

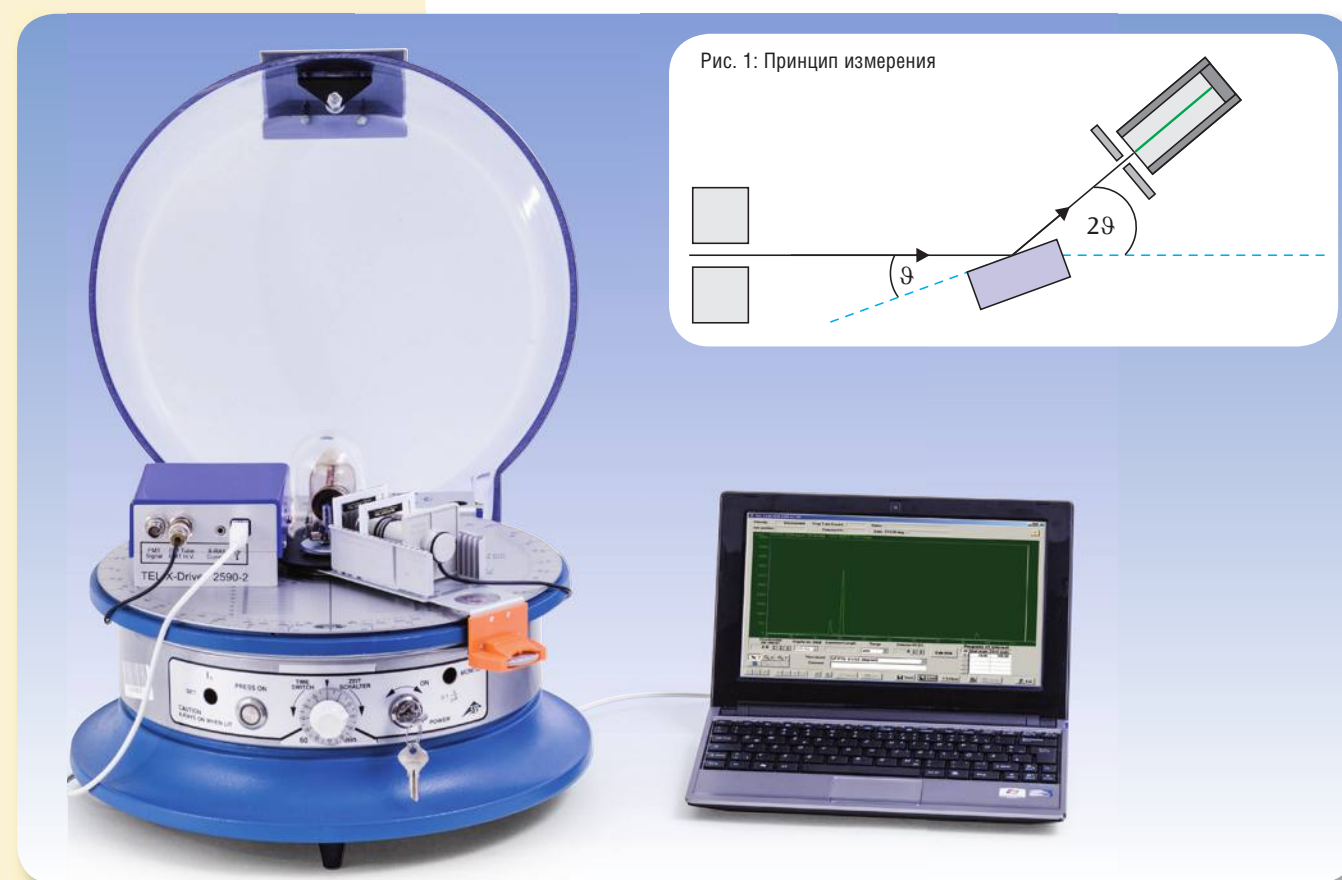


Рис. 1: Принцип измерения

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Запись дифракционных спектров рентгеновских лучей, испускаемых медным анодом при прохождении через кристаллы со структурой, подобной структуре кристаллов соли.
- Определение постоянных кристаллической решетки и сравнение размеров элементов кристаллов.

