

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ
МИНИСТРЛІГІ
SATBAYEV УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Тексерген: АЛМАСОВ, Н

**Орындаған: ТОҚТАРБАЙ СЕРЖАН
ОРЫНБАЙ МАҒЖАН**

МАЛОУГЛОВОЕ РАССЕЯНИЕ

это упругое рассеяние электромагнитного излучения или пучка частиц (электронов, нейтронов) на неоднородностях вещества, размеры которых существенно превышают длину волны излучения (или дебройлевскую длину волны частиц); направления рассеянных лучей при этом лишь незначительно (на малые углы) отклоняются от направления падающего луча.

Малоугловое рассеяние может быть обнаружено при рассеянии на неоднородностях различных масштабов: от 10^{-15} м и менее (рассеяние электронов на ядрах), до метров и километров (рассеяние радиоволн на неоднородностях земной поверхности).

Распределение интенсивности рассеянного излучения зависит от строения рассеивателя, что используется для изучения структуры вещества и от параметров излучения.

Идея метода малоуглового рассеяния впервые была предложена А.Гинье (A.Guinier) для изучения надмолекулярного строения сплавов (1938).

В 1950-х гг. Г. Пород (G. Porod), О. Кратки (O. Kratky) и В. Луззати (V. Luzzati) развили теоретические основы метода и разработали принципы конструирования установок для малоуглового рассеяния.

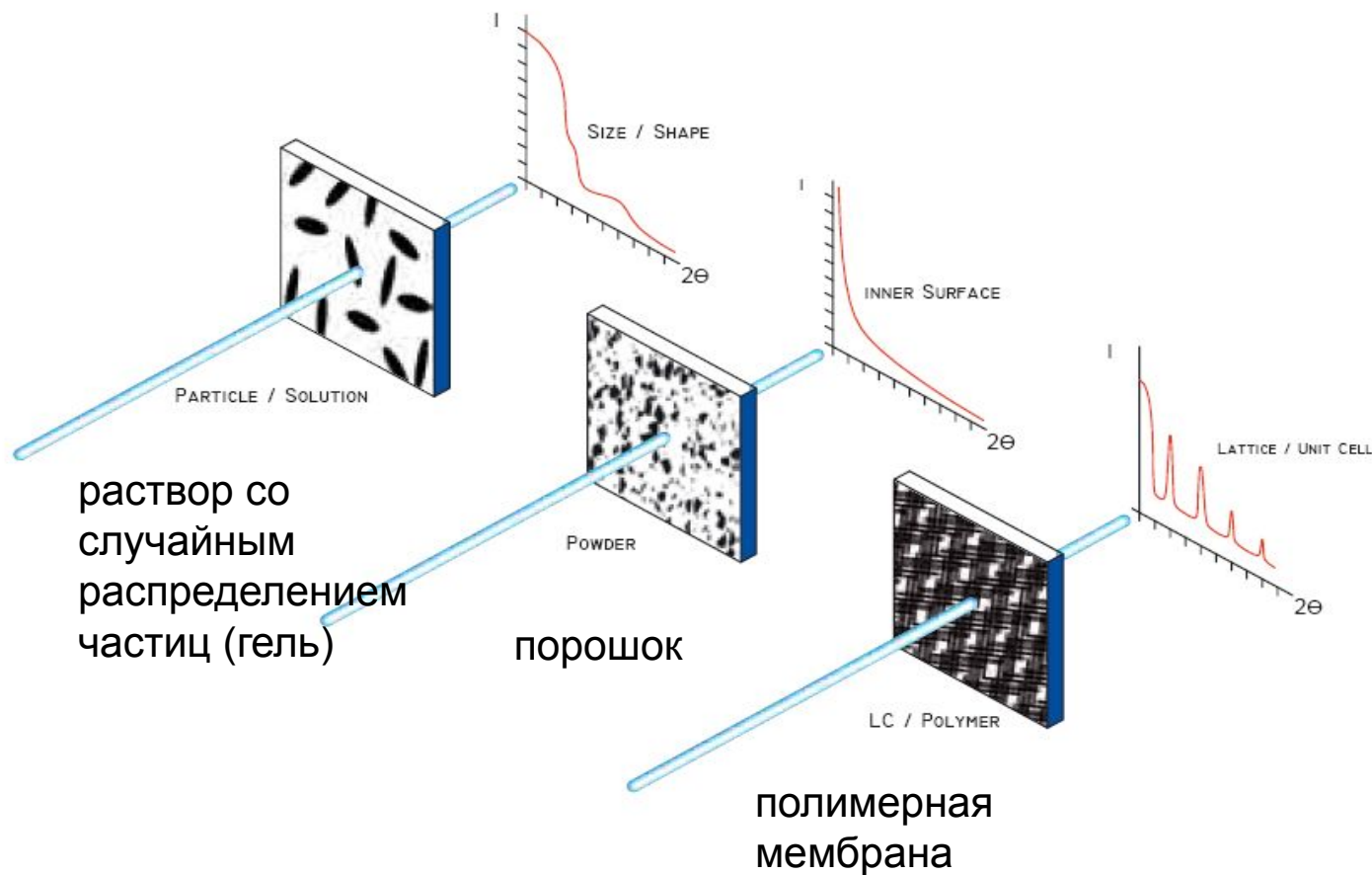
В структурных исследованиях материалов используют, как правило, рентгеновское излучение или тепловые нейтроны с длиной волны ($1 - 10 \text{ \AA}$). С их помощью изучают неоднородности коллоидных размеров порядка $10 - 10^4 \text{ \AA}$.

