

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.

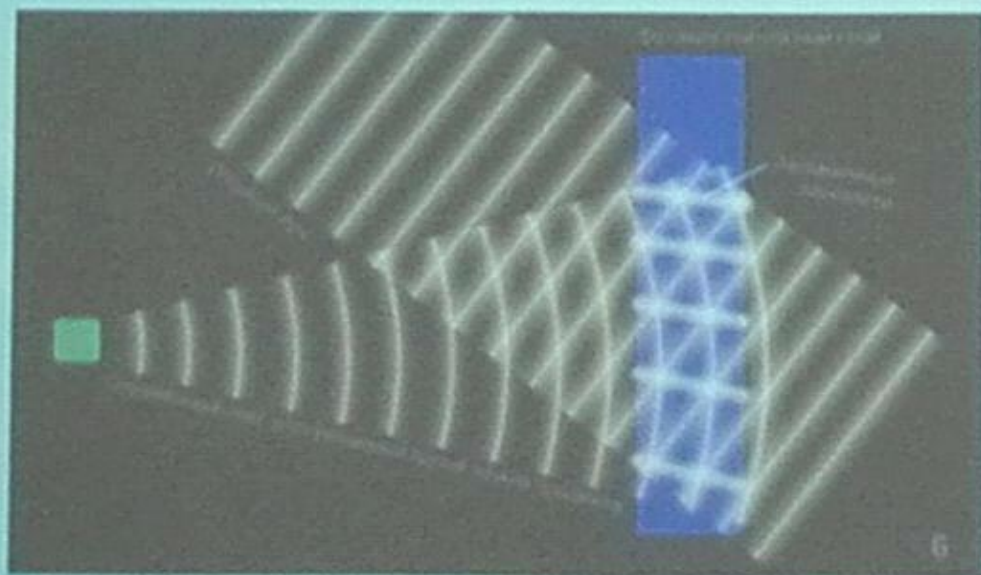
Структурный анализ основан на анализе интерференционной картины когерентно рассеянного излучения. Кристаллы представляют собой трехмерные периодические образования, а длина волны рентгеновских лучей сопоставима с периодом повторяемости в кристаллах, поэтому при прохождении рентгеновских лучей через кристалл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

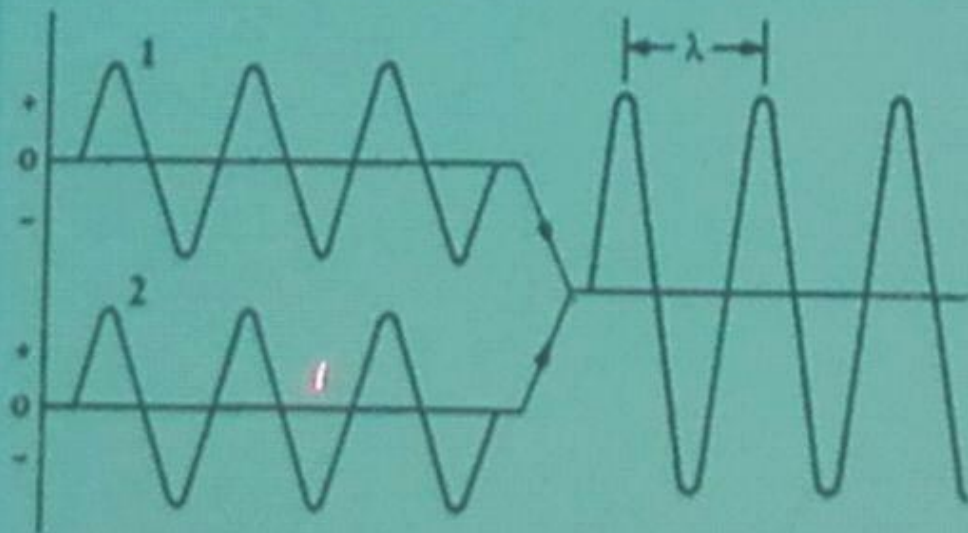
Область, в которой волны перекрываются, называется **полем интерференции**.



