ЛЕКЦИЯ 01

Введение в наноматериалы и наноструктуры

Основные понятия, классификация и области применения

Кратко: Наноразмерный диапазон обычно охватывает характерные размеры от 1 до 100 нм.

Цель лекции и ожидаемые результаты

Понимать

Объяснить: Что такое наноразмер. Наноразмерный диапазон обычно охватывает характерные размеры от 1 до 100 нм.

Сопоставлять

Объяснить: Цикл получения и исследования. Эксперимент начинается с выбора требуемого свойства и подходящего способа...

Применять

Объяснить: Как выбрать метод исследования. Метод подбирают по измеряемой величине: геометрии, фазе, химическому составу или...

В этой лекции научные определения связываются с измеряемыми величинами, схемами и примерами обработки данных.

Что такое наноразмер?

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ · 01 / 13

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

Наноразмерный диапазон обычно охватывает характерные размеры от 1 до 100 нм.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Для описания материала важно указать, какая именно его структурная характеристика имеет наноразмер.

ПРАКТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Измерение · калибровка · вывод



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

Схема или расчётная кривая; не реальные измерения.

Классификация наноматериалов

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ · 02 / 13

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

Классификация 0D, 1D и 2D основана на числе пространственных направлений, в которых объект имеет наноразмер.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Наночастицы, нанопроволоки и тонкие слои отличаются геометрией и условиями переноса заряда.

ПРАКТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Условия опыта · повторяемость



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

Схема или расчётная кривая; не реальные измерения.

Физические особенности наноразмера

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ · 03 / 13

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

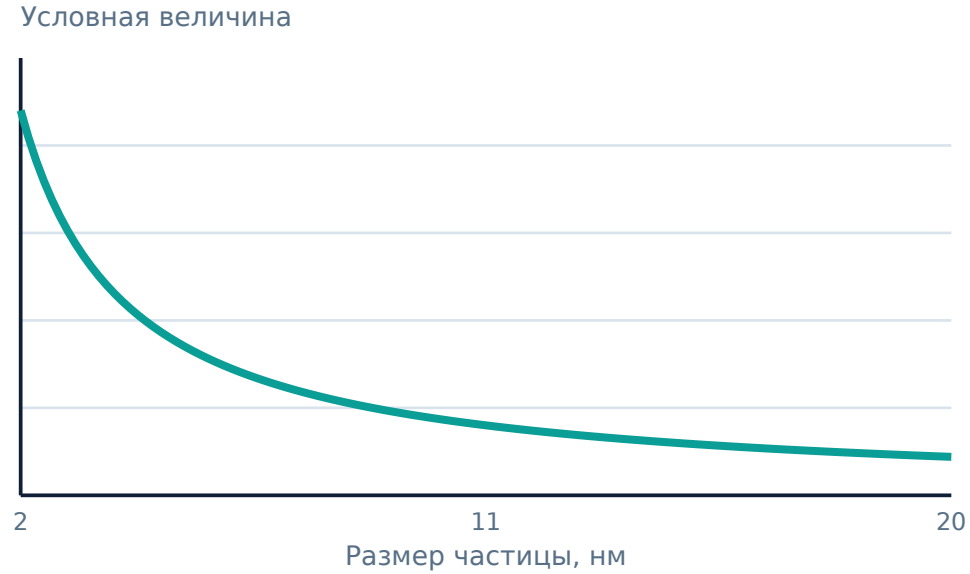
При уменьшении диаметра частицы возрастает отношение площади поверхности к объёму.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Для идеальной сферы это отношение обратно пропорционально диаметру.

СООТНОШЕНИЕ

S/V = 6/d (для сферы)



S/V ∝ 1/d

МОДЕЛЬ / СХЕМА

Схема или расчётная кривая; не реальные измерения.

Размер и морфология

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ · 04 / 13

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

Размер описывают диаметром, длиной или толщиной; морфологию — формой и топографией поверхности.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Важны также пористость, агломерация и распределение объектов по размерам.

ПРАКТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Измерение · калибровка · вывод



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

Схема или расчётная кривая; не реальные измерения.

Основные этапы развития нанотехнологий

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ · 05 / 13

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

Развитие электронной и зондовой микроскопии сделало возможным прямое исследование наноструктур.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Современные исследования объединяют контролируемый синтез, диагностику и моделирование.

ПРАКТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Условия опыта · повторяемость



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

Схема или расчётная кривая; не реальные измерения.

Цикл получения и исследования

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ · 06 / 13

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

Эксперимент начинается с выбора требуемого свойства и подходящего способа синтеза.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Полученные образцы характеризуют несколькими методами и сопоставляют свойства со структурой.

ПРАКТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Структура · состав · свойства



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

Схема или расчётная кривая; не реальные измерения.

Как подтвердить размеры объектов?

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ · 07 / 13

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

SEM определяет видимую морфологию, TEM исследует тонкую структуру, а AFM измеряет рельеф поверхности.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Параметр кристаллического домена по XRD не всегда совпадает с размером частицы.

ПРАКТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Измерение · калибровка · вывод



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

Схема или расчётная кривая; не реальные измерения.

