

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ**УМЕНЬШЕНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ КРИСТАЛЛОМ ПРИ ПАДЕНИИ
ПОД УГЛОМ ОТРАЖЕНИЯ**

Рассматривая отражение рентгеновских лучей кристаллом, мы допускаем всегда, что ослабление первичного луча обусловливается двумя факторами: обычным поглощением и экранированием нижних слоёв кристалла верхними. Возрастание коэффициента ослабления рентгеновских лучей при падении на кристалл под углом θ ($\sin \theta = \frac{n\lambda}{2a}$) кажется на первый взгляд совершенно необходимым событием, так как в этом положении добавочная доля энергии первичного луча идёт на отражение.

В связи с этим представляют интерес недавно опубликованные эксперименты¹, которые отчётливо показывают, что в ряде подобных случаев вместо ожидаемого увеличения ослабления имеет место уменьшение ослабления первичного луча.

Опыты производились с помощью K_{β} -излучения меди. Было исследовано поведение кристаллов кальцита, слюды и гексаметилентетрамина.

Параллельный пучок строго монохроматических лучей проходил через кристалл, который был вырезан и установлен так, чтобы пути проходящего и отражённого лучей в кристалле были в точности одинаковыми. Интенсивности обоих лучей измерялись счётчиками. Кристалл проворачивался через отражающее положение (в пределах ± 2 минуты для кальцита, ± 4 минуты для гексаметилентетрамина и ± 20 минут для слюды). Были построены кривые интенсивности в функции угла поворота, примеры которых приведены на рисунке.

Как видно из графиков, при угле отражения интенсивность прошедшего луча возрастает. В случае рис. 1, б интенсивность прошедшего луча вне области отражения равна нулю; в интервале дифракции ослабление уменьшилось настолько, что прошедший луч дал столь же чёткую кривую интенсивности, сколь и отражённый.

Однако указанный эффект не является универсальным. В случае гексаметилентетрамина интенсивность прошедшего луча не меняется при прохождении кристалла через отражающее положение. Слабое увеличение интенсивности было отмечено для слюды.

Вероятно, что описанный эффект малозаметен у мозаичных кристаллов, так как он тем меньше, чем шире интервал отражения. Каково же объяснение этого эффекта?

Динамическая теория интерференции рентгеновских лучей (строго говоря, применимая лишь к идеальному кристаллу) была распространена

на случай поглощающего кристалла ещё в 1933 г. Однако вопрос о влиянии поглощения на интенсивность проходящего луча в случае отражающего положения кристалла рассмотрен не был.

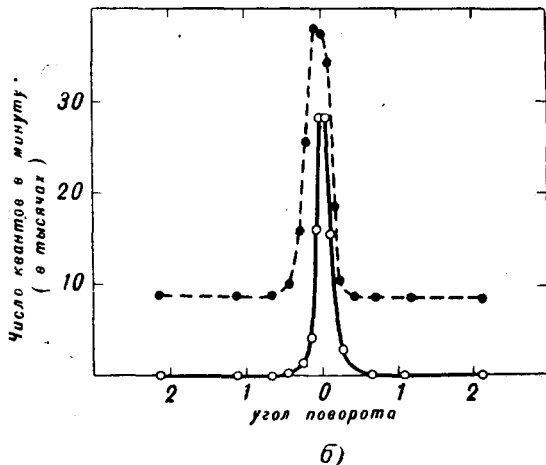
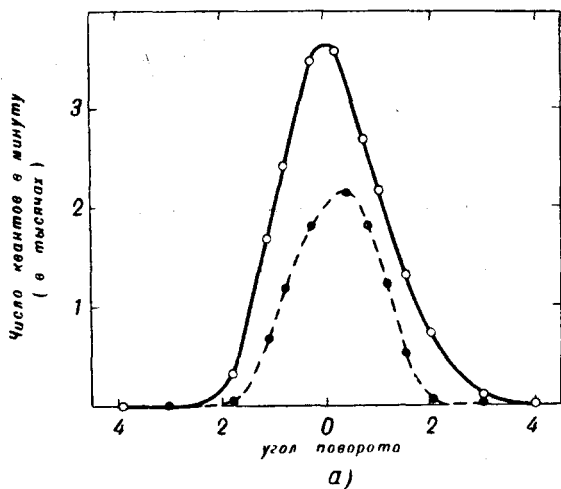


Рис. 1. а) — кальцит. Отражение (10 — 11). Травленный кристалл примерно 1 мм толщиной; б) — кальцит. Отражение (10 — 11). Шлифованный кристалл 0,75 мм толщиной. Падающий луч $1,2 \cdot 10^6$ квант/мин.

В обоих случаях по вертикали отложена интенсивность в 1000 квант/мин., а по оси абсцисс — угол поворота в минутах дуги. Пунктирная кривая — прошедший луч. Сплошная кривая — отражённый луч.

Для того чтобы исследовать эту проблему, Лауэ² рассматривает комплексную функцию $\chi(xyz)$ — функцию координат кристаллического пространства, действительная часть которой есть электронная плотность кристалла, а мнимая описывает поглощение. Если разложить χ в ряд Фурье, то коэффициенты разложения действительной части дадут амплитуды рассеянного излучения, а коэффициенты разложения мнимой части дадут факторы затухания. Этим принимается, по сути дела, что коэффициент поглощения лучей имеет физический смысл лишь при указании, о каком дифракционном луче hkl идёт речь.

Заменяя в известных формулах динамической теории интерференции (см., например, Р. В. Джемс, Оптические принципы дифракции рентгеновских лучей, ИЛ, 1950) действительную функцию — электронную плотность — на комплексную, можно показать, какие особенности вносит поглощение в явление дифракции рентгеновских лучей кристаллов. Целый ряд этих особенностей (например, асимметрия интерференционной кривой) был установлен ранее.

В цитированной работе Лауэ рассчитывает коэффициенты поглощения проходящей и диффракционной волн и показывает, 1) что эти коэффициенты поглощения различны, 2) что они зависят от величины, характерной для данной интерференции

$$\Psi_{hkl} = \chi'_{hkl} \chi''_{\bar{h}\bar{k}\bar{l}} + \chi''_{hkl} \chi'_{\bar{h}\bar{k}\bar{l}},$$

где χ' и χ'' — действительная и мнимая части коэффициента разложения в ряд Фурье функции $\chi(xyz)$, 3) что при $\Psi_h > 0$ поглощение больше нормального (т. е. имеющего место при отсутствии дифракции) у отражённого луча, а при $\Psi_h < 0$ оно больше у проходящего луча.

Таким образом, уменьшенное поглощение проходящего луча формально объясняется теорией Лауэ; оно должно сопровождаться усиленным поглощением дифракционного луча.

Следует отметить, что в количественном отношении между вычислениями и опытом имеются существенные различия. Как бы то ни было, ясно, что поглощение плоской волны, проходящей через кристалл, существенным образом отличается от поглощения волнового поля в случае, когда кристалл находится в отражающем положении.

В ряде случаев явление экранирования противостоит другой, значительно более сильный эффект.

А. К.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. H. N. Campbell, J. Appl. Phys. **22**, 1139 (1951).
2. M. Laue, Acta Cryst. **2**, 126 (1949).