# 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.



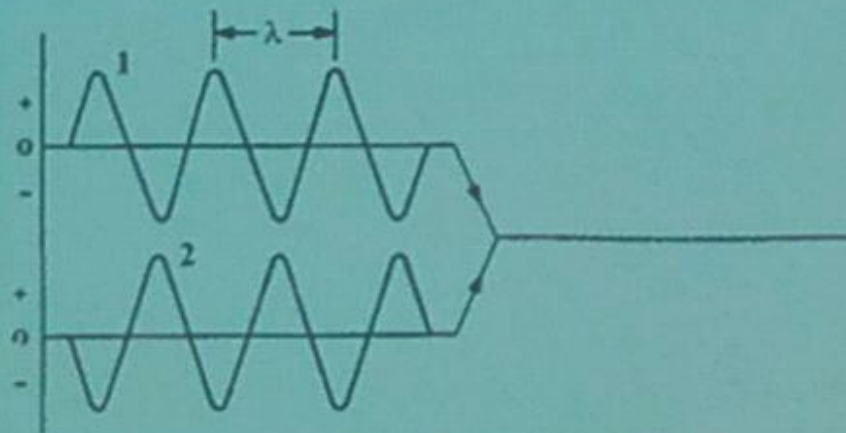
Усиление происходит тогда, когда разность хода лучей или разность фаз равна 0 или кратна  $\lambda$ , т.е.

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

$n$  – 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.

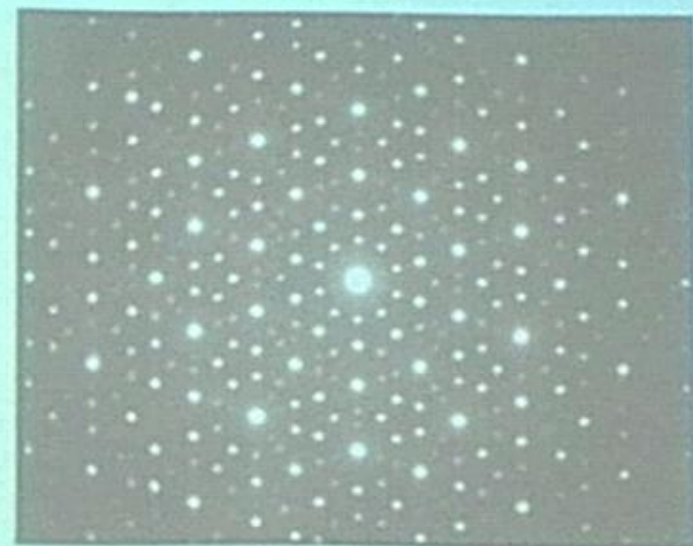
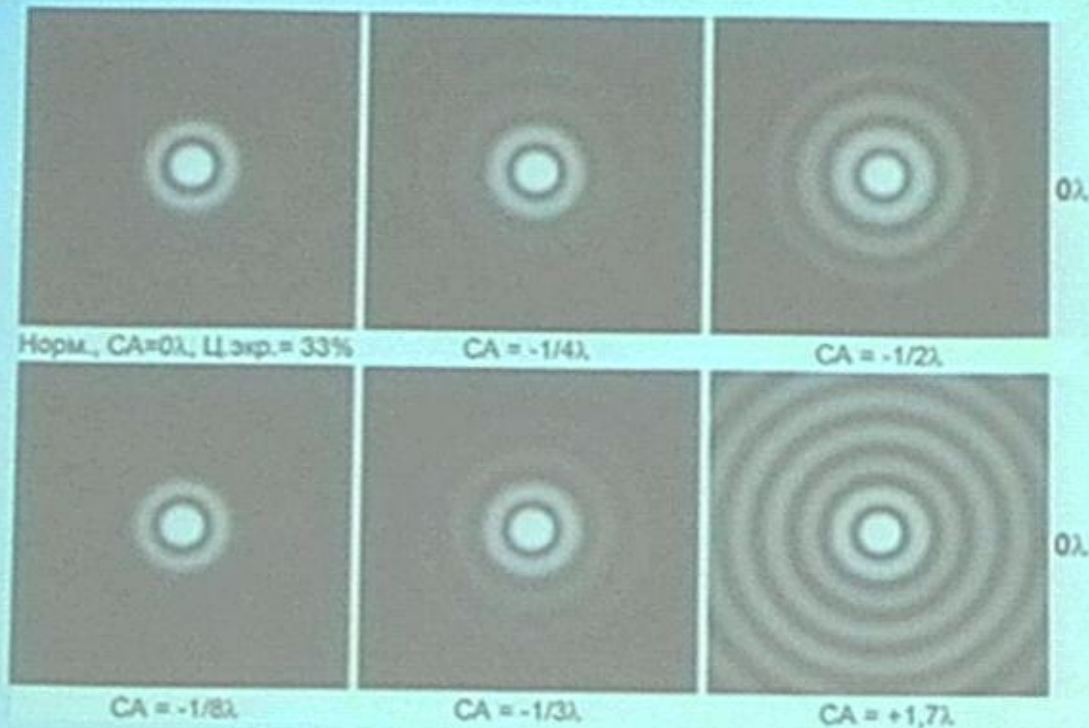
Это соответствует представлению света в виде корпускулярного излучения (фотоны, кванты).

