

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

З ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ  
З ДИСЦИПЛІНИ "ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА ТА ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ  
(КОЛОЇДНА ХІМІЯ)"  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ:  
161 – ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ

Затверджено на засіданні  
кафедри фізичної хімії  
Протокол № 1 від 31.08.17

Методичні вказівки з організації самостійної роботи з дисципліни "Поверхневі явища та дисперсні системи (колоїдна хімія)" для студентів спеціальності: 161 – хімічні технології та інженерія / Укл.: Проценко В.С., Кітик А.А. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2018. – 24 с.

Укладачі: В.С. Проценко, д-р хім. наук  
А.А. Кітик, канд. хім. наук

Відповідальний за випуск О.Б. Веліченко, д-р хім. наук

#### Навчальне видання

Методичні вказівки з організації самостійної роботи з дисципліни "Поверхневі явища та дисперсні системи (колоїдна хімія)" для студентів спеціальності: 161 – хімічні технології та інженерія

Укладачі: ПРОЦЕНКО Вячеслав Сергійович  
КІТИК Анна Адамівна

Технічний редактор В.П. Синицька  
Комп'ютерна верстка В.П. Синицька

Підписано до друку 25.01.18. Формат 60×84/16. Папір ксерокс. Друк різнограф.  
Умов. друк. арк. 1,09. Обл.-вид. арк. 2,14. Тираж 100 прим. Зам. № 318.  
Свідоцтво ДК № 5026 від 16.12.2015

---

ДВНЗ УДХТУ, просп. Гагаріна, 8, м. Дніпро, 49005

---

Редакційно-видавничий відділ

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Програма курсу.....	4
2 Список літератури.....	5
3 Приклади розв'язання типових задач.....	6
4 Завдання для індивідуального самостійного виконання .....	17
5 Перелік питань та задач для підготовки до контрольної роботи та іспиту.....	21

## ВСТУП

Методичні вказівки призначені для організації самостійної роботи з дисципліни "Поверхневі явища та дисперсні системи (колоїдна хімія)" для студентів спеціальності: 161 – хімічні технології та інженерія.

Вказівки містять програму курсу «Поверхневі явища і дисперсні системи», список рекомендованої літератури, приклади розв'язання типових задач, умови завдань для індивідуального самостійного виконання, питання і задачі для підготовки до контрольної роботи та іспиту.

Матеріал дисципліни рекомендується вивчати послідовно, керуючись програмою курсу і методичними поясненнями. Для успішного засвоєння курсу необхідно скласти конспект за питаннями, наведеними в методичних вказівках, і розв'язати запропоновані задачі.

## 1 ПРОГРАМА КУРСУ

**Змістовий модуль 1 – Фізико-хімічні властивості високодисперсних систем.**

Тема 1.1. – Дисперсні системи. Отримання та очищення дисперсних систем (Основні особливості дисперсних систем. Класифікація дисперсних систем. Методи отримання ліофобних дисперсних систем. Термодинаміка конденсаційного утворення дисперсних систем, закономірності утворення нової фази. Фізичне і хімічне диспергування. Адсорбційне зниження твердості тіл, ефект Ребіндера. Очищення золів від домішок, мембранні методи розділення сумішей.).

Тема 1.2. – Молекулярно-кінетичні явища в дисперсних системах (Броунівський рух. Рівняння Ейнштейна-Смолуховського для середнього зсуву частинок. Дифузія. Визначення розмірів частинок дисперсної фази за швидкістю дифузії. Особливості осмотичного тиску колоїдних систем. Седиментаційно-дифузійна рівновага. Основи седиментаційного аналізу та його застосування для визначення середніх розмірів частинок дисперсної фази і розподілу частинок за розмірами.).

Тема 1.3. – Оптичні властивості дисперсних систем (Особливості оптичних властивостей дисперсних систем. Явище розсіювання світла. Аналіз рівняння Релея. Визначення форми, розмірів і концентрації частинок дисперсної фази за допомогою ультрамікроскопії, нефелометрії, турбідиметрії. Рівняння Геллера. Поглинання світла і забарвлення золів. Рівняння Бугера-Ламберта-Бера. Аномалії оптичних властивостей металічних золів. Світлова і електронна мікроскопія.).

