

Выделяют два основных механизма взаимодействия рентгеновского излучения с веществом:

1. Упругое (когерентное) рассеяние.

В этом случае при попадании рентгеновского излучения на вещество электроны под действием электромагнитного поля рентгеновских лучей начинают совершать колебания и испускать при этом вторичное излучение той же частоты, что и падающее, но отличающееся от него сдвигом по фазе.

Волны, рассеянные когерентно, могут интерферировать между собой и с первичным излучением (поскольку имеют одинаковую частоту).

2. Неупругое (некогерентное, комптоновское) рассеяние.

Во втором случае энергия первичного рентгеновского пучка частично поглощается веществом, вследствие этого частота рассеянного излучения оказывается меньше, чем первичного.

Волны, рассеянные некогерентно, не интерферируют с первичными и рассеянными когерентно, поскольку их частоты отличаются.

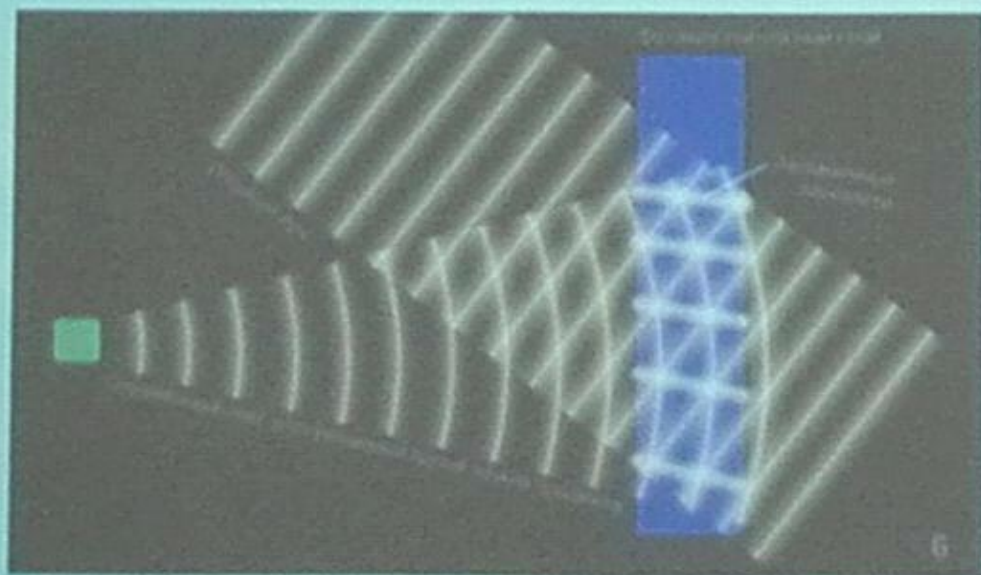
Структурный анализ основан на анализе интерференционной картины когерентно рассеянного излучения. Кристаллы представляют собой трехмерные периодические образования, а длина волны рентгеновских лучей сопоставима с периодом повторяемости в кристаллах, поэтому при прохождении рентгеновских лучей через кристалл можно наблюдать дифракционную картину.

Интерференция

Проявлением волновой природы электромагнитного излучения являются интерференционные и дифракционные эффекты.

Под **интерференцией** понимают свойство волн взаимно накладываться и при определенных условиях ослабляться или усиливаться.

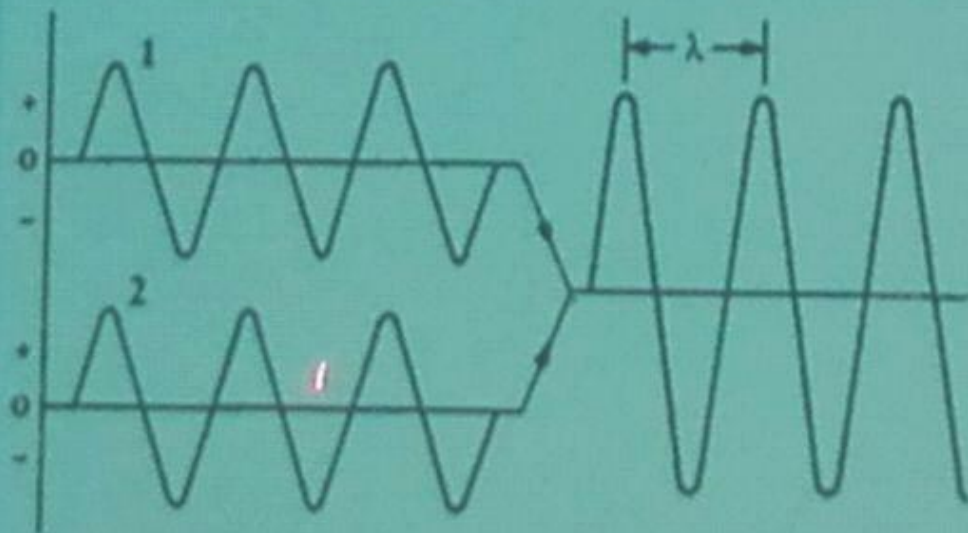
Область, в которой волны перекрываются, называется **полем интерференции**.



