



Основы нанотехнологии

Оспанова Жанар Бесембаевна,
и.о. профессора

КазНУ им. аль-Фараби

Факультет химии и химической технологии

Кафедра аналитической, коллоидной химии и технологии редких
элементов

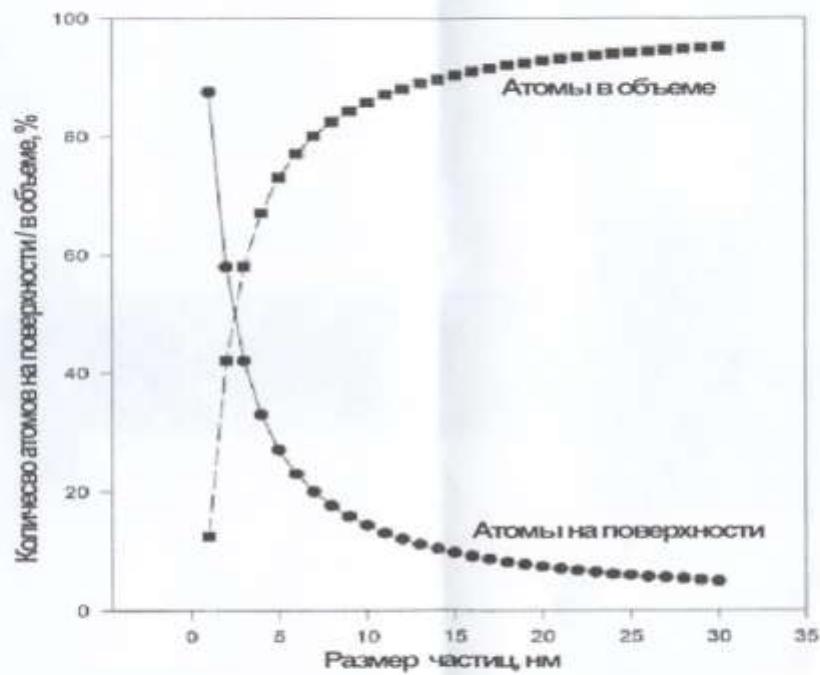
Оспанова Ж.Б.

Лекция 2. Наночастицы. Классификация наночастиц.

Дисперсное состояние вещества

- 1 Любое вещество может находиться в дисперсном состоянии, т.е. в виде дисперсных частиц (твердых, жидких, газообразных);
- 2 Дисперсные частицы имеют очень большую удельную поверхность, поэтому свойства дисперсных систем определяются в основном, поверхностными явлениями на границе раздела дисперсной фазы с дисперсионной средой.
- 3 Дисперсное состояние вещества характеризуется геометрическими, физическими и химическими особенностями.

Вклад поверхности



Зависимость доли атомов, находящихся в объеме и на поверхности сферической частицы от размера этой частицы.

Классификация дисперсных частиц

| Признак классификации | Название дисперсных частиц |
|--|---|
| Размер частиц: 1 – 10 нм 10 нм – 1 мкм 1 – 100 мкм | Ультрадисперсные Высокодисперсные Грубодисперсные |
| Форма частиц: длина, ширина и толщина частиц примерно одинаковы и составляют от 1 нм до 10 мкм толщина частиц составляет от 1 нм до 10 мкм, длина и ширина – более 100 мкм диаметр поперечного сечения составляет от 1 нм до 10 мкм сферическая, кубическая эллипсоидная, призматическая | Объемные (трехмерные) Поверхностные (двухмерные): например, тонкие пленки и слои Линейные (одномерные): тонкие нити, волокна Симметричные Анизодиаметричные |
| Строение частиц: твердые частицы; жидкие капли и пленки; газовые пузырьки пленки мицеллы в растворах поверхностно-активных веществ; кластеры | Фазовые Псевдофазовые |
| Химический состав частиц | Неорганические Органические Полимерные Биополимерные |

Классификация нанодисперсных частиц по мерности

Трехмерные – все три размера находятся в наноинтервале, имеют малый радиус кривизны (коллоидные растворы, золи, аэрозоли, микроэмulsionи, зародышевые частицы, сферические мицеллы)

Двухмерные – поперечные размеры находятся в наноинтервале, а длина может быть сколь угодно велика (тонкие волокна, капилляры, поры, цилиндрические мицеллы)

Одномерные – только один размер (толщина) находится в наноинтервале, два других могут быть сколь угодно велики (тонкие жидкие пленки, адсорбционные моно- и полислои, пленки Ленгмюра-Блоджет)

- 1) ультрадисперсные системы = 1 – 10 нм (наносистемы);
- 2) высокодисперсные системы = 10 нм – 1 мкм;
- 3) грубодисперсные системы 1 – 100 мкм.