Тема 1.4. – Електричні та електрокінетичні явища в дисперсних системах (Іонна адсорбція з розчинів. Правила Паннета-Фаянса-Пескова. Іонообмінна адсорбція, її практичне використання. Подвійний електричний шар, причини утворення, будова. Будова міцели ліофобних золів. Види електрокінетичних явищ. Визначення електрокінетичного потенціалу. Практичне використання електрокінетичних явищ.).

## **Змістовий модуль 2 – Стійкість та руйнування вільнодисперсних систем.**

Тема 2.1. – **Ліофільні системи** (Умови довільного диспергування. Розчини колоїдних поверхнево-активних речовин. Термодинаміка і механізм міцелоутворення. Солюбілізація. Вплив різних чинників на критичну концентрацію міцелоутворення, методи визначення ККМ. Застосування поверхнево-активних речовин (емульгатори, детергенти, змочувачі, диспергатори). Гідрофільно-ліпофільний баланс).

Тема 2.2. – **Стабілізація та руйнування ліофобних золів** (Умови термодинамічної стійкості дисперсних систем. Агрегативна і седиментаційна стійкість. Фактори агрегативної стійкості дисперсних систем. Основні положення теорії ДЛФО. Коагуляція, поріг коагуляції. Вплив електролітів на стійкість золів, правило Шульце-Гарді; концентраційна і нейтралізаційна коагуляція. Кінетика коагуляції ліофобних золів за Смолуховським. Коагуляційно-тиксотропні і конденсаційно-кристалізаційні структури, синерезис).

Тема 2.3. – **Емульсії, піни, аерозолі** (Особливості будови емульсій, пін, аерозолів. Класифікація за дисперсністю та концентрацією. Методи отримання і стабілізації цих систем. Особливості руйнування емульсій, пін і аерозолів. Запобігання забрудненню навколишнього середовища).

Тема 2.4. – **Розчини ВМС як колоїдні системи** (Термодинаміка і кінетика процесів набрякання і розчинення ВМС. Ступінь набрякання, вплив різних чинників. Рівняння Штаудінгера для питомої та приведеної глейкості розчинів ВМС, зв'язок характеристичної глейкості з молекулярною масою ВМС. Поліелектроліти та їх розчини. Ізоелектрична точка поліамфолітів. Вплив сильних електролітів на структуру полііона, денатурація білків. Процеси застигання).

## **2 СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Мчедлов-Петросян М.О., Лебідь В.М., Глазкова О.М., Єльцов С.В., Дубина О.М., Панченко В.Г. Колоїдна хімія. – Харків: Фоліо, 2005. – 304 с.
2. Дібрівний В.М., Сергеев В.В., Ван-Чин-Сян Ю.Я. Курс колоїдної хімії. – Львів: Інтеллект-Захід, 2008. – 160 с.
3. Костржицький А.І., Тіщенко В.М., Калінков О.Ю., Берегова О.М. Фізична і колоїдна хімія. – К.: ЦНЛ, 2008. – 496 с.
4. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. – М.: Химия, 1989. – 464 с.
5. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – Л.: Химия, 1984. – 368 с.
6. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. – М.: Химия, 1975. – 512 с.
7. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии / Под ред. Ю.Г. Фролова. – М.: Химия, 1986. – 215 с.

### 3 ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ

1. Розрахувати питому поверхню сферичних крапельок рідини ( $\gamma$  м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> і м<sup>2</sup>/кг), а також діаметр крапельок, якщо густина рідини 13,54 г/см<sup>3</sup>, дисперсність крапельок 0,5 мкм<sup>-1</sup>.

Розв'язок

Дисперсність – це величина зворотна розміру (діаметру) частинки. Отже діаметр крапельок:

$$d = \frac{1}{D} = \frac{1}{0,5 \cdot 10^6} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ (м)}.$$

Питома поверхня – це відношення загальної поверхні фази до її загального об'єму (або маси). Для частинок сферичної форми питому поверхню знаходять за формулами:

$$S_{\text{ПИТ}} = 6D = \frac{6}{d} = \frac{6}{2 \cdot 10^{-6}} = 3 \cdot 10^6 \text{ (м}^2\text{/м}^3\text{)}$$

або

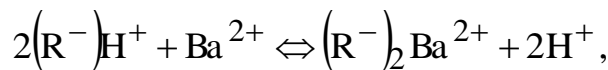
$$S_{\text{ПИТ}} = \frac{6}{d\rho} = \frac{6}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 13,54 \cdot 10^3} = 221,6 \text{ (м}^2\text{/кг)}.$$

Відповідь:  $3 \cdot 10^6$  м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, 221,6 м<sup>2</sup>/кг,  $2 \cdot 10^{-6}$  м.