Интерференция

Усиление происходит всегда, когда серии волн с одинаковой длиной волны совпадают по фазе, т.е. являются **когерентными**.

При этом волновые максимумы накладываются на волновые максимумы, а волновые минимумы – на волновые минимумы.



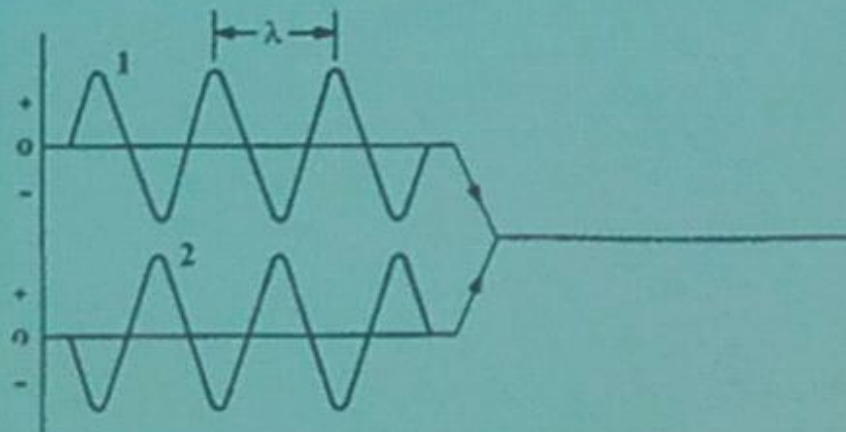
Усиление происходит тогда, когда разность хода лучей или разность фаз равна 0 или кратна λ , т.е.

$$\Delta l = n\lambda, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

n – порядок интерференции

Интерференция

При полуцелых значениях разности фаз, $n=1/2, 3/2, 5/2 \dots$ волновые максимумы накладываются на волновые минимумы. Это приводит к полному ослаблению волн.



Дифракция

Из нашего повседневного опыта мы знаем, что свет распространяется прямолинейно.

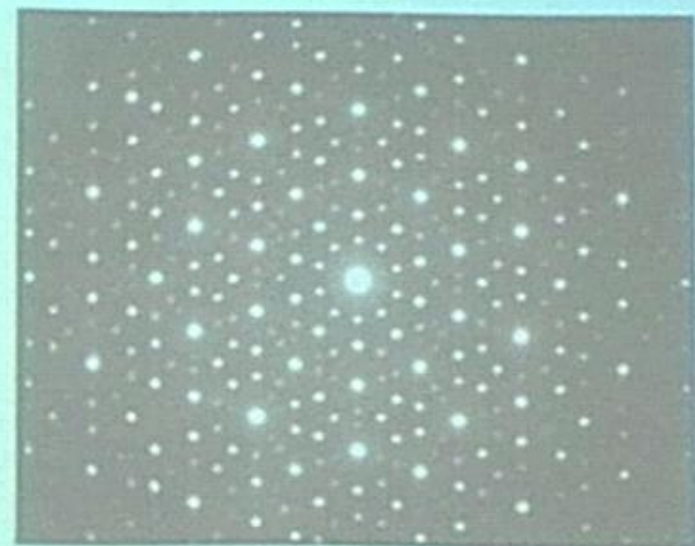
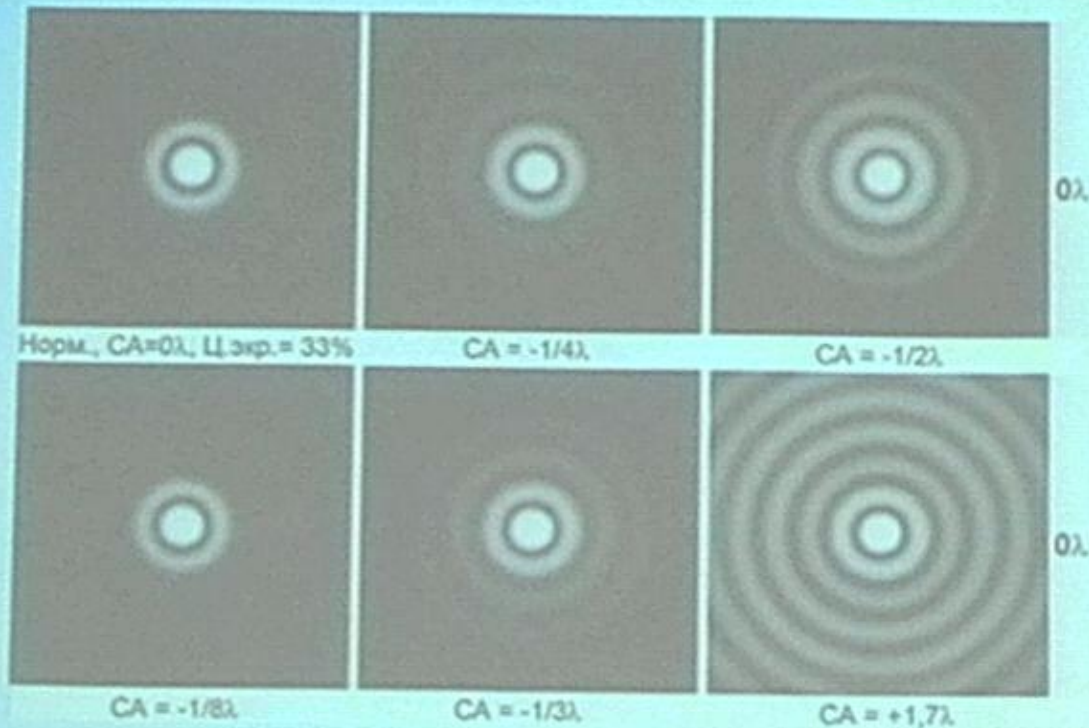
Это соответствует представлению света в виде корпускулярного излучения (фотоны, кванты).

