

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ. КИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВОБОДНО-ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Практическое занятие № 1 по
дисциплине «Физико-химические
основы обогащения полезных
ископаемых»

01.12.2020 в 13-45 практика online
<http://disrm4.zabgu.ru/b/pwt-nc4-gaz>

1. Определение размера частиц и удельной поверхности

- Основные характеристики, используемые для описания дисперсных систем:

- 1. Характеристический размер частиц – a ; [м].

Для сферических частиц это диаметр сферы d , для кубических – ребро куба l .

- 2. Дисперсность (раздробленность) D – это величина, обратная наименьшему размеру частиц. $D = 1/a$ [м⁻¹].
- 3. Удельная поверхность $S_{уд}$ – это межфазная поверхность ($S_{1,2}$), приходящаяся на единицу объема дисперсной фазы (V) или ее массы (m).

$$S_{уд}^V = \frac{S_{1,2}}{V} \left[\frac{\text{м}^2}{\text{м}^3} = \frac{1}{\text{м}} \right], \quad S_{уд}^m = \frac{S_{1,2}}{m} \left[\frac{\text{м}^2}{\text{кг}} \right].$$

- Рассмотрим, как определяется удельная поверхность:

- если система состоит из n частиц, то $S_{уд}^V = \frac{S_{1,2}}{V} = \frac{S_{\text{ч-цы}} \cdot n}{V_{\text{ч-цы}} \cdot n} = \frac{S_{\text{ч-цы}}}{V_{\text{ч-цы}}},$

$$S_{уд}^m = \frac{S_{1,2}}{m} = \frac{S_{\text{ч-цы}} \cdot n}{m_{\text{ч-цы}} \cdot n} = \frac{S_{\text{ч-цы}}}{m_{\text{ч-цы}}} = \frac{S_{\text{ч-цы}}}{V_{\text{ч-цы}} \cdot \rho_{\text{ч-цы}}} = \frac{S_{1,2}}{V_{\text{дф}} \cdot \rho_{\text{дф}}} = \frac{S_{уд}^V}{\rho_{\text{дф}}}.$$

- Для кубических частиц $S_{\text{уд}}^V = \frac{6l^2}{l^3} = \frac{6}{l} = 6D.$
- Для сферы $S_{\text{уд}}^V = \frac{\pi \cdot d^2}{\frac{1}{6}\pi \cdot d^3} = \frac{6}{d} = 6D.$
- В общем виде

$$S_{\text{уд}}^V = \frac{k}{d} = k \cdot D,$$

- где k – коэффициент формы, тогда

$$S_{\text{уд}}^m = \frac{k}{d \cdot \rho} = \frac{k \cdot D}{\rho}.$$

- Коэффициенты формы для сферических, кубических частиц $k = 6$, для пленок $k = 2$, для волокон $k = 4$.
- С увеличением дисперсности или уменьшением размера частиц возрастает удельная поверхность.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

- **Задача 1.**
- Методом механического диспергирования 5 г толуола в 1 л воды получена дисперсная система с частицами толуола шарообразной формы с радиусом $2,5 \cdot 10^{-7}$ м. Плотность толуола равна $0,867$ г/см³.
- **Решение:**
- 1. Определяем дисперсность системы D и удельную поверхность $S_{уд}$.
- $D = 1/a$, для шарообразной частицы $a = 2r$, т. е.

$$D = \frac{1}{a} = \frac{1}{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-7}} = 2 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1},$$

$$S_{уд}^V = 6D = 6 \cdot 2 \cdot 10^6 = 12 \cdot 10^6 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^3},$$

$$S_{уд}^m = \frac{6D}{\rho} = \frac{6 \cdot 2 \cdot 10^6}{0,867 \cdot 10^3} = 13,8 \cdot 10^3 \frac{\text{м}^2}{\text{кг}}.$$

- Плотность переведем в систему СИ:
- $\rho = 0,876 \text{ г/см}^3 = 0,876 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.
- 2. Рассчитываем параметры шарообразной частицы толуола.

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \left(2,5 \cdot 10^{-7} \right)^3 = 6,54 \cdot 10^{-20} \text{ м}^3,$$

$$S_0 = 4\pi \cdot r^2 = 4 \cdot 3,14 \left(2,5 \cdot 10^{-7} \right)^2 = 7,85 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2,$$

$$m_0 = \rho \cdot V = 0,867 \cdot 10^3 \cdot 6,54 \cdot 10^{-20} = 5,67 \cdot 10^{-17} \text{ кг}.$$

- 3. Рассчитываем общую поверхность частиц S и число частиц N в дисперсной системе.
- И с п о с о б. $V = \frac{m}{\rho} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,876 \cdot 10^3} = 5,767 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$, ^{стиц,}
- тогда $S = S_{\text{уд}}^V \cdot V = 12 \cdot 10^6 \cdot 5,767 \cdot 10^{-6} = 69,2 \text{ м}^2$.
- Число частиц определим, как объем всех частиц разделим на объем одной частицы

$$N = \frac{V}{V_0} = \frac{5,767 \cdot 10^{-6}}{6,54 \cdot 10^{-20}} = 8,82 \cdot 10^{13} \text{ шт.}$$