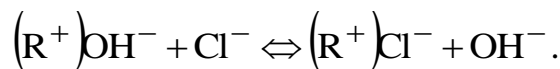
2. 2 л 0,05 н. водного розчину ВаСl<sub>2</sub> знесолують шляхом пропускання його через іонообмінні колонки. Скільки грамів катіоніту та аніоніту необхідно для цього, якщо ПОЄ = 2 мг-екв/г і для катіоніту, і для аніоніту?

Розв'язок

Для знесолення розчин солі слід пропустити через катіоніт у Н<sup>+</sup>-формі:



а потім пропустити через аніоніт в ОН<sup>-</sup>-формі:



Кількість речовини ВаСl<sub>2</sub> дорівнює:

$$n_{\text{екв}} = V \cdot C_N = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ г-екв.}$$

Оскільки  $\text{ПОЄ} = \frac{n_{\text{екв}}}{m}$ , то маса катіоніту та аніоніту буде становити:

$$m = 0,1 \text{ г-екв} / 2 \cdot 10^{-3} \text{ Г-екв/г} = 50 \text{ г.}$$

Відповідь: 50 г аніоніту та 50 г катіоніту.

3. Визначити радіус частинок гідрозолу, якщо середній зсув частинки за 210 с складає 18,4 мкм. Температура 293 К, в'язкість середовища  $10^{-3}$  Па·с.

### Розв'язок

Величина середнього зсуву пов'язана з коефіцієнтом дифузії формулою Ейнштейна-Смолуховського:

$$\bar{\Delta}^2 = 2D\tau.$$

Знаходимо коефіцієнт дифузії:

$$D = \frac{\bar{\Delta}^2}{2\tau} = \frac{(18,4 \cdot 10^{-6})^2}{2 \cdot 210} = 8,06 \cdot 10^{-13} \text{ (м}^2/\text{с)}.$$

Коефіцієнт дифузії пов'язаний з радіусом частинки  $r$  рівнянням:

$$D = \frac{kT}{6\pi\eta r},$$

де  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постійна Больцмана;  $T$  – температура;  $\eta$  – в'язкість середовища.

Обчислюємо радіус частинок:

$$r = \frac{kT}{6\pi\eta D} = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293}{6 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 8,06 \cdot 10^{-13}} = 2,66 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}.$$

Відповідь:  $2,66 \cdot 10^{-7}$  м.

4. Частинки бентоніту з радіусом  $r = 0,6$  мкм осідають у водному середовищі (густина  $1,0$  г/см<sup>3</sup>) під дією сили тяжіння. Визначити час, за який частинка пройде шлях  $20$  см, якщо густина бентоніту  $2,1$  г/см<sup>3</sup>, а в'язкість середовища  $2 \cdot 10^{-3}$  Па·с.

### Розв'язок

Рівняння для швидкості седиментації сферичних частинок у гравітаційному полі таке:

$$u = \frac{2g(\rho - \rho_0)r^2}{9\eta},$$

де  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – прискорення вільного падіння;  $\rho$  – густина речовини частинок (дисперсної фази);  $\rho_0$  – густина дисперсійного середовища;  $r$  – радіус частинок;  $\eta$  – в'язкість середовища.

Проводимо обрахунки, переводячи всі розмірності у СІ:

$$u = \frac{2 \cdot 9,81(2100 - 1000) \cdot (0,6 \cdot 10^{-6})^2}{9 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 4,316 \cdot 10^{-7} \text{ (м/с)}.$$

Знаходимо час  $\tau$ , за який частинка пройде шлях  $\Delta x$ , за допомогою елементарного рівняння:

$$u = \frac{\Delta x}{\tau} \Rightarrow \tau = \frac{\Delta x}{u} = \frac{20 \cdot 10^{-2}}{4,316 \cdot 10^{-7}} = 463392 \text{ (с)} \approx 128 \text{ (годин)}.$$

Відповідь:  $463392$  с.