О волнах мы знаем, что при прохождении волнового фронта (например, волна воды) через отверстие, размеры которого меньше длины волны, волны за этим отверстием распространяются в стороны.

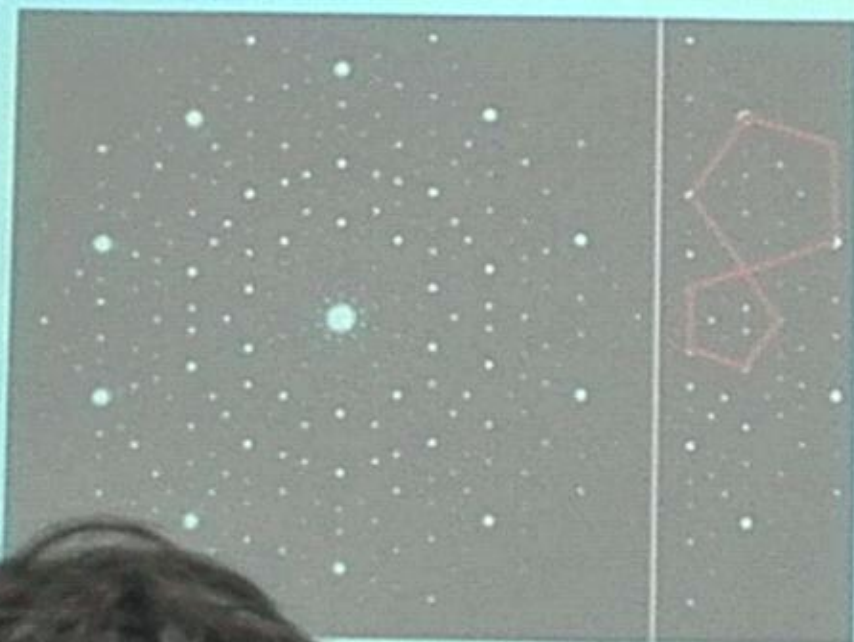
Такое поведение характерно и для света, обладающего волновой природой.

Такое отклонение световых лучей от прямолинейного распространения при отсутствии отражения и преломления называется **дифракцией**.