В отличие от других дифракционных методов (*рентгеновского структурного анализа, нейтронографии, электронографии*), с помощью малоуглового рассеяния исследуют структуру разупорядоченных объектов.

Малоугловое рассеяние - единственный метод получения прямой структурной информации о системах с хаотическим расположением неоднородностей коллоидных частиц; наличие малоуглового рассеяния уже является доказательством присутствия в среде таких неоднородностей.

С помощью малоуглового рассеяния изучают строение биологических молекул в растворах, объёмные дефекты в кристаллических веществах, кластерную структуру жидкостей и аморфных тел, поры в различных пористых материалах и т. д.

Типичные примеры применения малоуглового рассеяния



ЧТОБЫ ИССЛЕДОВАТЬ НЕОДНОРОДНОСТИ РАЗМЕРОМ ($10^1 - 10^4 \text{ \AA}$), ТРЕБУЕТСЯ ИЗМЕРЯТЬ ИНТЕНСИВНОСТЬ РАССЕЯНИЯ ДЛЯ ВЕКТОРОВ ОБРАТНОГО ПРОСТРАНСТВА $S=0,0006 \div 0,6 \text{ \AA}$, Т.Е. ПРИ ДЛИНЕ ВОЛНЫ, НАПРИМЕР, $\lambda=1,54 \text{ \AA}$, дифракционные углы будут $2\theta=0,008 \div 2^\circ$

Области применения малоуглового рассеяния

- *Биологически активные соединения.* С помощью малоуглового рассеяния изучается строение биологических макромолекул и их комплексов (белков, нуклеиновых кислот, вирусов, мембран и др.). При этом удастся исследовать строение частиц в водно-солевых растворах, т. е. в условиях, приближенных к условиям их функционирования.
- *Полимерные соединения.* Малоугловым рассеянием исследуются особенности укладки и общие характеристики натуральных и синтетических полимеров как в растворах, так и в твердом состоянии.

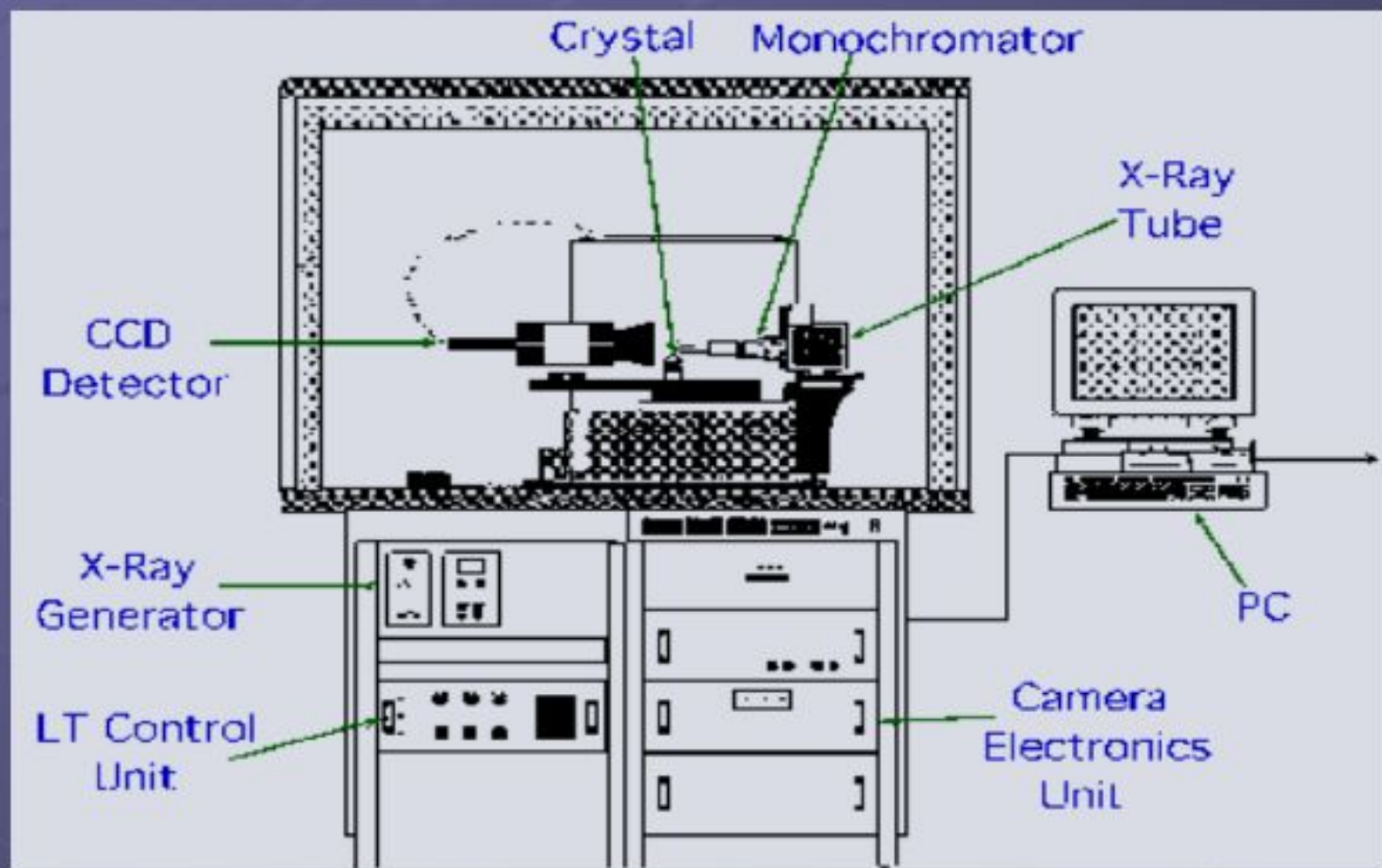
- *Жидкости и аморфные тела.* Применение малоуглового рассеяния дает возможность анализа кластерной структуры жидкостей, флуктуации плотности и разделения фаз в стеклах и других аморфных телах.
- *Поликристаллические и пористые вещества, сплавы, порошки.* Малоугловое рассеяние позволяет исследовать различные характеристики дисперсной структуры твердых тел, сплавов, пределы растворимости в твердых растворах, размеры наночастиц в порошках, пор в пористых веществах, кристаллитов в поликристаллах, дефекты в металлах, особенности магнитных систем.