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.

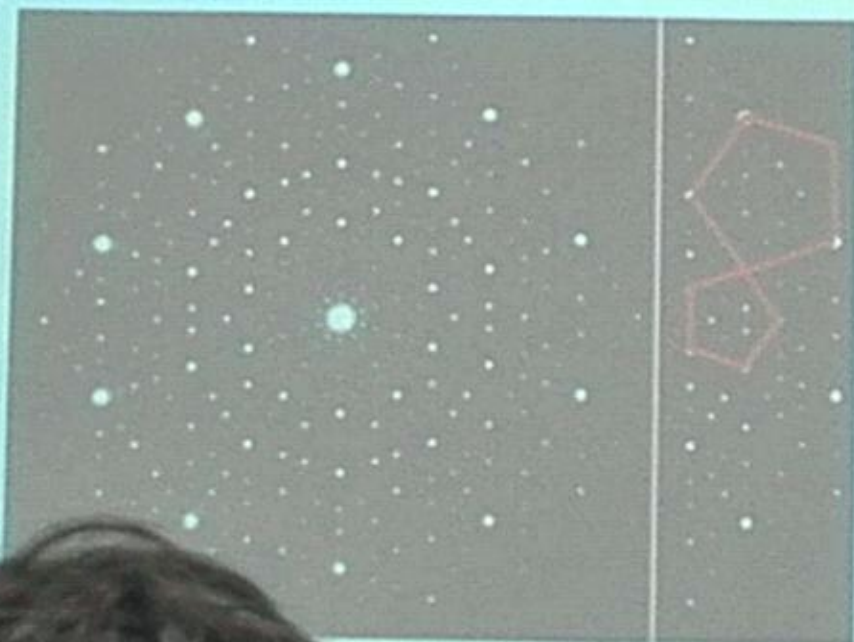
Такое поведение характерно и для света, обладающего волновой природой.