5. Після встановлення дифузійно-седиментаційної рівноваги при температурі 298 К на висоті  $h = 10$  см концентрація частинок сферичної форми утричі менша, ніж на висоті  $h = 0$ . Густина частинок  $4 \text{ г/см}^3$ , густина середовища  $1 \text{ г/см}^3$ . Визначити радіус частинок.

Розв'язок

Дифузійно-седиментаційна рівновага описується гіпсометричним рівнянням:

$$v_h = v_0 \exp\left(-\frac{v(\rho - \rho_0)gh}{kT}\right),$$

де  $v_h$  – концентрація частинок на висоті  $h$ ;  $v_0$  – концентрація частинок на висоті  $h = 0$ ;  $v$  – об'єм частинок;  $\rho$  – густина речовини частинок (дисперсної фази);  $\rho_0$  – густина дисперсійного середовища,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – прискорення вільного падіння,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$  – постійна Больцмана;  $T$  – температура.

Оскільки концентрація частинок сферичної форми на висоті  $h=10 \text{ см}=0,1 \text{ м}$  утричі менша, ніж на висоті  $h = 0$ , то маємо:

$$\frac{v_h}{v_0} = \exp\left(-\frac{v(\rho - \rho_0)gh}{kT}\right),$$

$$\frac{1}{3} = \exp\left(-\frac{v \cdot (4000 - 1000) \cdot 9,81 \cdot 0,1}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 298}\right),$$

$$\frac{1}{3} = \exp(-7,156 \cdot 10^{23} v),$$

$$\ln \frac{1}{3} = -7,156 \cdot 10^{23} v,$$

$$v = 1,535 \cdot 10^{-24} \text{ (м}^3\text{)}.$$

Для сферичних частинок об'єм і радіус пов'язані рівнянням:  $v = \frac{4}{3} \pi r^3$ ,

звідси  $r = \sqrt[3]{\frac{4v}{3\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1,535 \cdot 10^{-24}}{3 \cdot 3,14}} = 8,67 \cdot 10^{-9} \text{ (м)} = 8,67 \text{ (нм)}.$

Відповідь: 8,67 нм.

6. Осмотичний тиск деякого гідрозолу становить 15 Па при температурі 15 °С. Яким буде осмотичний тиск цього золу, якщо температуру підвищити до 30°С?

Розв'язок

Осмотичний тиск золу прямо пропорційний температурі:

$$\pi = \frac{v}{N_A} RT.$$

Отже, маємо таке співвідношення для одного і того ж золу за двох різних температур:



$$\frac{\pi_1}{\pi_2} = \frac{T_2}{T_1}.$$

Таким чином, отримуємо:

$$\pi_2 = \pi_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 15 \cdot \frac{273+30}{273+15} = 15,78 \text{ (Па)}.$$

Відповідь: 15,78 Па.

7. Розрахувати електрокінетичний потенціал поверхні частинок бентонітової глини, якщо при електрофорезі ці частинки за 15 хвилин зміщуються на 6 мм у напрямі аноду. Напруга між електродами 100 В, відстань між електродами 25 см, відносна діелектрична проникність середовища  $\varepsilon = 78,2$ , в'язкість  $\eta = 8,94 \cdot 10^{-4}$  Па·с.

Розв'язок

Рівняння Гіббса-Смолуховського для електрофорезу має наступний вигляд:

$$\xi = \frac{\eta u}{\varepsilon_0 \varepsilon E},$$

де  $\xi$  – електрокінетичний потенціал;  $u$  – швидкість руху частинок;  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м – діелектрична проникність вакууму;  $E$  – напруженість електричного поля.