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Определение периодов кристаллической решетки кристаллов, структура которых аналогична структуре кристалла поваренной соли (NaCl)

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Измерение отражения Брэгга является основным методом исследования монокристаллов с использованием рентгеновского излучения. Этот метод предполагает отражение рентгеновского излучения от различных плоскостей кристаллической решетки, при котором вторичные волны, отраженные от отдельных слоев, претерпевают усиливающуюся интерференцию, если выполняется условие Брэгга. Если длина волны рентгеновского излучения известна, можно рассчитать расстояние, разделяющее плоскости кристаллической решетки. В этом опыте исследуются и сравниваются различные кристаллы, структура которых такая же, как у поваренной соли (NaCl).

НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Кол-во	Наименование	№ по каталогу
1	Рентгеновский аппарат (230 В, 50/60 Гц)	U192001 или
	Рентгеновский аппарат (115 В, 50/60 Гц)	U192001-US
1	Базовый набор для опыта по отражению Брэгга	U19212
1	Принадлежности для кристаллографии	U19206
1	Блок привода для изучения дифракции Брэгга	U40207

2

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Основной метод исследования монокристаллов с использованием рентгеновского излучения был предложен Уильямом Генри Брэггом и Уильямом Лоуренсом Брэггом. Они предложили объяснение того, как атомы или ионы выстраиваются в кристалле, принимая форму параллельных слоев в структуре, содержащей атомы элементов кристаллической решетки. Тогда падающие плоские волны рентгеновского излучения должны отражаться от этих слоев, но длина волны рентгеновского излучения не должна меняться.

Направление падающих и отраженных лучей, параллельное волновым фронтам, должно бы было удовлетворять правилу «угол падения = угол отражения». Следует также ожидать, что вторичные волны, отраженные от различных слоев решетки, будут налагаться друг на друга, при этом эта интерференция будет усиливаться, если разница пройденного вторичными волнами расстояния Δ кратна длине волны λ . Разницу пройденного расстояния можно получить с помощью Рис. 1, на котором видно, что

$$(1) \quad \Delta = 2 \cdot d \cdot \sin \theta.$$

d : расстояние между плоскостями кристаллической решетки

θ : угол падающих и отраженных лучей

Это означает, что условием усиливающейся интерференции является

$$(2) \quad 2 \cdot d \cdot \sin \theta_n = n \cdot \lambda.$$

Поэтому, если используется монохромное рентгеновское излучение известной длины волны, расстояние между плоскостями кристаллической решетки d можно найти, измерив углы.

На практике это осуществляется путем поворота кристалла на угол θ относительно угла падения с одновременным перемещением счетчика Гейгера-Мюллера на угол 2θ , см. Рис. 2. Таким образом, условие (2) точно выполняется, когда счетчик Гейгера регистрирует максимальную интенсивность.

В этом опыте используется характерное рентгеновское излучение, создаваемое рентгеновской трубкой с медным анодом. Она дает излучение K_α с длиной волны $\lambda = 154$ нм и излучение K_β с длиной волны $\lambda = 138$ нм. Использование никелевого фильтра позволяет подавить большую часть излучения K_β , так как граница полосы поглощения никеля находится между двумя вышеуказанными длинами волн. Помимо характерного излучения, все рентгеновские трубки также излучают bremsstrahlung (дословно: «тормозное излучение»), имеющее некоторый непрерывный спектр. Оно представлено в виде фона под пиками измеряемых кривых, которые соответствуют линиям характеристического излучения.

В этом опыте исследуются кубические монокристаллы, которые нарезаны параллельно их лицевой грани (100). Это позволяет легко определить плоскости кристаллической решетки, имеющие отношение к отражению Брэгга. Для повышения точности измерения рассматриваются несколько порядков дифракции.

