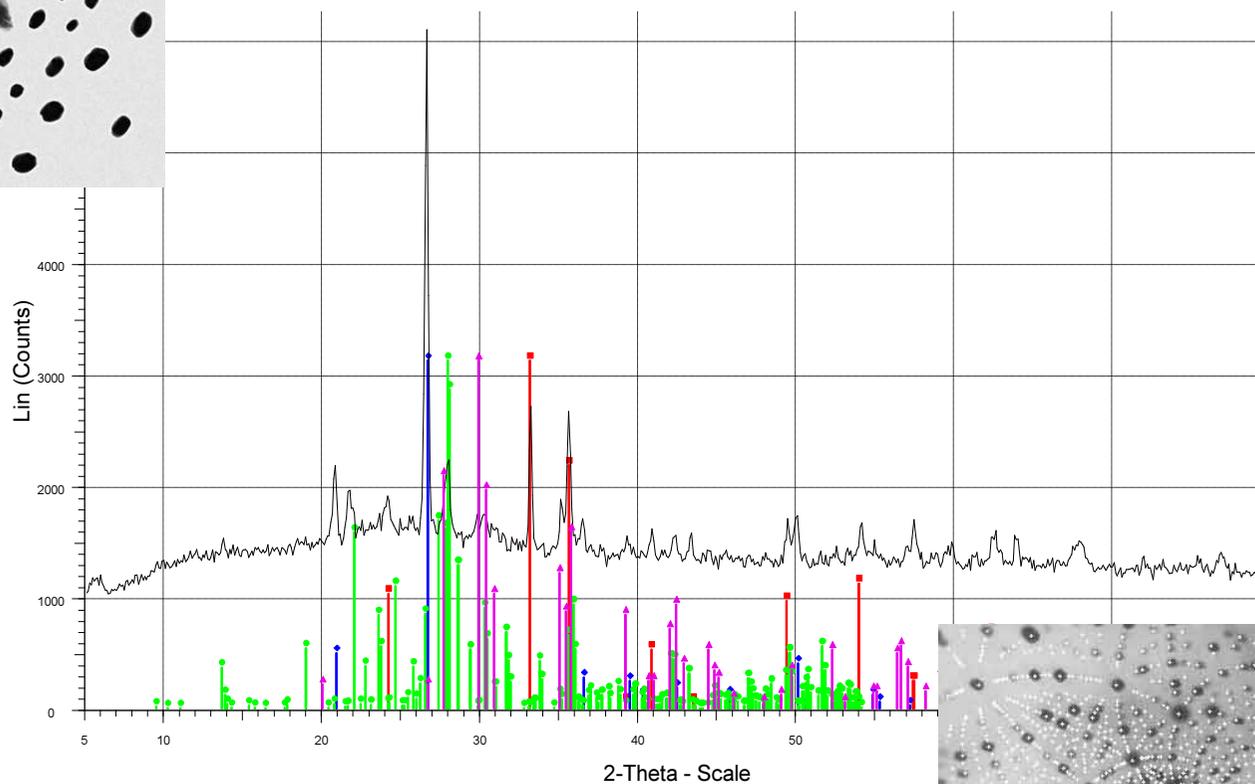
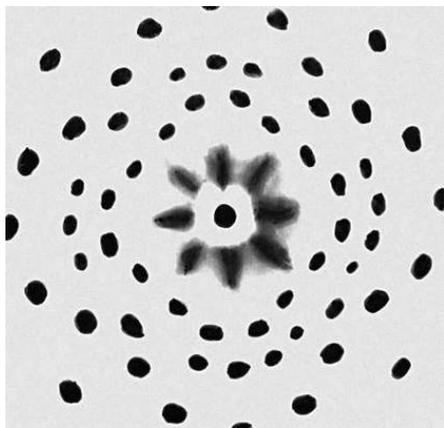
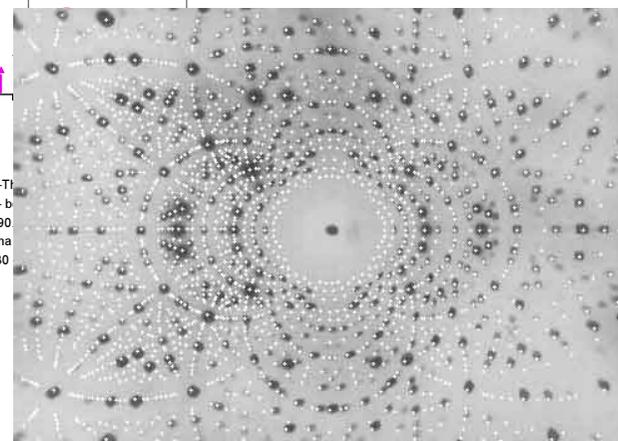


Дифракционные методы анализа



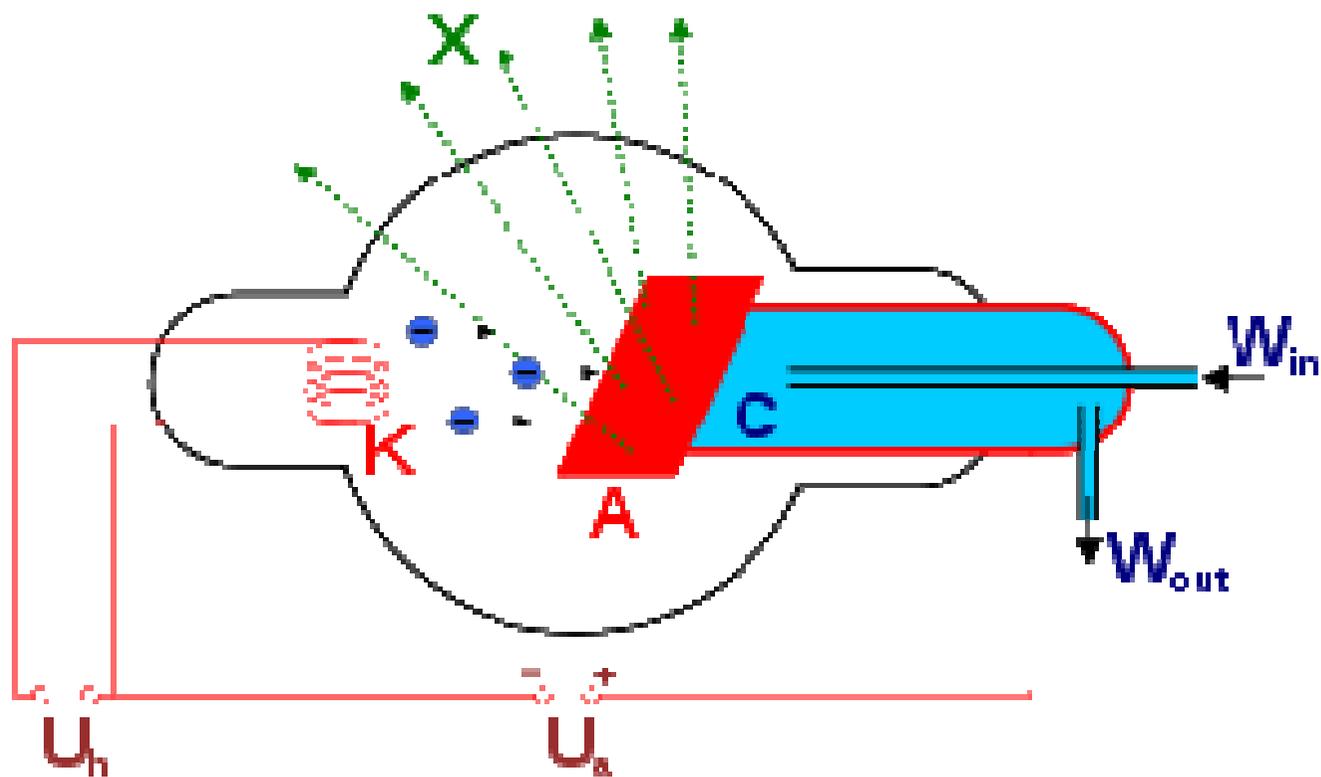
1 - File: 1.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.100 ° - Step time: 2. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 10 s - 2-Th
00-024-0072 (D) - Hematite - Fe2O3 - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal (Rh) - a 5.03800 - b 5.03800 - c 13.77200 - alpha 90.000 - b
00-046-1045 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91344 - b 4.91344 - c 5.40524 - alpha 90.000 - beta 90
01-089-1470 (A) - Anorthite, annealed - Ca(Al2Si2O8) - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.17700 - b 12.86700 - c 14.17000 - alpha
00-041-1483 (I) - Augite, aluminian - Ca(Mg,Fe,Al)(Si,Al)2O6 - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 9.74280 - b 8.89420 - c 5.27230