Знаходимо швидкість руху частинок на підставі величини пройденого за даний час шляху:

$$u = \frac{\Delta x}{\tau} = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 60} = 6,67 \cdot 10^{-6} \text{ (м/с)}.$$

Знаходимо напруженість електричного поля як відношення напруги між електродами до відстані між ними:

$$E = \frac{V}{L} = \frac{100}{0,25} = 400 \text{ (В/м)}.$$

Обчислюємо електрокінетичний потенціал за рівнянням Гіббса-Смолуховського:

$$\xi = \frac{8,94 \cdot 10^{-4} \cdot 6,67 \cdot 10^{-6}}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 78,2 \cdot 400} = 0,0215 \text{ (В)}.$$

Оскільки частинки рухаються у напрямку аноду (позитивного електроду), то вони заряджені негативно. Отже, остаточно, електрокінетичний потенціал дорівнює  $\xi = -0,0215$  В.

Відповідь:  $-0,0215$  В.

8. Розрахуйте, в якому випадку та у скільки разів інтенсивність розсіяного дисперсною системою світла більше: при освітленні синім світлом ( $\lambda = 415$  нм) чи червоним світлом ( $\lambda = 625$  нм).

### Розв'язок

Відповідно до рівняння Релея інтенсивність світла, розсіяного дисперсною системою, зворотно пропорційна довжині хвилі світла:  $I_p \sim \lambda^{-4}$ . Тоді інтенсивність розсіяного синього світла більше, чим червоного у:

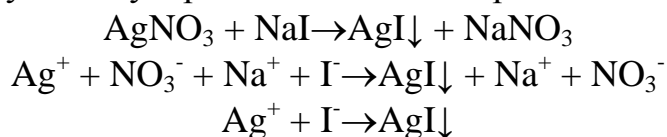
$$\frac{I_{p,1}}{I_{p,2}} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^4 = \left(\frac{625}{415}\right)^4 = 5,14 \text{ разів.}$$

Відповідь: синє світло розсіюється сильніше, ніж червоне, у 5,14 разів.

9,а. При достатньо повільному введенні водного розчину  $\text{AgNO}_3$  (концентрація  $0,015 \text{ моль/дм}^3$ , об'єм  $0,020 \text{ дм}^3$ ) у розчин  $\text{NaI}$  (концентрація  $0,025 \text{ моль/дм}^3$ , об'єм  $0,025 \text{ дм}^3$ ) можливе утворення золю  $\text{AgI}$ . Запишіть формулу міцели золю.

### Розв'язок

Рівняння реакції у молекулярній та повній і скороченій іонній формах:



Оскільки в осад випадає  $\text{AgI}$ , то саме він буде складати тверду фазу золю.

Відповідно до правила Фаянса-Панета, на поверхні кристалічної ґратки  $\text{AgI}$  можуть адсорбуватися або іони  $\text{Ag}^+$  (у випадку надлишку  $\text{AgNO}_3$ ), або іони  $\text{I}^-$  (у випадку надлишку  $\text{NaI}$ ). Обчислимо, який електроліт в даному випадку у надлишку.

Кількість речовини  $\text{AgNO}_3$  складає:

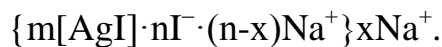
$$n_{\text{AgNO}_3} = CV = 0,015 \cdot 0,020 = 0,0003 \text{ моль.}$$

Кількість речовини  $\text{NaI}$  складає:

$$n_{\text{NaI}} = CV = 0,025 \cdot 0,025 = 0,000625 \text{ моль.}$$

Отже, у надлишку  $\text{NaI}$ . На поверхні  $\text{AgI}$  будуть адсорбуватися іони  $\text{I}^-$ , а протиіонами будуть іони  $\text{Na}^+$ .

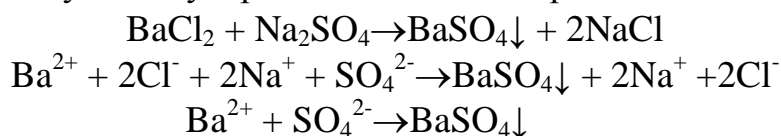
Пишемо формулу міцели золю:



9,б. Запишіть формули міцел золів, що утворюються за хімічною реакцією  $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$ , у надлишку кожного з компонентів.

### Розв'язок

Рівняння реакції у молекулярній та повній і скороченій іонній формах:



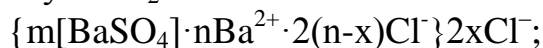
Оскільки в осад випадає  $\text{BaSO}_4$ , то саме він буде складати тверду фазу золю.