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

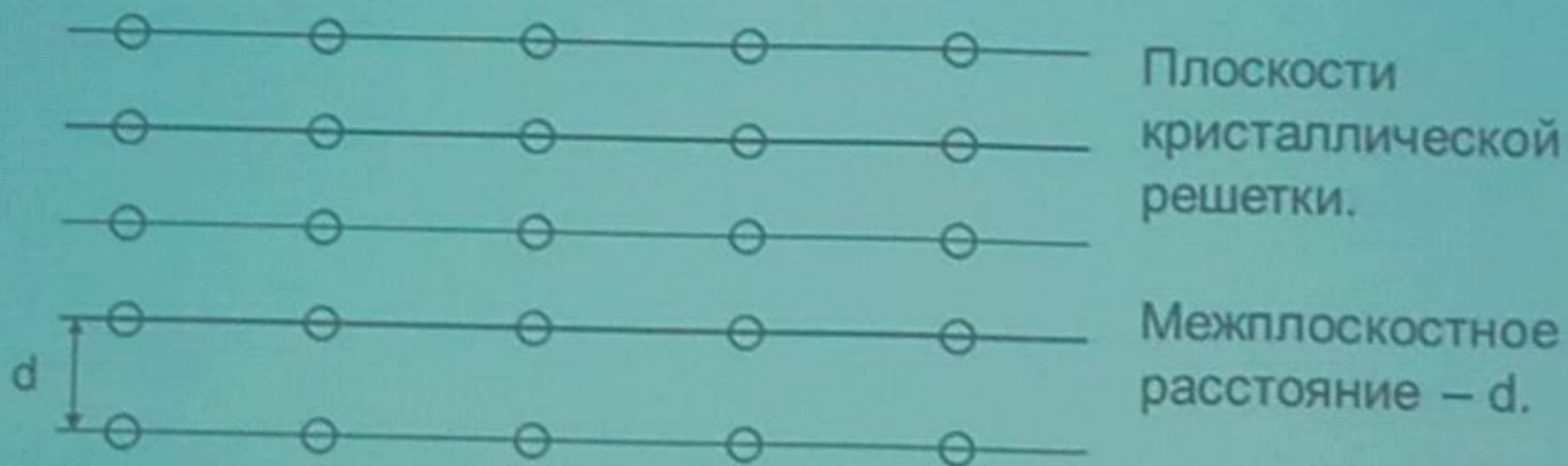
Падающая на атом вещества электромагнитная волна рентгеновского излучения вызывает индуцированные колебания электронов. При этом излучается электромагнитная волна с той же частотой, с какой происходят колебания электронов.

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

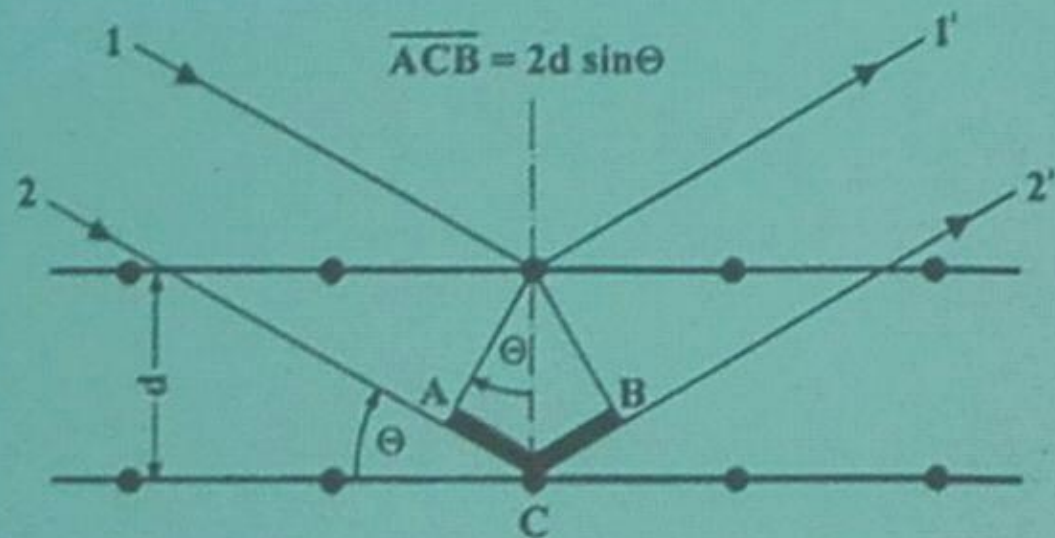
Кристаллы состоят из периодически расположенных атомов (молекул), которые составляют периодическую решетку.



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;  $\lambda$  – длина волны;  
 $d$  – межплоскостное расстояние;  $\theta$  – угол дифракции