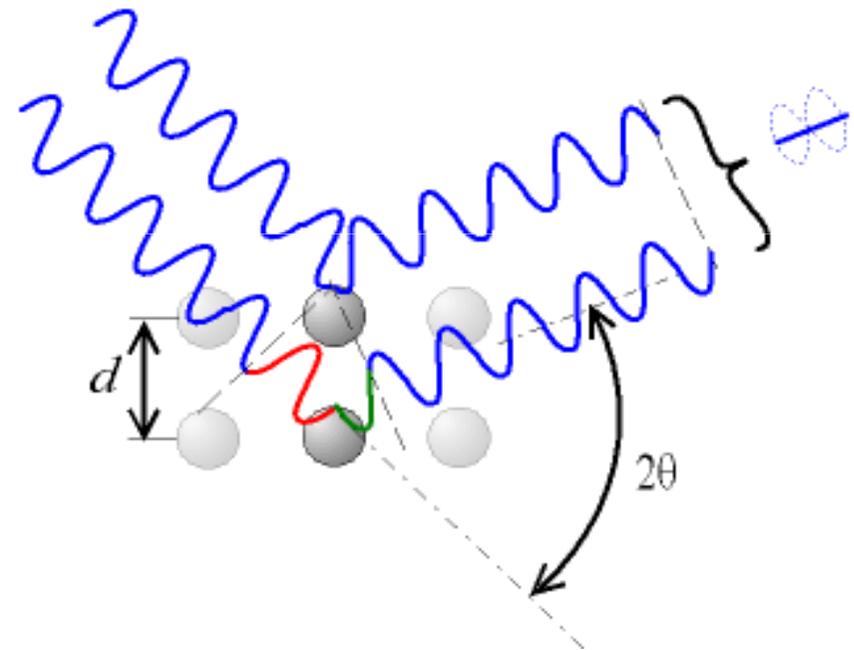
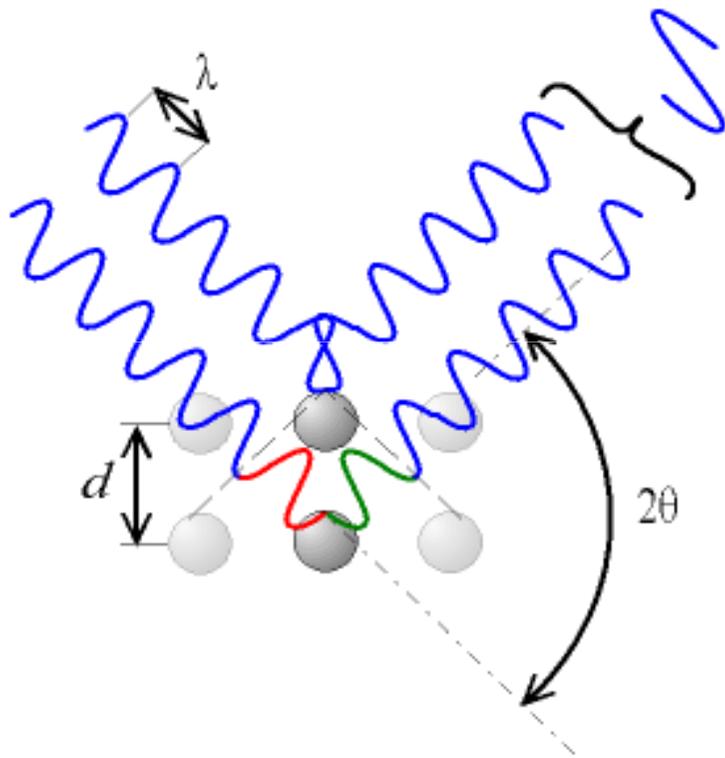
Рентгенографический анализ

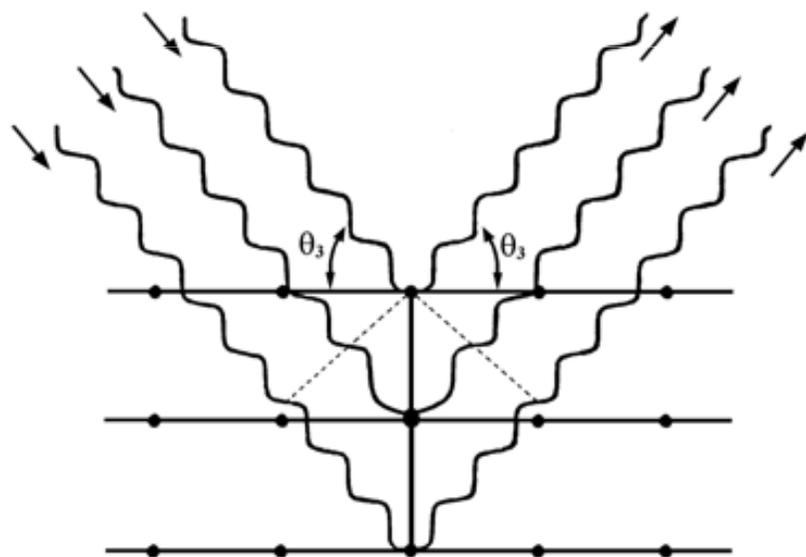
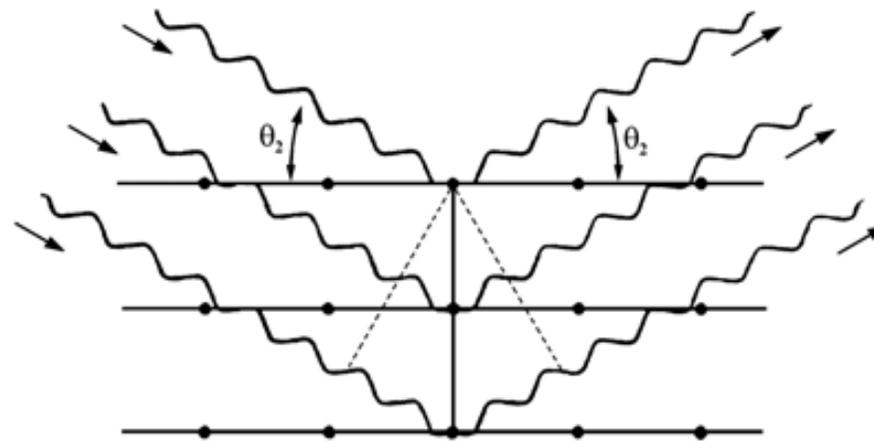
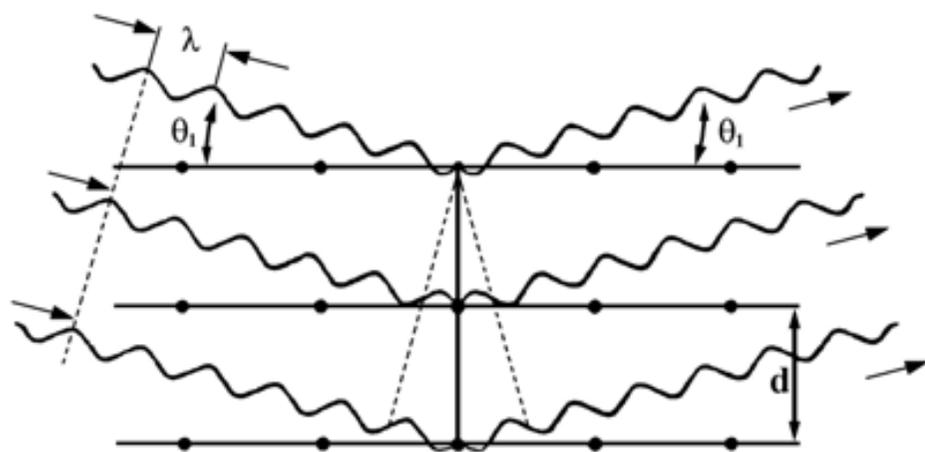
- **Рентгенофазовый** – качественный и количественный анализ минералогического состава материалов
- **Рентгеноструктурный** – определение формы, размера и типа элементарной ячейки, симметрии кристалла, координат атомов в пространстве, степени совершенства кристаллов и наличия в них дефектов, тип твердых растворов и т.п.
- **Дефектоскопия** – выявление внутренних микродефектов в изделиях