Відповідно до правила Фаянса-Панета, на поверхні кристалічної ґратки  $\text{BaSO}_4$  можуть адсорбуватися або іони  $\text{Ba}^{2+}$  (у випадку надлишку  $\text{BaCl}_2$ ), або іони  $\text{SO}_4^{2-}$  (у випадку надлишку  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).

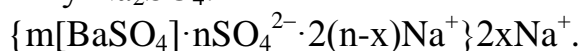
Відповідно, у першому випадку протиіонами будуть  $\text{Cl}^-$ , а у другому випадку –  $\text{Na}^+$ .

Пишемо формули міцели золю:

– для випадку надлишку  $\text{BaCl}_2$ :



– для випадку надлишку  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ :



10. При вивченні кінетики коагуляції водного золю  $\text{AgI}$  коагулянтном  $\text{K}_2\text{SO}_4$  отримали такі експериментальні дані:

$\tau, \text{c}$	0	40	200	280
$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	2,69	2,49	2,04	1,85

( $v_{\Sigma}$  – концентрація частинок в одиниці об'єму).

Визначити час половинної коагуляції та дослідне значення константи швидкості швидкої коагуляції.

#### Розв'язок

Рівняння Смолуховського для швидкої коагуляції у лінійній формі має вигляд:

$$\frac{v_0}{v} = 1 + \frac{\tau}{\theta},$$

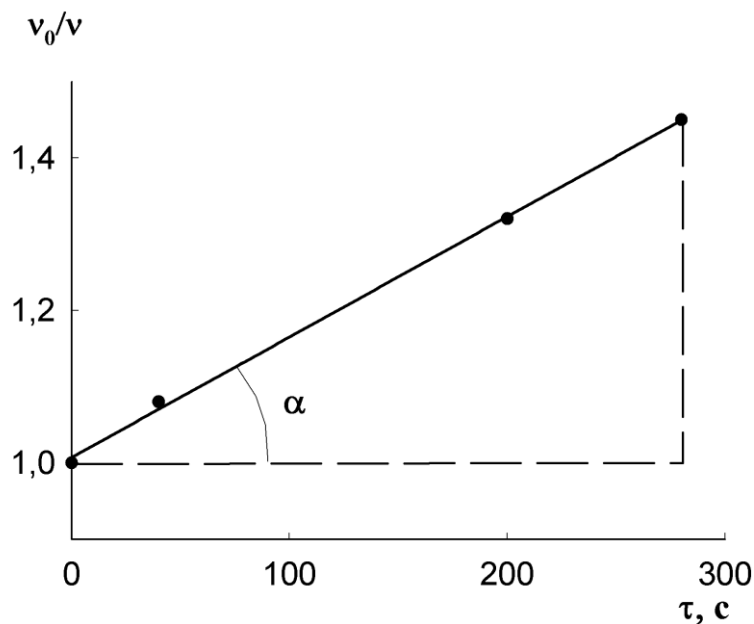
де  $v_0$  – концентрація частинок у початковий момент часу ( $\tau = 0$ );  $v_{\Sigma}$  – концентрація частинок у довільний момент часу  $\tau$ ;  $\theta$  – час половинної коагуляції.

Побудова графіка у координатах  $v_0/v_{\Sigma}$ ,  $\tau$  дає пряму лінію, яка відтинає на осі ординат відрізок з довжиною 1 (одиниця) при нульовому значенні часу. А котангенс кута нахилу цієї прямої дорівнює величині  $\theta$ .

Обчислюємо значення  $\frac{v_0}{v}$  для кожного моменту часу ( $v_0 = 2,69 \cdot 10^{14}$  частинок/ $\text{м}^3$ ):

$\tau, \text{c}$	0	40	200	280
$\frac{v_0}{v}$	1	1,08	1,32	1,45

Будуємо графік в координатах  $\frac{v_0}{v}, \tau$ :



Знаходимо котангенс кута нахилу цієї прямої (відношення довжини суміжного катету до довжини протилежного катету):

$$\operatorname{ctg}\alpha = \frac{280-0}{1,45-1} = 622,2.$$

Час половинної коагуляції  $\theta = \operatorname{ctg}\alpha = 622,2$  с.