У. Крейбиг

| I область Молекулярные кластеры | II область Кластеры твёрдого тела | III область Микрокристалл ы | IV область Частицы компактного вещества |
|---------------------------------------|---|-----------------------------------|--|
| $N \leq 10$ | $10^2 \leq N \leq 10^3$ | $10^3 \leq N \leq 10^4$ | $N > 10^5$ |
| Поверхность и объем неразличимы | Поверхность/ объем ≈ 1 | Поверхность/ объем < 1 | Поверхность/ объем $<< 1$ |

Н.Такео

| Сверхмалые кластеры | Малые кластеры | большие кластеры |
|---|--|-----------------------------------|
| $2 < N \leq 20$ | $20 < N \leq 500$ | $500 < N \leq 10^7$ |
| $2R \leq 1,1 \text{ нм}$ | $1,1 \text{ нм} \leq 2R \leq 3,3 \text{ нм}$ | $3,3 \text{ нм} \leq 2R \leq 100$ |
| Поверхность и объемы различимы | $0,9 \geq N_s/N_v \geq 0,5$ | $0,5 \geq N_s/N_v$ |

Г.Б. Сергеев, В.Е. Боченков

| Химия атомов | Нанохимия | | | | | Химия твердого тела | | |
|--------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|------------------------|------|---------|
| | Число атомов в частице | | | | | | | |
| Единичные атомы | 10 | 10^2 | 10^3 | 10^4 | 10^6 | Компактное вещество | | |
| Диаметр, нм | | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 10 | > 100 |

Особенности наночастиц

- 1 Сложная внутренняя организация ультрадисперсных частиц. Особая структура псевдофазовых наночастиц (кластеров и мицелл ПАВ)
- 2 Сильная зависимость различных свойств от размера частиц, наличие у наночастиц квантовых свойств
- 3 Наночастицы состоят из небольшого числа (10^2 - 10^4) атомов, поэтому неизбежны значительные флюктуации и большой статистический разброс различных свойств

- 4 Для описания процессов и реакций, происходящих с участием наночастиц, наряду с масштабом «размер» очень важен и масштаб «время», так как многие процессы с участием наночастиц протекают в доли секунд (10^{-15}) – фемтосекунды, 10^{-12} - 10^{-6} с
- 5 Поверхность твердых наночастиц имеет сложную структуру с наноразмерными острыми выступами и впадинами.
- 6 Жидкие и газовые наночастицы (капли и пузырьки) обладают большой кривизной вследствие высокого капиллярного давления

Размерный эффект

- Размерный эффект— комплекс явлений, связанных с существенным изменением физико-химических свойств вещества вследствие:
- 1) непосредственного уменьшения размера частиц;
- 2) вклада границ раздела в свойства системы;
- 3) соизмеримости размера частиц с физическими параметрами, имеющими размерность длины и определяющими свойства системы

Вопросы для обсуждения на семинар

- Высокодисперсные системы как объекты колloidной химии. Наночастицы - представители высокодисперсных систем
- Новые качества наночастиц. Обоснование минимального и максимального размера наночастиц. Разнообразие и многообразие форм наночастиц. Трёхмерные, двухмерные и одномерные наночастицы.
- Классификация наночастиц по агрегатному состоянию. Особенности кристаллических и аморфных наночастиц. Разнообразие структур и форм наночастиц. Структура и фазовое состояние наночастиц различных модификаций.
- Причины повышенной удельной поверхности наночастиц. Полидисперсность наночастиц. Геометрическая неоднородность наночастиц. Распределение наночастиц по размерам: нормальное и логарифмическое нормальное