Схема рентгеновской трубки



Дифракция рентгеновских лучей



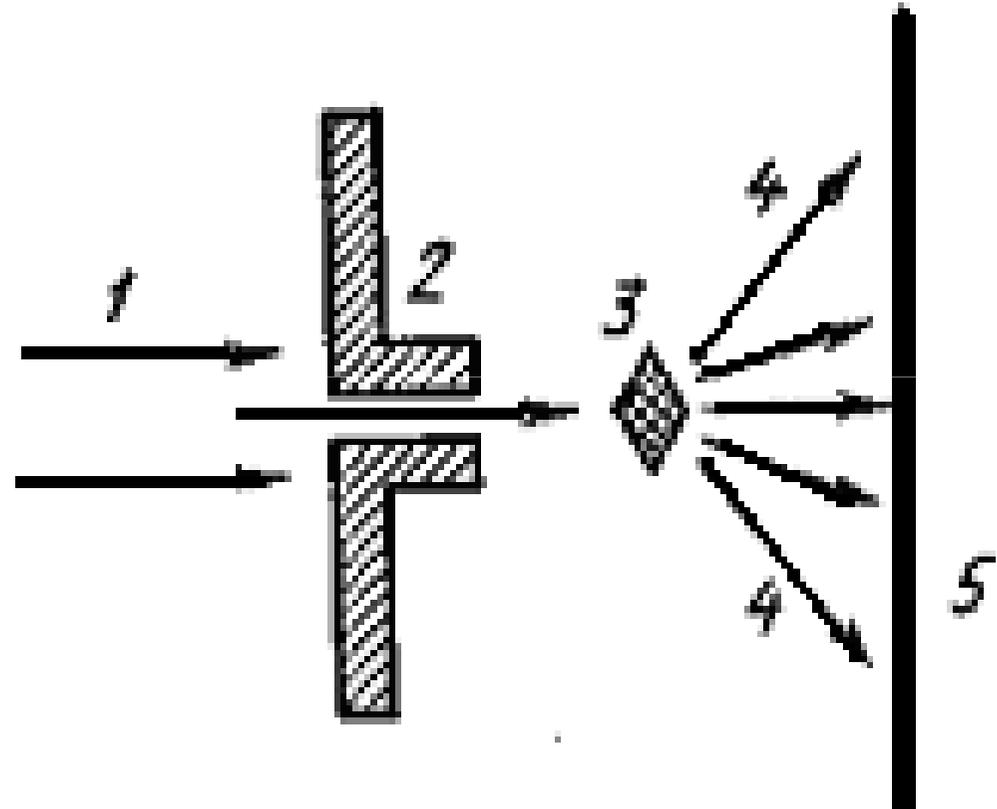


**Отражения первого, второго
и третьего порядков**

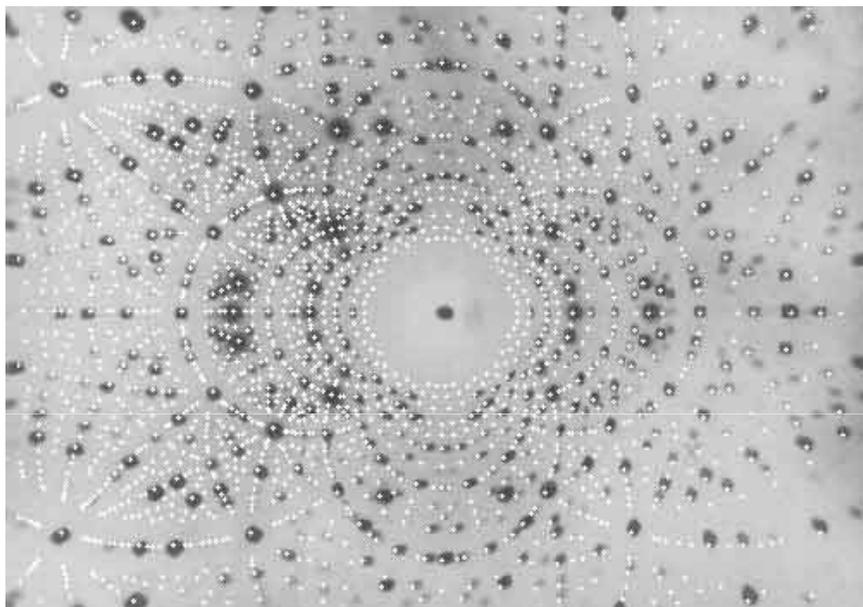
Рентгеноструктурный анализ

Схема прибора, работающего по методу Лауэ

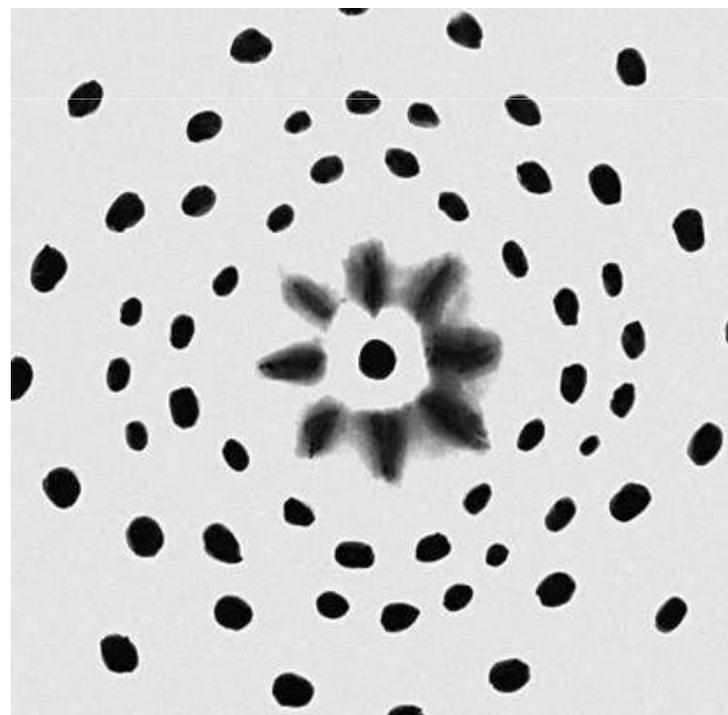
- 1 – полихроматическое излучение;
- 2 – коллиматор;
- 3 – монокристаллический образец;
- 4 – рассеянный луч;
- 5 – фотопленка



Лауэграмма монокристалла
 $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$



Лауэграмма монокристалла NaCl



Съемка методом порошка (метод Дебая-Шеррера) и вид рентгенограммы (дебаеграммы)

- 1 – рентгеновское излучение;
- 2 - образец;
- 3 - фотопленка;
- 4 - дифракционные конусы рентгеновского излучения

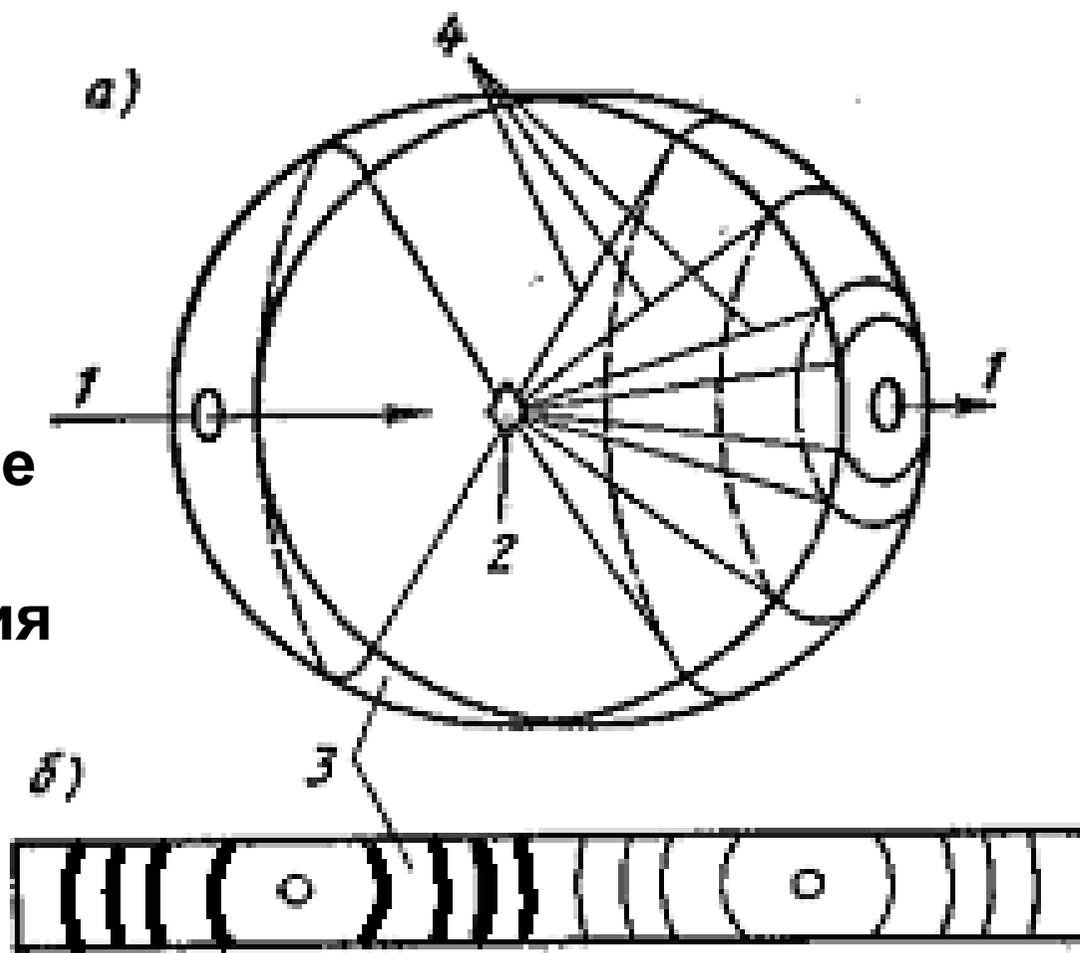
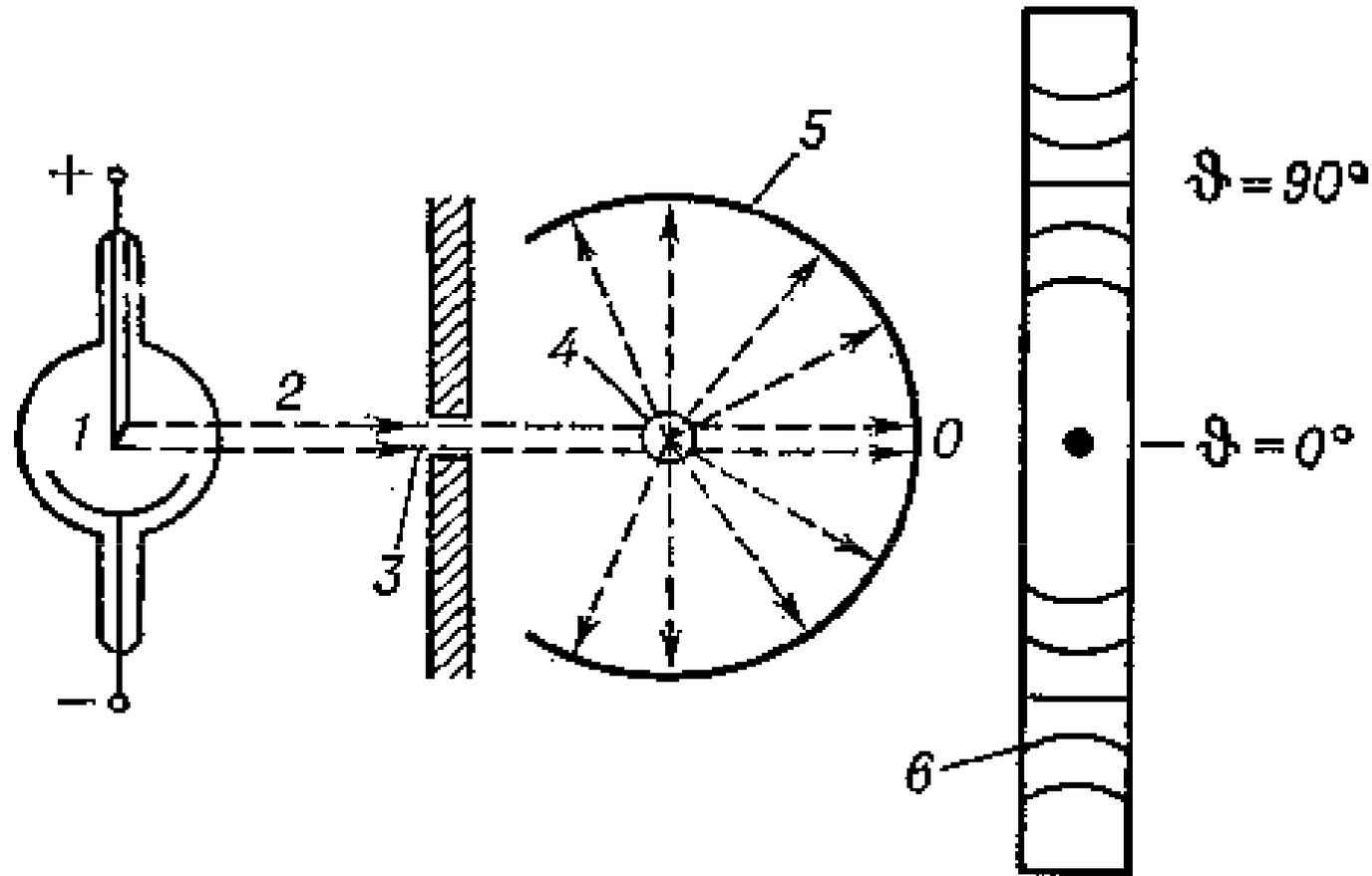
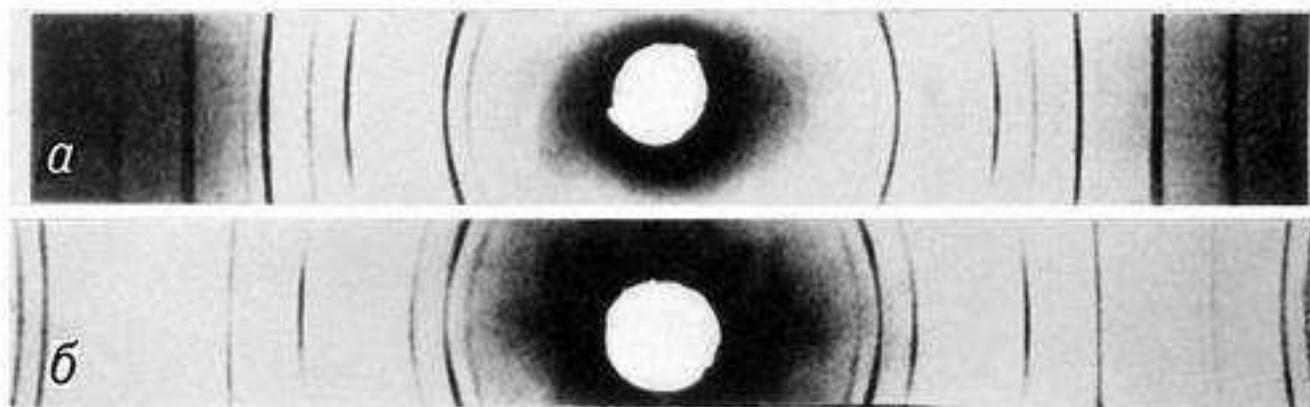