- И с п о с о б. Число частиц определим, как массу всех частиц разделим на массу одной частицы:

$$N = \frac{m}{m_0} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{5,67 \cdot 10^{-17}} = 8,82 \cdot 10^{13} \text{ шт.}$$

$$S = N \cdot S_0 = 8,82 \cdot 10^{13} \cdot 7,85 \cdot 10^{-13} = 69,2 \text{ м}^2.$$

- **Задача 2.**

- Дисперсность частиц коллоидного золота равна 10^8 м^{-1} . Принимая частицы золота в виде кубиков, определите, какую поверхность $S_{\text{общ}}$ они могут покрыть, если их плотно уложить в один слой. Масса коллоидных частиц золота 1 г. Плотность золота равна $19,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

- **Решение:**

- 1. Поскольку $S_{\text{уд}}^V = \frac{S_{1,2}}{V}$, то общая поверхность частиц коллоидного золота равна

$$S_{1,2} = S_{\text{уд}}^V \cdot V.$$

- 2. Удельная поверхность кубических частиц: $S_{\text{уд}}^V = 6D$.
- 3. Объем золя золота связан с массой золя: $V = m/\rho$.

- Тогда

$$S_{1,2} = \frac{6 \cdot D \cdot m}{\rho} = \frac{6 \cdot 10^8 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{19,6 \cdot 10^3} = 30,61 \text{ м}^2.$$

Задача 3.

- Коллоидные частицы золота имеют дисперсность $D = 10^8 \text{ м}^{-1}$. Какой длины (L) будет нить, если 1 г кубиков золота расположить друг за другом. Плотность золота составляет $19,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.
- **Решение:**
- 1. Длина нити золота равна произведению количества кубиков золота (n) на длину ребра одного кубика: $L = n \cdot l$.
- 2. Длина ребра кубика обратно пропорциональна дисперсности:

$$l = 1/D.$$

- 3. Число частиц золя равно общему объему золя $V_{\text{общ}}$, деленному на объем одного кубика золота $V_{\text{куб}}$: $n = \frac{V_{\text{общ}}}{V_{\text{куб}}}$.
- 4. Общий объем золя равен: $V_{\text{общ}} = m/\rho$
- 5. Объем одного кубика золота равен: $V_{\text{куб}} = l^3$.
- 6. Тогда длина нити золота будет равна:

$$L = \frac{V_{\text{общ}}}{V_{\text{куб}}} \cdot l = \frac{m}{\rho \cdot l^3} \cdot l = \frac{m}{\rho \cdot l^2} = \frac{m}{\rho} \cdot D,$$

$$L = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{19,6 \cdot 10^3} \cdot (10^8)^2 = 5,1 \cdot 10^8 \text{ м} = 5,1 \cdot 10^5 \text{ км.}$$

- **Задача 4.**

- Определить сдвиг частицы глины радиусом $5 \cdot 10^{-8}$ м в среде с вязкостью 10^{-3} Па · с при 300 К за одну секунду.

$$\bar{\Delta} = \sqrt{\frac{kT\tau}{3\pi \cdot \mu \cdot r}} = \sqrt{\frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300 \cdot 1}{3 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-8}}} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

- **Задача 5.**

- Коэффициент диффузии молекул нитробензола в этилацетате при температуре 291,1 К равен $2,19 \cdot 10^{-9}$ м²/с, вязкость составляет 0,00463 Пуаз. Вычислить радиус молекулы нитробензола.

- **Решение:**

- Сначала переведем все единицы в систему СИ, т. е. 1 Пуаз = 0,1 Па · с

$$D = \frac{kT}{B} = \frac{k \cdot T}{6\pi \cdot \eta \cdot r} \Rightarrow r = \frac{kT}{6\pi \cdot \eta \cdot D}$$

$$r = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 291,1}{6 \cdot 3,14 \cdot 0,00463 \cdot 0,1 \cdot 2,19 \cdot 10^{-9}} = 2,1 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

Задания для самостоятельной работы

- 1. Скачать учебное пособие Коллоидная химия : примеры и задачи : [учеб. пособие] / [В. Ф. Марков, Т. А. Алексеева, Л. А. Брусницына, Л. Н. Маскаева ; науч. ред. В. Ф. Марков] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 188 с. <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/30955/1/978-5-7996-1435-5.pdf>
- 2. Выписать в тетрадь для практических занятий основные формулы из разделов 1 и 2. Записать примеры задач с решениями.
- 3. Решить самостоятельно три задачи:
- Из главы 1: № 1.N, совпадающую с номером вашей фамилии в алфавитном списке группы и еще 1.25 (свой вариант).
- Из главы 3: № 3.N, совпадающую с номером вашей фамилии в алфавитном списке группы.