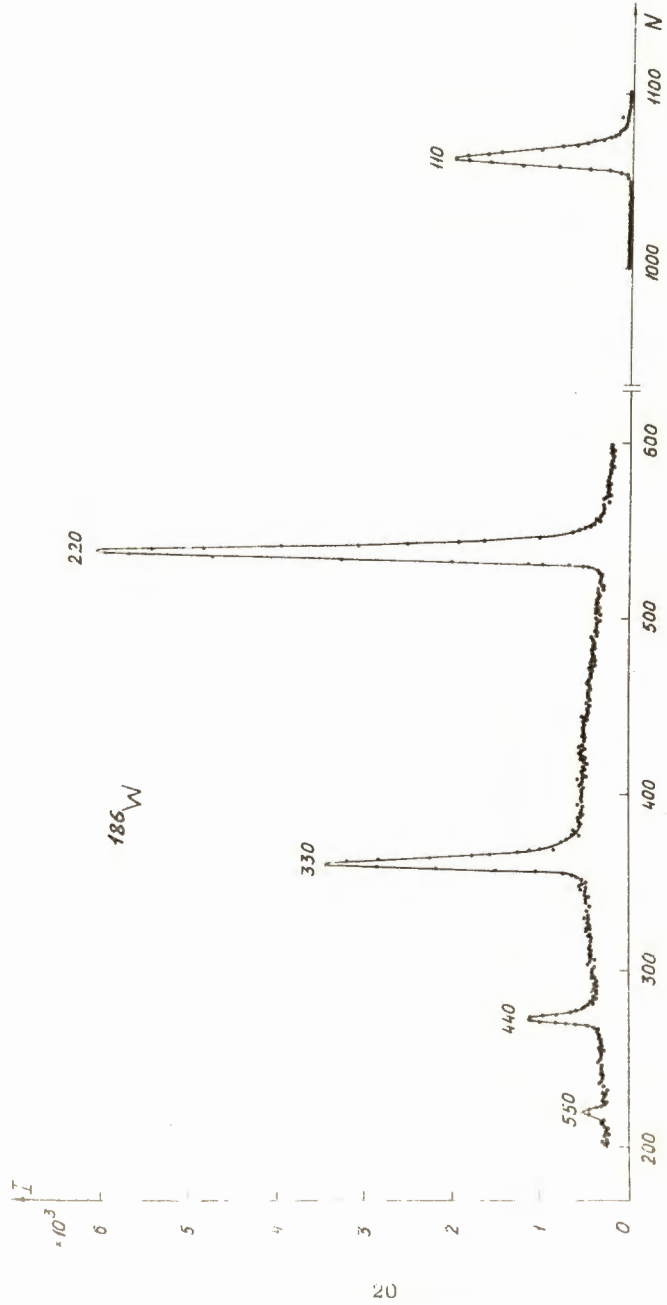


Рис.6. Нейтроннограмма монокристалла смеси W-186

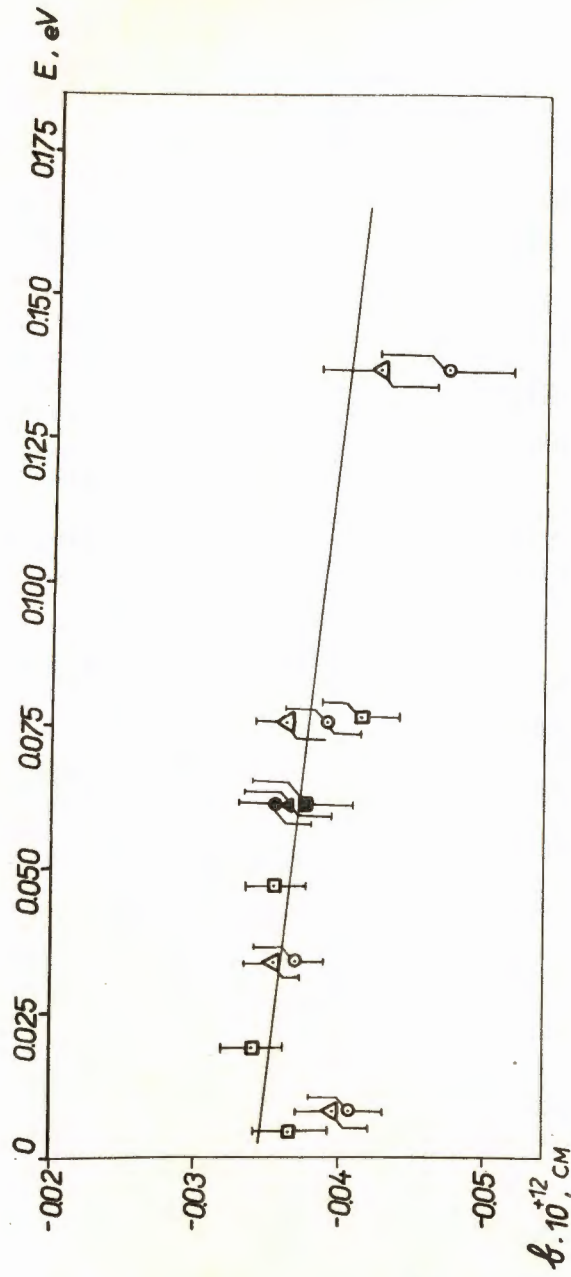


Рис.7 Зависимость b в ког., яд смеси W-186 от энергии E , \odot - первая серия измерений; Δ - вторая серия измерений; \square - третья серия измерений; \bullet - монохроматор ВВР, отражение (110); \blacktriangle - монохроматор ВВР, отражение (220); \blacksquare - монохроматор ВВР, отражение (330). Прямая рассчитана по формуле

$$b_{\text{ког., яд}} = R - \frac{\alpha \Gamma_n}{2k_0 E_0} (1 + E/E_0).$$

Значение b ког., яд (0) = $R - \frac{\alpha \Gamma_n}{2k_0 E_0}$ определено путем экстра-

поляции экспериментальных данных к энергии, равной нулю.