Схема съемки рентгенограммы по методу Дебая - Шеррера



1 — рентгеновская трубка; 2 — пучок монохроматического рентгеновского излучения; 3 — диафрагма (щель); 4 — кристалл; 5 — фотоплёнка; 6 — рентгенограмма; O — след, оставляемый лучами, проходящими кристалл насквозь.

**Дебаеграммы алюминия (а и б),
полученные соответственно на K_{α} - и K_{β} -
излучении меди.**



Дебаеграмма форстерита

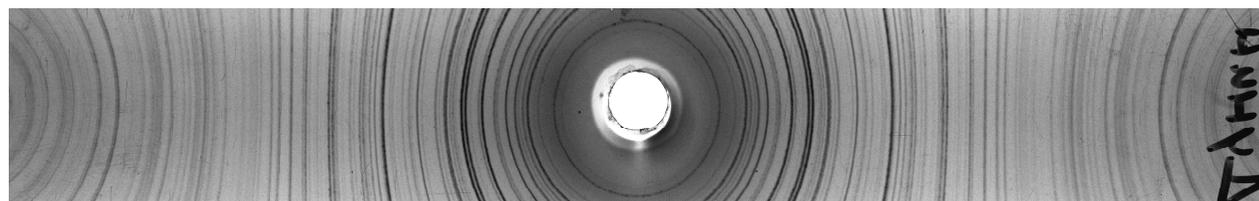
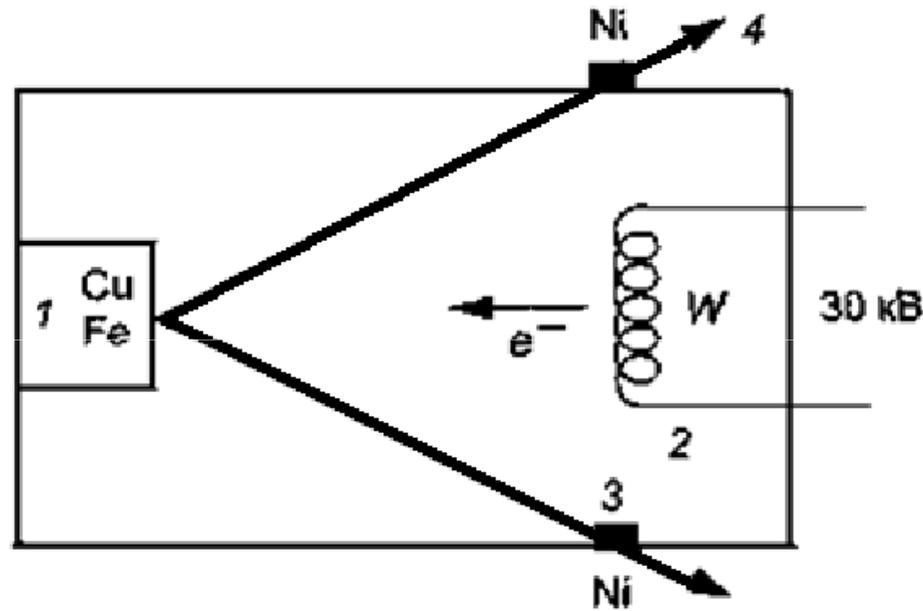


Схема рентгеновской трубки дифрактометра

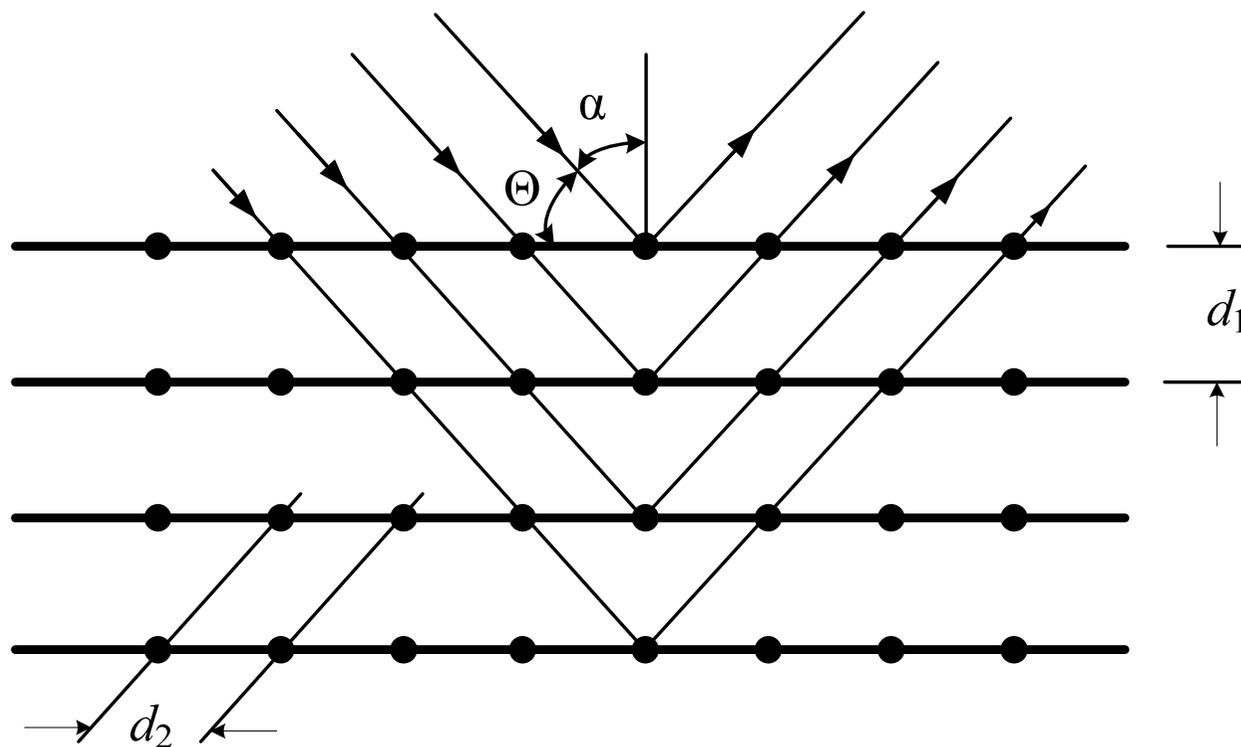


1 – анод; *2* – вольфрамовая нить;
3 – окно из Ni фольги; *4* – рентгеновский луч

Отражение рентгеновских лучей от атомных плоскостей кристалла:

Θ – угол скольжения (брегговский угол);

α – угол падения; d_1, d_2 – межплоскостные расстояния



Отраженные лучи распространяются в единой фазе (интенсивность возрастает), если соблюдается уравнение Вульфа – Брегга