КЛАССИЧЕСКАЯ БЛОЧНАЯ СХЕМА РЕНТГЕНОВСКОГО МАЛОУГЛОВОГО ДИФРАКТОМЕТРА

1. Источник питания рентгеновской трубки
2. Рентгеновская малоугловая камера
3. Коллиматор (входит в состав камеры)
4. Гониометр (входит в состав камеры)
5. Рентгеновский детектор (входит в состав камеры)
6. Электронный блок
7. Форвакуумный насос (или газовый пост с заполнением камеры He или H)
8. Обслуживающая и управляющая ЭВМ

Блок-схема малоуглового рентгеновского дифрактометра S3-MICRO (Hecus)



Основные блоки рентгеновской малоугловой камеры:

- 1 – источник излучения (рентгеновская трубка, СИ) с коллиматором пучка;
- 2 – анализируемый образец;
- 3 – падающий пучок излучения;
- 4 – рассеянное рентгеновское излучение, вызванное образцом 2;
- 5 – приемная щель;
- 6 – рентгеновский детектор



Общий вид рентгеновских малоугловых дифрактометров (малоугловых рентгеновских камер), производимых различными фирмами:



(а) Siemens
(Германия);
(б) Rigaku
(Япония);
(в) Nanostar
(Австрия);
(г) Anton Paar
(Австрия)

Competing Products



**Общий вид малоуглового рентгеновского
дифрактометра фирм
Siemens (Германия) и Anton Paar (Австрия)**



Дифрактометр
состоит из
следующих блоков:
1) источник питания;
2) детектор; 3) блок
счетно-регистрирующей
электроники; 4)
программер; 5)
малоугловая
рентгеновская
камера Кратки.
Общий вес прибора
1000 кг, стоимость –
250 тыс. US \$

Заключение

Малоугловое рассеяние (МУР)

(рентгеновских лучей, электронов, нейтронов, света и др.) –

- это группа **дифракционных научных методов** изучения внутренней структуры веществ и материалов, имеющих неоднородности плотности нанометрового диапазона размеров (1-200 нм), который может эффективно применяться:

- в физике конденсированного состояния (пленки, растворы и др.);
- в химии при анализе высокодисперсных систем (порошки, золи);
- в молекулярной биологии при анализе природных полимерных веществ (белки, ДНК, РНК, комплексы и вирусы, мембраны и др.);
- в материаловедении при изучении мезоструктур в сплавах, покрытиях и наноматериалах (нанотрубки, волокна, поликристаллы и др.).

Применение методов МУР оказалось эффективным не только при решении фундаментальных задач в физике, химии, биологии, но и при решении технологических задач и проблем в химических производствах, в металлургии, в биотехнологии, экологии и медицине.