Оптическая дифракционная картина



Картина дифракции сплава алюминия и марганца



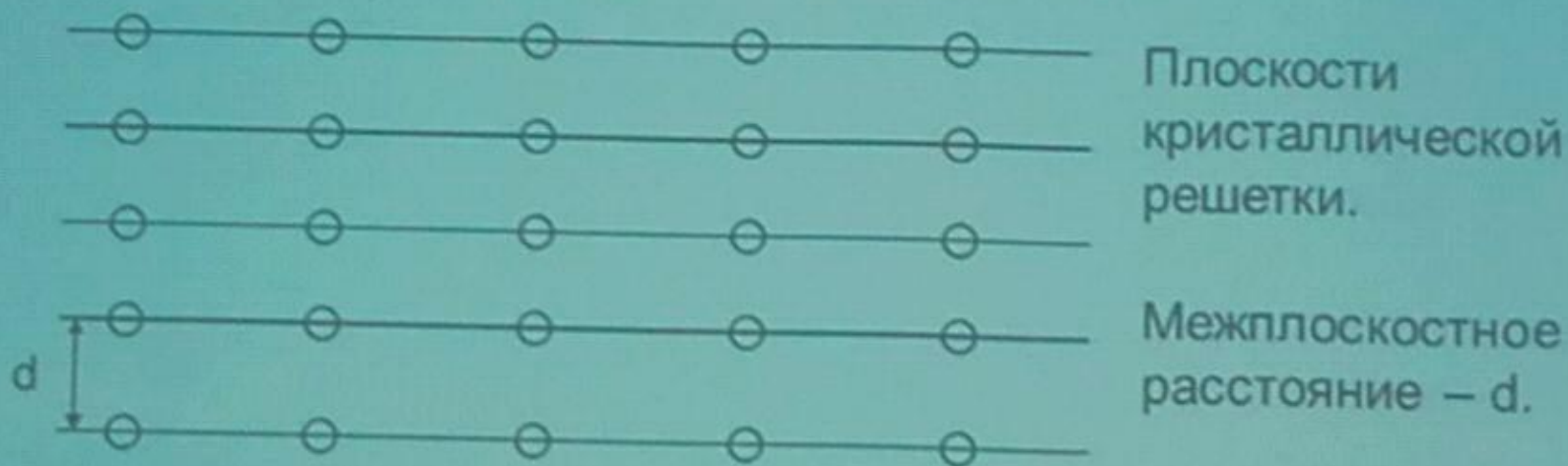
Дифракционная картина которую даёт квазикристалл

Падающая на атом вещества электромагнитная волна рентгеновского излучения вызывает индуцированные колебания электронов. При этом излучается электромагнитная волна с той же частотой, с какой происходят колебания электронов.

Зная распределение электронов в атоме, можно теоретически рассчитать рассеивающую способность атома. В реальном теле атомов огромное количество, и в падающий пучок рентгеновских лучей всегда попадает большое их число. Каждый из атомов становится источником рассеянных волн, которые в результате интерференции могут усиливать или ослаблять друг друга. Это означает, что энергия излучения рассеивается в разных направлениях с различной интенсивностью. Вид картины рассеяния будет зависеть от сорта атомов, расстояний между ними, частоты падающего излучения и ряда других факторов.

Дифракция на кристаллической решетке

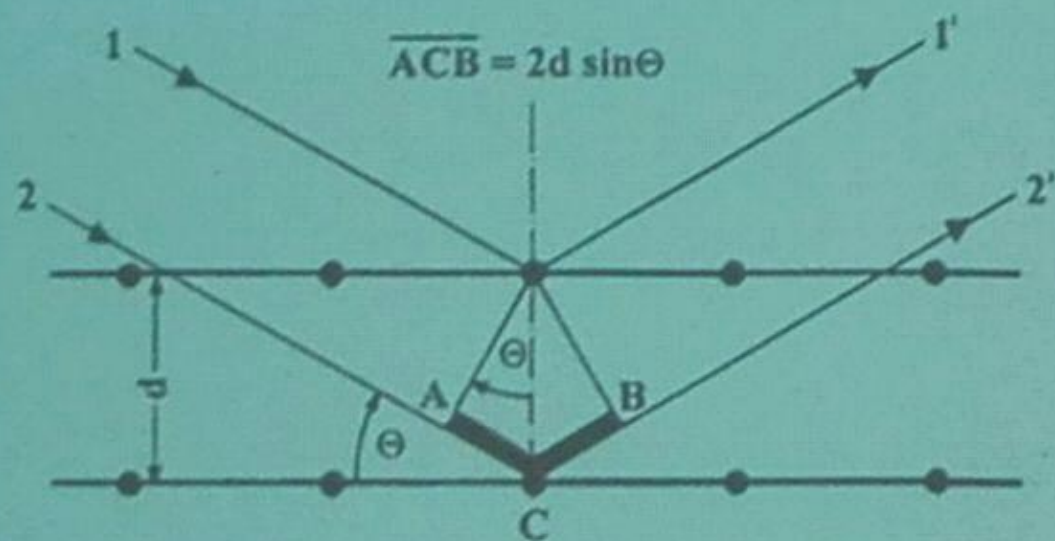
Кристаллы состоят из периодически расположенных атомов (молекул), которые составляют периодическую решетку.



Отраженные волны **интерферируют**, если выполняется условие "Разность хода рентгеновских лучей = целое кратное длины волны".

Дифракция на кристаллической решетке

Для определенной длины волны и определенного межплоскостного расстояния оно выполняется только при заданном угле, который называется **брэгговским углом**.



Условие усиления:

$$\overline{ACB} = n\lambda$$

Так получается условие дифракции.

Уравнение Вульфа-Брэггов: $n\lambda = 2d \sin \theta, n = 1, 2, 3, \dots$

n – порядок дифракционного максимума; λ – длина волны;
 d – межплоскостное расстояние; θ – угол дифракции