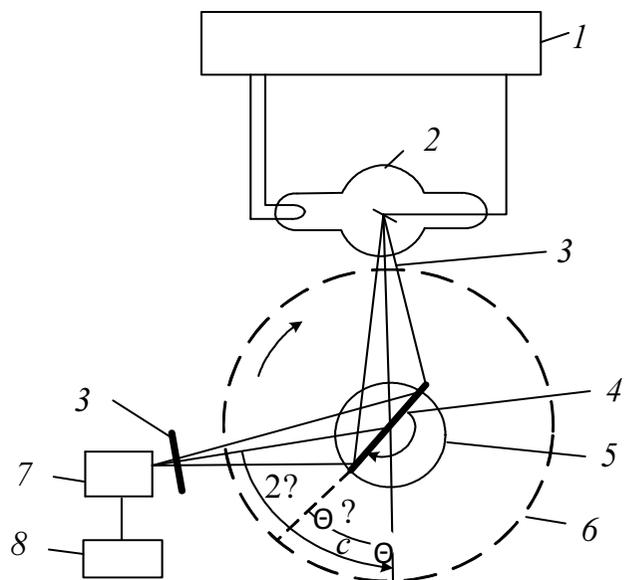
$$n \cdot \lambda = 2d \sin\theta,$$

где n – порядок отражения;

λ – длина волны рентгеновского луча;

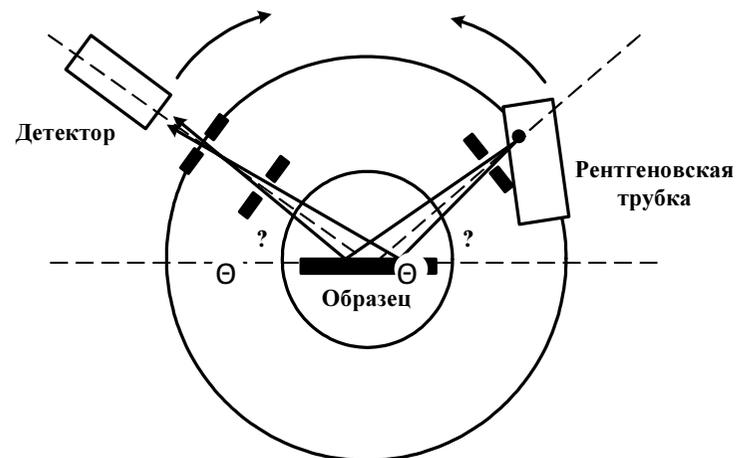
d – расстояние между атомными плоскостями кристалла;

θ – угол скольжения пучка лучей.



**Принципиальная схема
дифрактометра ДРОН-3:**

- 1* – генераторное устройство;
- 2* – рентгеновская трубка;
- 3* – диафрагма; *4* – образец;
- 5* – гониометр;



**Схема съемки
рентгенограмм при $2\theta - \theta$
гонометре**

Рентгенофазовый анализ (РФА)



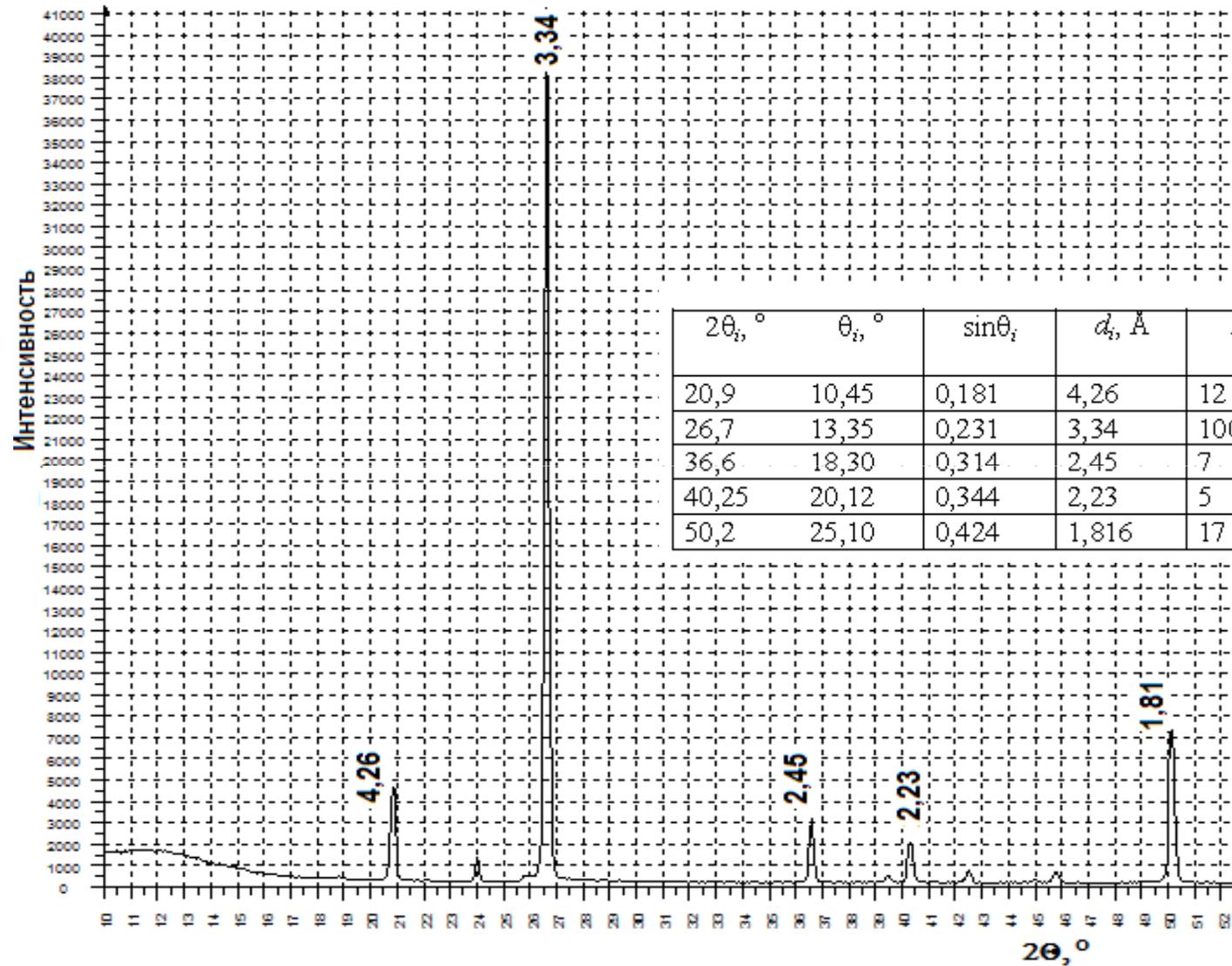
РФА выполняется на дифрактометрах ДРОН-3, ДРОН-4 (СССР), дифрак-тометре фирмы Bruker AXS марки D8 ADVANCE (Германия) и др.

Качественный фазовый анализ

Карточка из картотеки ASTM

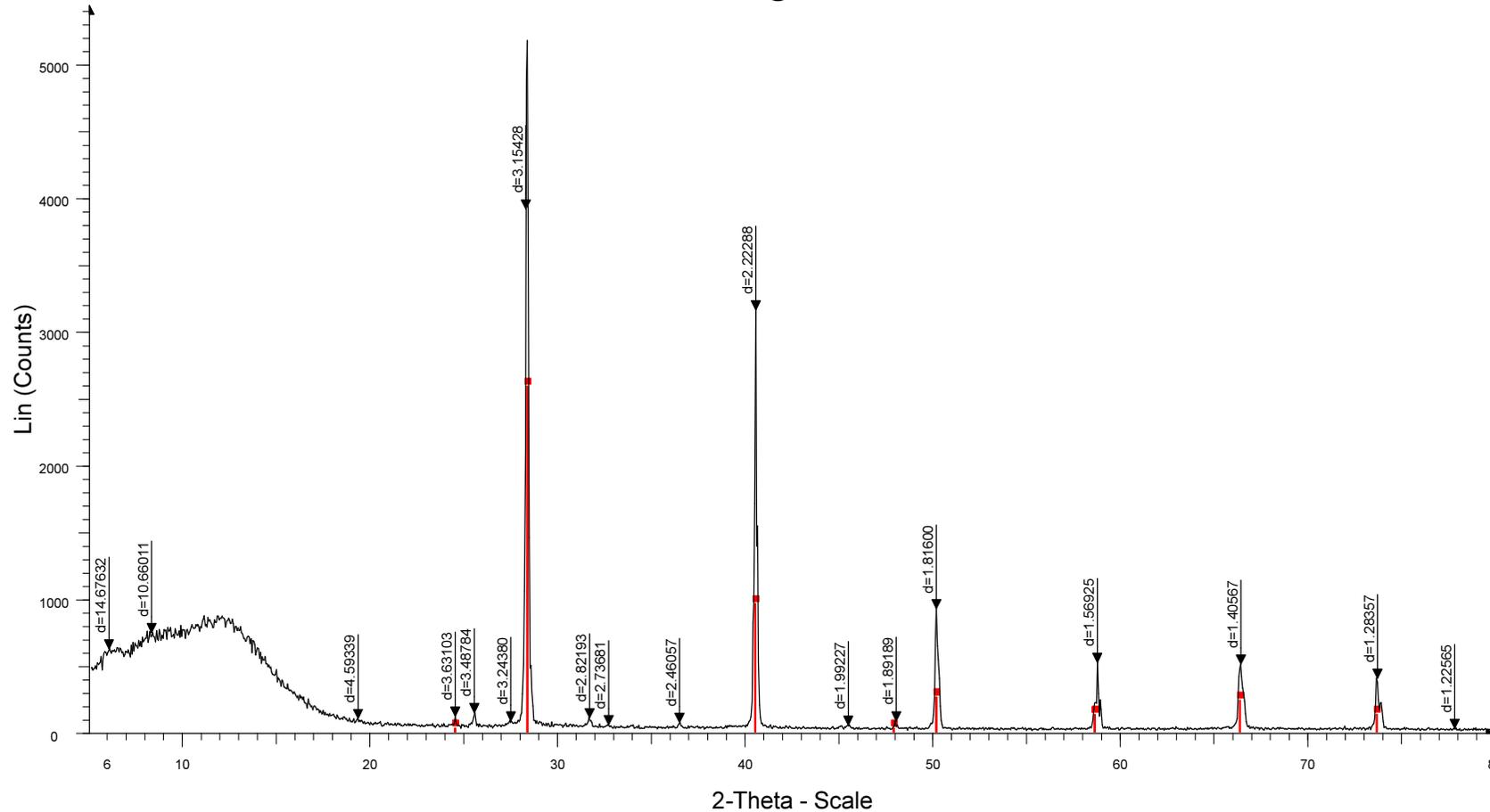
	d (Å)	l	h	k	l
$\alpha\text{-SiO}_2$	4.2600	80	2	0	0
SiliconOxide	3.7500	30	1	1	0
Quartz	3.3500	100	1	0	1
	2.460	60	1	1	0
	2.2800	60	0	1	2
	2.2400	50	1	2	0
	2.1300	40	2	0	1
	1.5400	70	2	1	1
	1.3700	80	1	0	4
	1.2600	40	2	2	0