К участвующим в опыте кристаллам относятся кристаллы LiF и NaCl. Можно также провести дополнительные измерения с использованием кристаллов KCl и RbCl. Все они имеют одинаковую структуру кристаллической решетки, в которой чередуются атомы двух видов. Поэтому расстояние между плоскостями решетки d равно половине постоянной решетки a .

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

С помощью выражения (2) можно получить следующее уравнение для определения постоянных кристаллической решетки:

$$a = 2 \cdot d = \lambda_{\text{K}\alpha} \cdot \frac{n}{\sin \theta_n}$$

Сравнение значений, полученных для NaCl, KCl и RbCl, указывает на то, что постоянная решетки связана с размером ионов щелочных металлов. Постоянные решетки LiF и NaCl также отличаются из-за того, что атомы элементов кристалла имеют разные размеры.

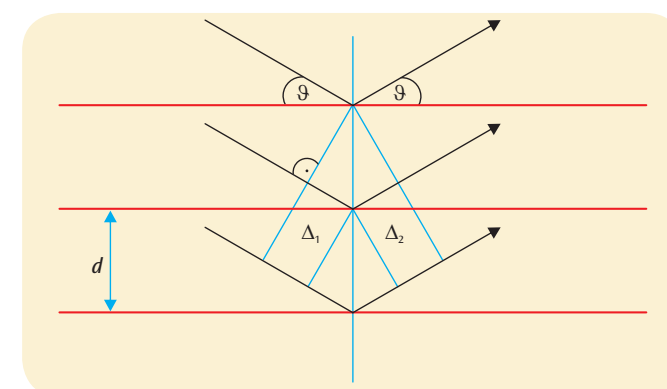


Рис. 2: Схема получения условия Брэгга

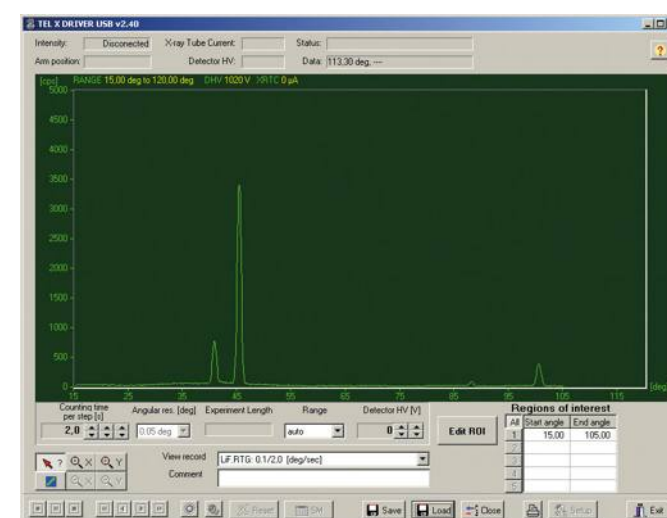


Рис. 3: Характеристика Брэгга для NaCl

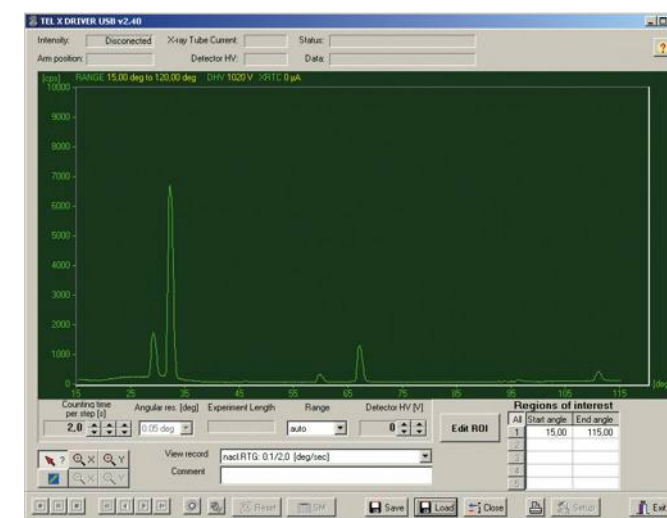


Рис. 4: Характеристика Брэгга для LiF



Рис. 5: Кристалл NaCl