Влияние удельной поверхности

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ · 08 / 13

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

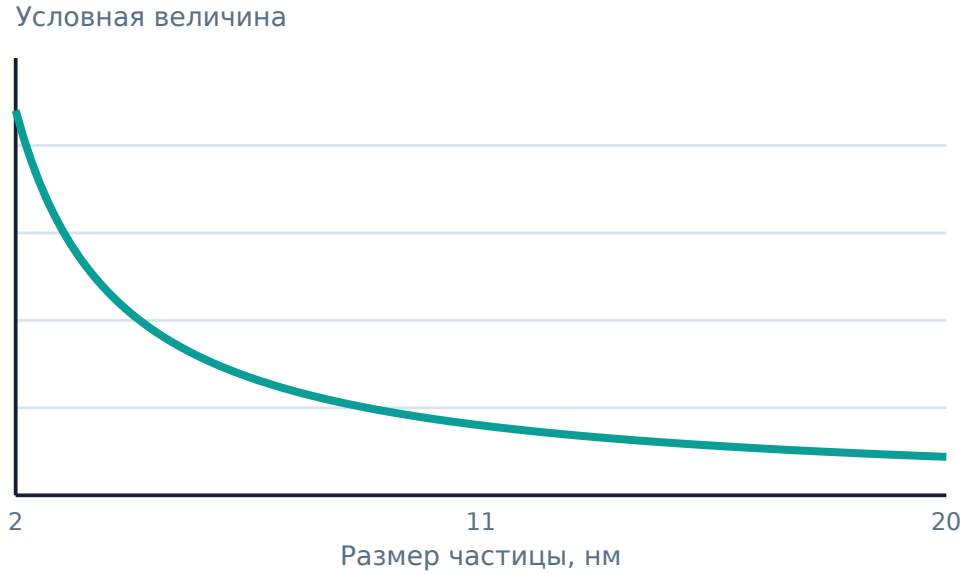
При уменьшении диаметра сферических частиц удельная площадь их поверхности возрастает.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Это может изменять адсорбцию, каталитическую активность и поверхностную энергию.

СООТНОШЕНИЕ

S/V = 6/d



S/V ∝ 1/d

МОДЕЛЬ / СХЕМА

Схема или расчётная кривая; не реальные измерения.

Какие свойства измеряют?

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ · 09 / 13

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

Оптические методы определяют поглощение и люминесценцию, электрические — проводимость и транспорт заряда.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Спектроскопия и дифракция помогают установить химическое состояние и структуру.

ПРАКТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Структура · состав · свойства



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

Схема или расчётная кривая; не реальные измерения.

Применения в электронике и энергетике

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ · 10 / 13

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

Наноструктуры применяют в фотодетекторах, сенсорах, электродах и каталитических системах.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Преимущество зависит от конкретной функции, а не только от малого размера.

ПРАКТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Измерение · калибровка · вывод



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

Схема или расчётная кривая; не реальные измерения.

Репрезентативность измерений

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ · 11 / 13

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

Один микроснимок не характеризует неоднородный материал целиком.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Следует анализировать несколько областей образца и указывать разброс результатов.

ПРАКТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Условия опыта · повторяемость



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

Схема или расчётная кривая; не реальные измерения.

Безопасность при работе с наноматериалами

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ · 12 / 13

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

Для сухих нанопорошков важно ограничивать образование и вдыхание аэрозолей.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Меры защиты выбирают с учётом химического состава, формы и пути воздействия.

ПРАКТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Структура · состав · свойства



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

Схема или расчётная кривая; не реальные измерения.

Как выбрать метод исследования?

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ · 13 / 13

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

Метод подбирают по измеряемой величине: геометрии, фазе, химическому составу или функциональному свойству.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

Независимые измерения уменьшают риск ошибочной интерпретации.

ПРАКТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Измерение · калибровка · вывод



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ

Схема или расчётная кривая; не реальные измерения.

Разбор расчётного примера: Отношение поверхности к объёму

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Сфера диаметром d = 10 нм. Для сферы $S = \pi d^2$ и $V = \pi d^3/6$.

РЕШЕНИЕ

$S/V = 6/d = 6/10 = 0{,}60$ нм$^{-1}$.

КАК ПОНИМАТЬ РЕЗУЛЬТАТ

При d = 20 нм отношение уменьшается до 0,30 нм$^{-1}$.

Итоги лекции: главные выводы

Принцип

При уменьшении диаметра частицы возрастает отношение площади поверхности к объёму. Для идеальной сферы это...

Применение

При уменьшении диаметра сферических частиц удельная площадь их поверхности возрастает. Это может изменять...

Ограничения

Метод подбирают по измеряемой величине: геометрии, фазе, химическому составу или функциональному свойству...

Главный итог: обоснованный научный вывод требует корректной физической модели и проверки измерений.

Контрольные вопросы и литература

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Чем отличаются объекты 0D, 1D и 2D?
2. Почему S/V сферы зависит от диаметра?
3. Почему необходимо применять несколько методов?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Thomas et al. Microscopy Methods in Nanomaterials Characterization, 2017

2. Bhagyaraj et al. Characterization of Nanomaterials, 2018

Материалы курса, 2026

Самостоятельное задание: назовите измеряемый параметр, предложите метод и укажите возможный источник ошибки.