Рентгенограмма кварца



Рентгенограмма галита

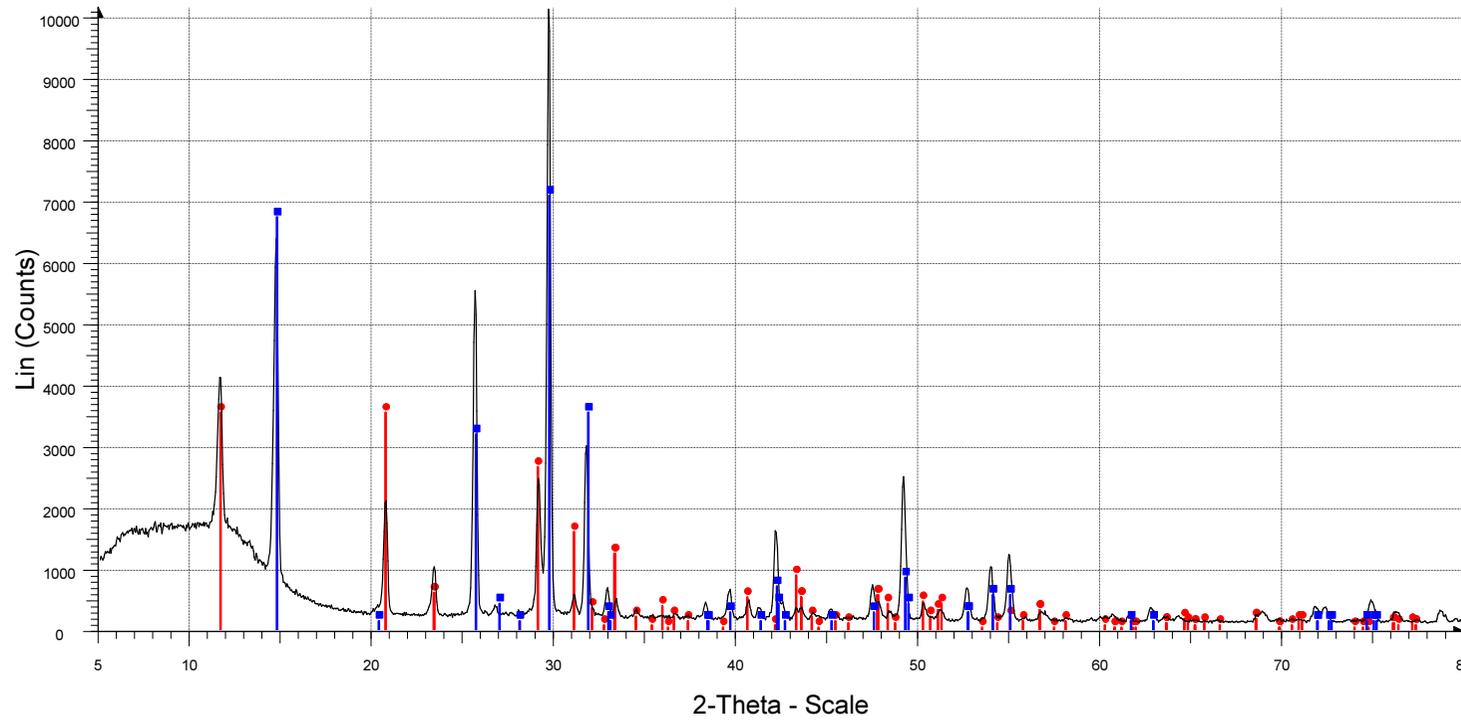
KCl gal



KCl gal - File: KCl gal.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 2. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 9 s - 2-Theta: 5.000 ° - Theta: 2.500 ° - Chi: 0.00 ° - Phi: 0.00 ° -
00-041-1476 (*) - Sylvite, syn - KCl - Y: 50.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Cubic - a 6.29170 - b 6.29170 - c 6.29170 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Face-centered - Fm-3m (225) - 4 - 249.060 - F15=

Рентгенограмма гипса

F1

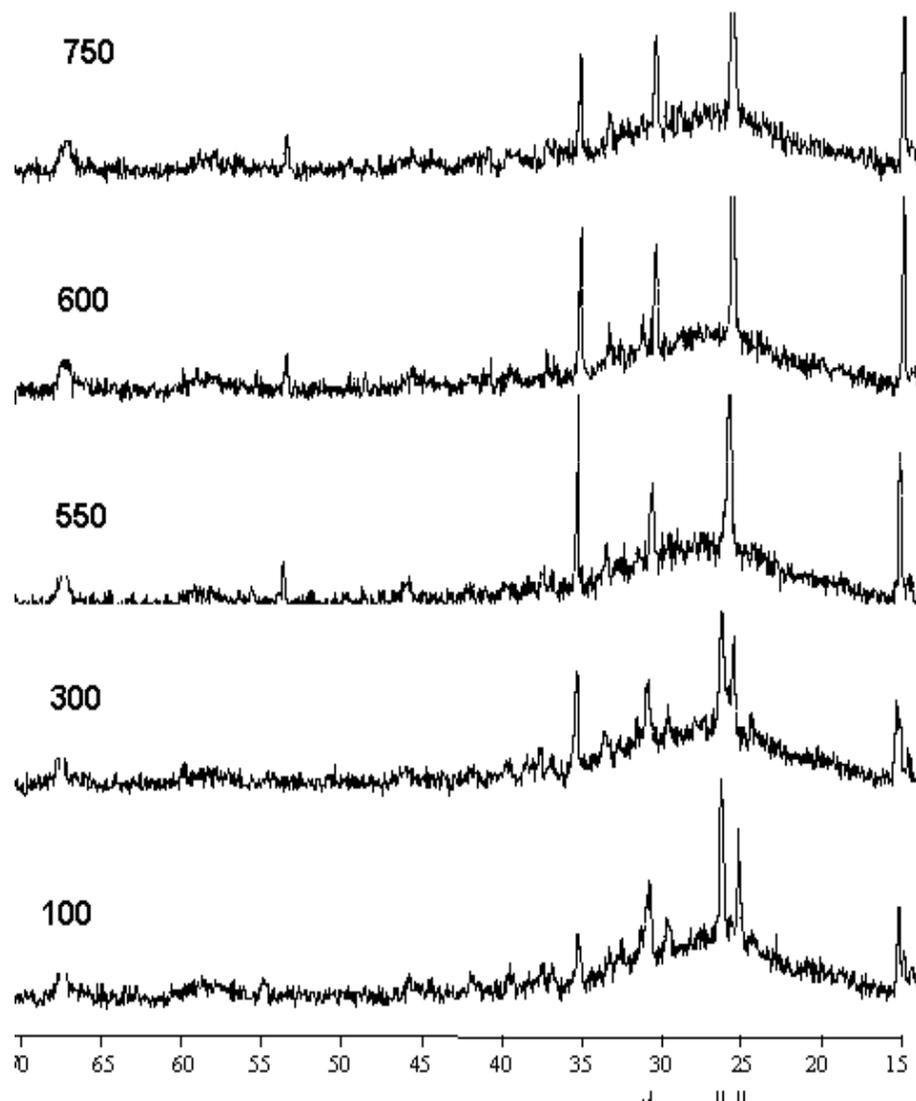


F1 - File: F1.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 2. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 10 s - 2-Theta: 5.000 ° - Theta: 2.500 ° - Chi: 0.0
00-014-0453 (D) - Bassanite, syn - β -CaSO₄·0.5H₂O - Y: 70.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 6.93100 - b 6.93100 - c 6.34400 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000
00-033-0311 (*) - Gypsum, syn - CaSO₄·2H₂O - Y: 35.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 6.28450 - b 15.20790 - c 5.67760 - alpha 90.000 - beta 114.090 - gamma 90.000 - Base-

Высокотемпературная рентгенография

Рентгенограммы синтетического лейцита при нагревании

Рентгенограммы сняты на дифрактометре D8 Advance фирмы “Bruker” с установленной на гониометре высокотемпературной приставкой с $\text{CuK}\alpha$ -излучением.



Нейтронографический анализ

Схема установки для нейтронографического анализа

Источник нейтронов –
атомный реактор.

1 – биологическая
защита;

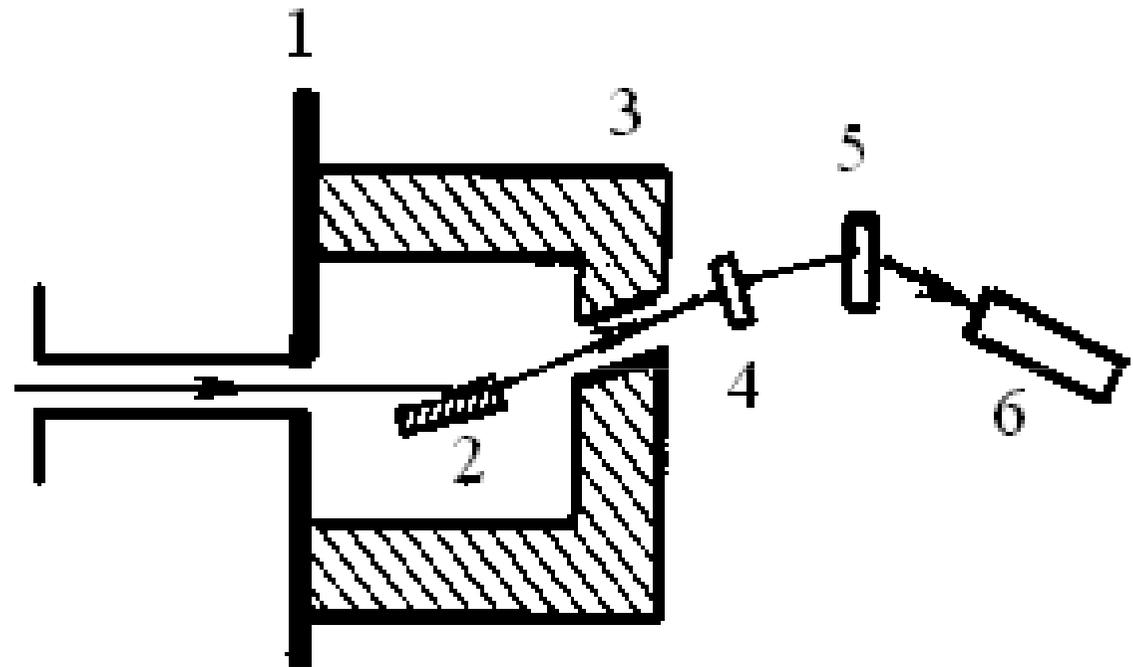
2 – монохроматизи-
рующий кристалл
(медь, свинец);

3 – защитная камера;

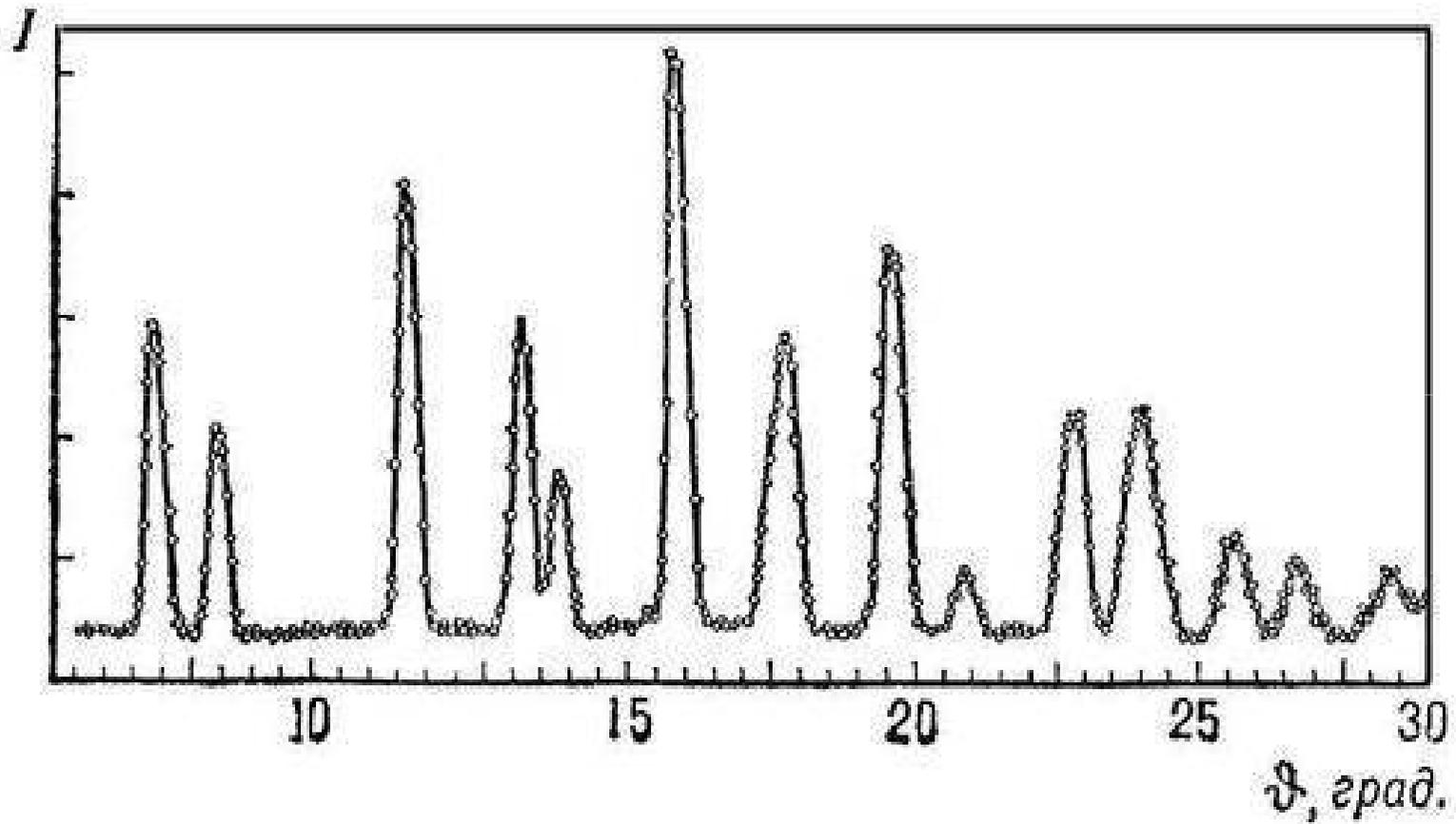
4 – счетчик;

5 – образец (порошок);

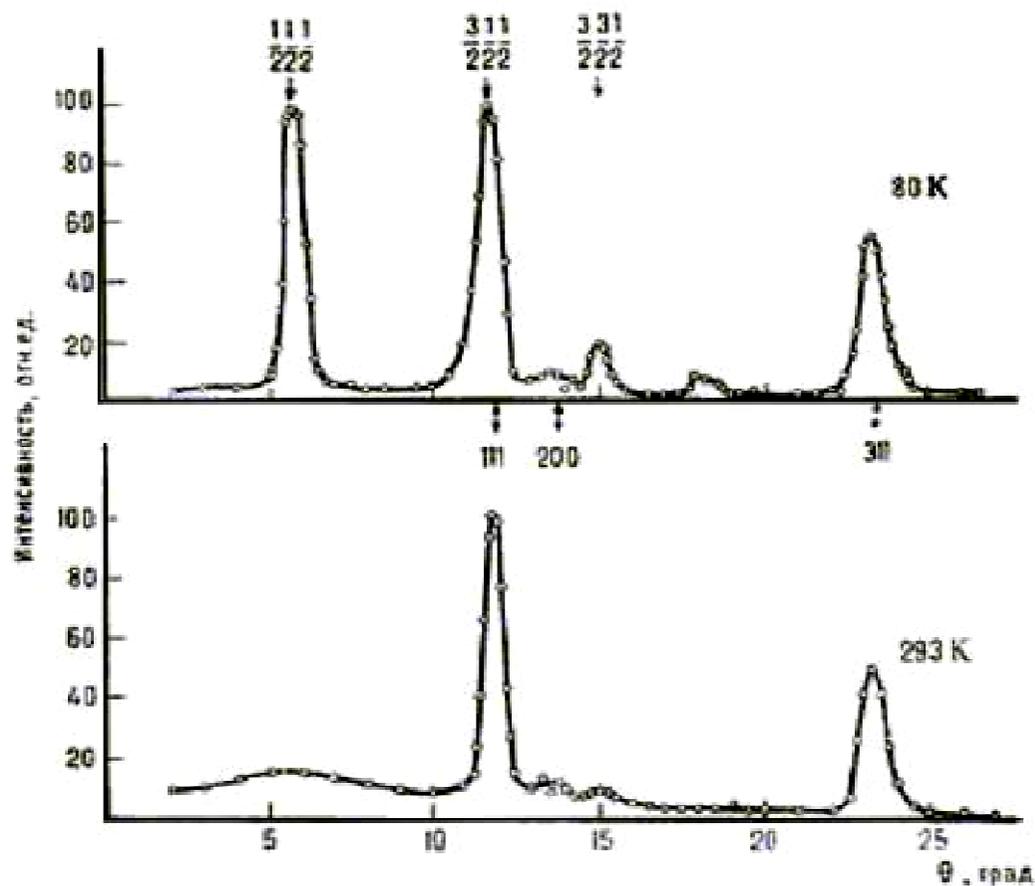
6 – счетчик нейтронов



Нейтронотграмма

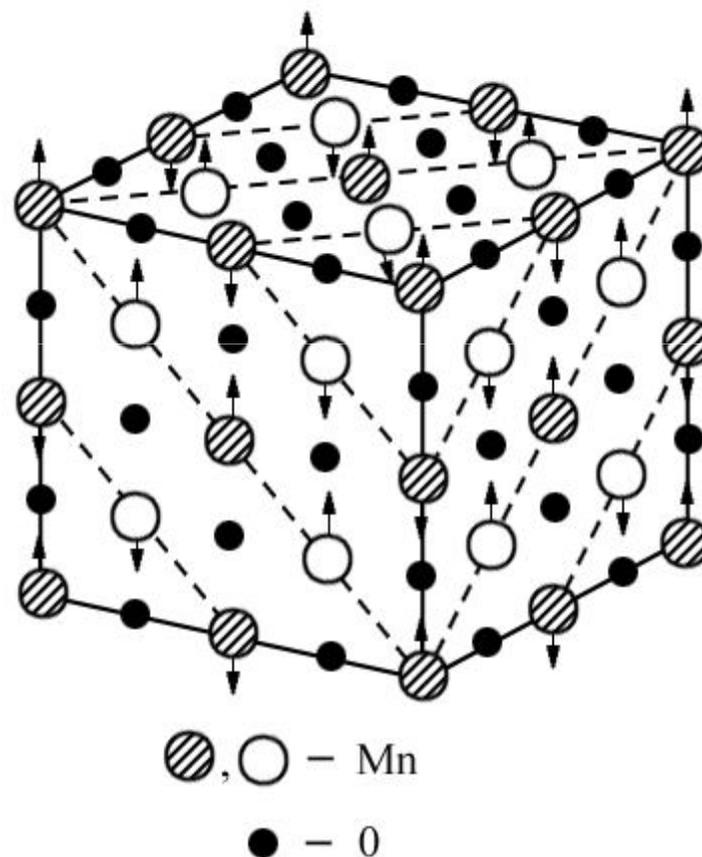


Исследования магнитной структуры кристалла MnO с помощью дифракции нейтронов

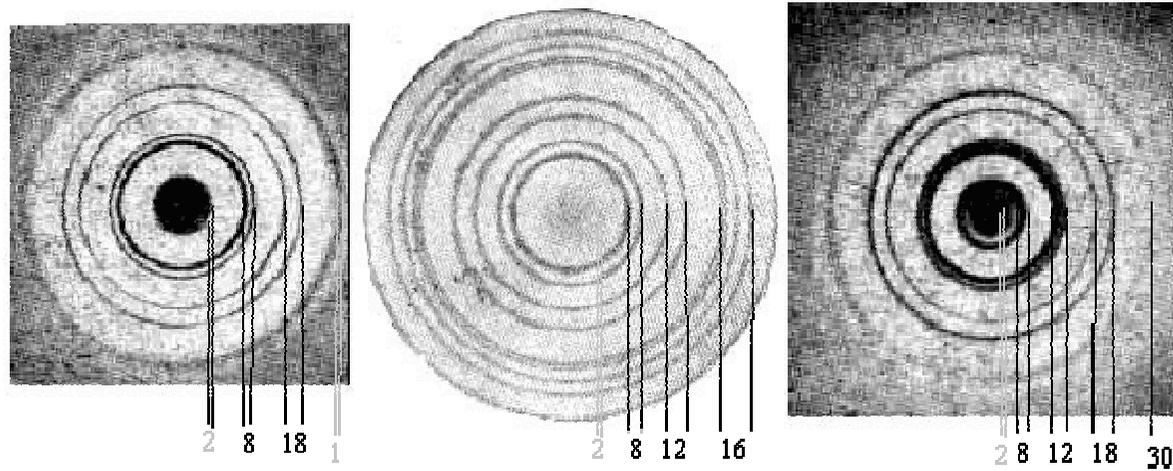


**Угловая
зависимость
интенсивности
дифрагировав
шего пучка
нейтронов при
температурах
80 К и 293 К**

Вид упорядочения магнитных моментов на атомах марганца в элементарной ячейке кристалла MnO , определенный по результатам нейтронографии



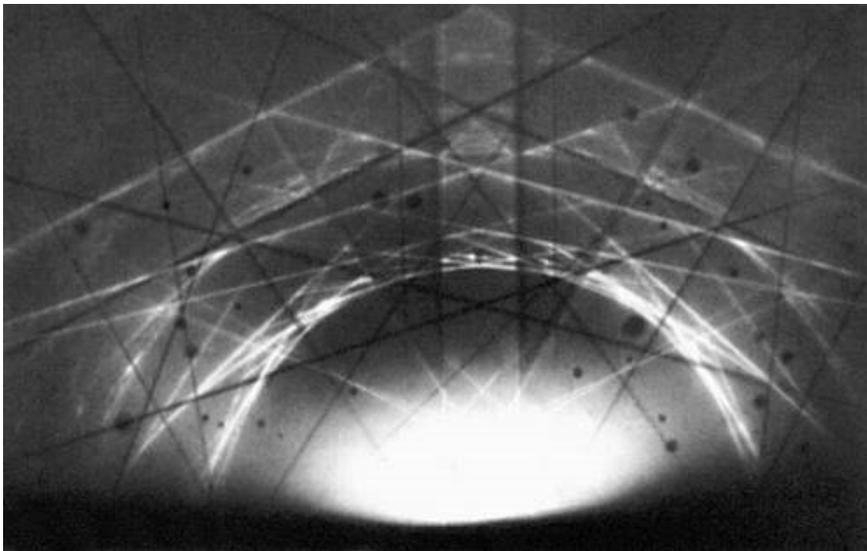
Электронография



Электронограммы металлов Cu, Ag, Au.
(распределение электронов Cu 2:8:18:1,
Ag 2:8:12:16:8:1, Au 2:8:12:18:30:8:1)

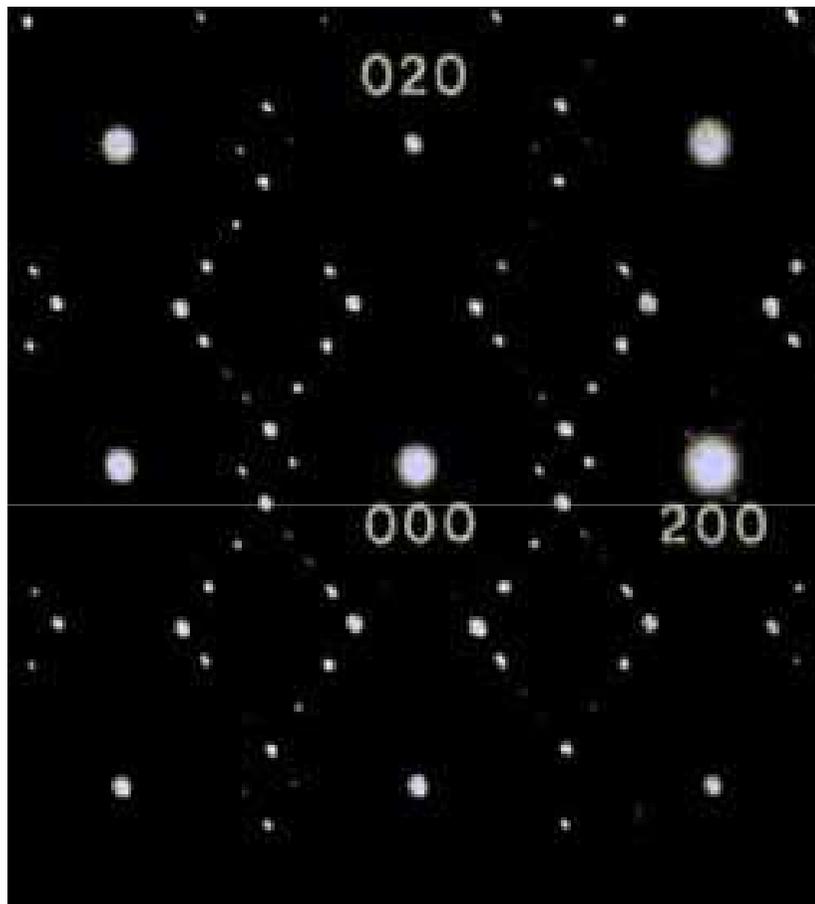


**Вид электронограммы
при частичной
ориентации
кристалликов**

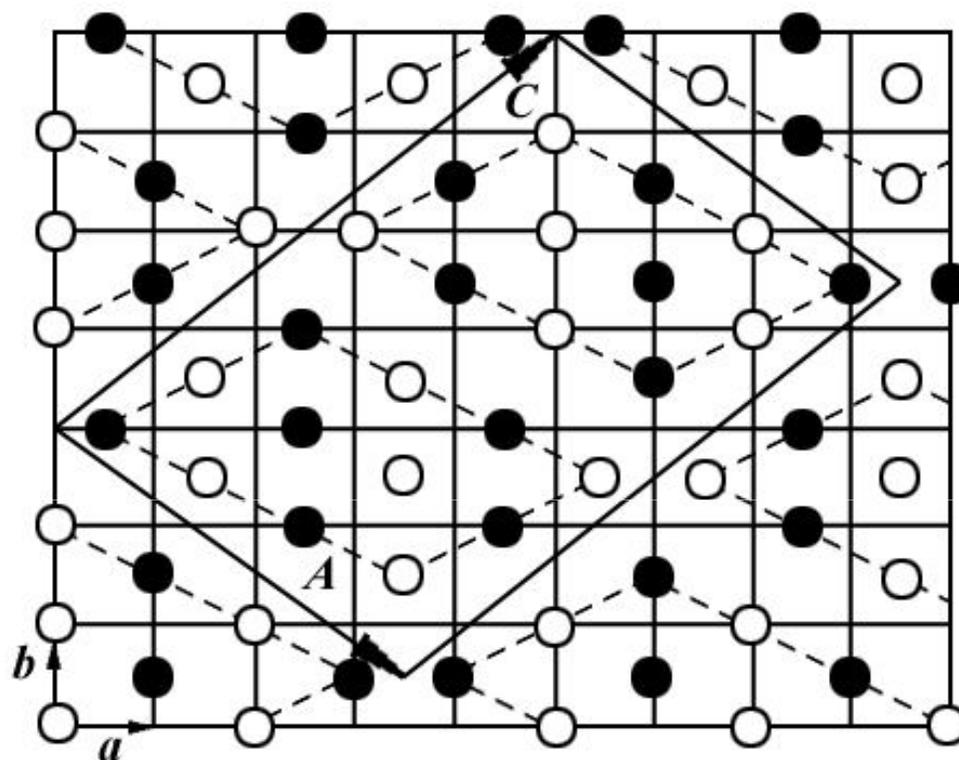


**Кикучи-
электронограмма,
полученная методом
«на отражение».**

Исследование структуры сплава золота и марганца с помощью электронного микроскопа



Картина дифракции электронов на исследуемом образце



Модель структуры сплава, полученная на основании проведенных исследований