Константу швидкості коагуляції знаходять за рівнянням:

$$k = \frac{1}{v_0\theta} = \frac{1}{2,69 \cdot 10^{14} \cdot 622,2} = 5,97 \cdot 10^{-18} \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

Відповідь: 622,2 с;  $5,97 \cdot 10^{-18}$  м<sup>3</sup>/с.

11. Розрахувати час половинної коагуляції аерозолі з дисперсністю 5 мкм<sup>-1</sup> і концентрацією  $1,5 \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup>, якщо константа швидкості швидкої коагуляції за Смолуховським дорівнює  $3 \cdot 10^{-16}$  м<sup>3</sup>/с. Густина частинок аерозолі вважати рівною 2,2 г/см<sup>3</sup>.

Розв'язок

Константа швидкості коагуляції за теорією Смолуховського:

$$k = \frac{1}{v_0\theta}.$$

Тоді час половинної коагуляції можна знайти за рівнянням:

$$\theta = \frac{1}{v_0k}.$$

Необхідно тепер розрахувати концентрацію частинок в одиниці об'єму  $v_0$ .

Діаметр частинки:

$$d = \frac{1}{D} = \frac{1}{5 \cdot 10^{+6}} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ (м)}.$$

Об'єм сферичної частинки:

$$V_{\text{ч}} = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{2 \cdot 10^{-7}}{2}\right)^3 = 4,19 \cdot 10^{-21} \text{ (м}^3\text{)}.$$

Загальний об'єм частинок, що приходить на одиницю об'єму аерозолі:

$$V_{\text{заг}} = \frac{c}{\rho} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{2,2 \cdot 10^3} = 6,82 \cdot 10^{-7} \text{ (м}^3\text{/м}^3\text{)}.$$

Концентрація (кількість) частинок в одиниці об'єму аерозолі:

$$v_0 = \frac{V_{\text{заг}}}{V_{\text{ч}}} = \frac{6,82 \cdot 10^{-7}}{4,19 \cdot 10^{-21}} = 1,628 \cdot 10^{14}.$$

Отже, час половинної коагуляції можна знайти за рівнянням:

$$\theta = \frac{1}{v_0 k} = \frac{1}{1,628 \cdot 10^{14} \cdot 3 \cdot 10^{-16}} = 20,5 \text{ (с)}.$$

Відповідь: 20,5 с.

12. Визначити константу швидкості набрякання полімеру за наступними даними:

Час набрякання, хв	5	90	240	$\infty$
Степінь набрякання, $\alpha$	0,33	2,33	3,41	3,66

#### Розв'язок

Кінетичне рівняння процесу обмеженого набрякання ВМС в лінійній інтегральній формі може бути записано таким чином:

$$\ln \frac{\alpha_{\text{max}}}{\alpha_{\text{max}} - \alpha} = k\tau,$$

де  $\alpha_{\text{max}}$  – максимальний степінь набрякання;  $\alpha$  – поточний степінь набрякання (на момент часу  $\tau$ );  $k$  – константа швидкості набрякання.

Тоді константа швидкості набрякання дорівнює:

$$k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{\alpha_{\text{max}}}{\alpha_{\text{max}} - \alpha}.$$

Обчислюємо  $k$  для різних моментів часу:

$$k = \frac{1}{5} \ln \frac{3,66}{3,66 - 0,33} = 0,019 \text{ (хв}^{-1}\text{)},$$

$$k = \frac{1}{90} \ln \frac{3,66}{3,66 - 2,33} = 0,011 \text{ (хв}^{-1}\text{)},$$

$$k = \frac{1}{240} \ln \frac{3,66}{3,66 - 3,41} = 0,011 \text{ (хв}^{-1}\text{)}.$$

Таким чином, середнє значення константи швидкості:

$$k = \frac{1}{3} \cdot (0,019 + 0,011 + 0,011) = 0,014 \text{ (хв}^{-1}\text{)}.$$

(Примітка. Цю задачу можна розв'язати також, побудувавши пряму лінію у координат  $\ln \frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\max} - \alpha}$ ,  $\tau$ . Відповідно до кінетичного рівняння, тангенс кута нахилу отриманої прямої дорівнює константі швидкості процесу набрякання)

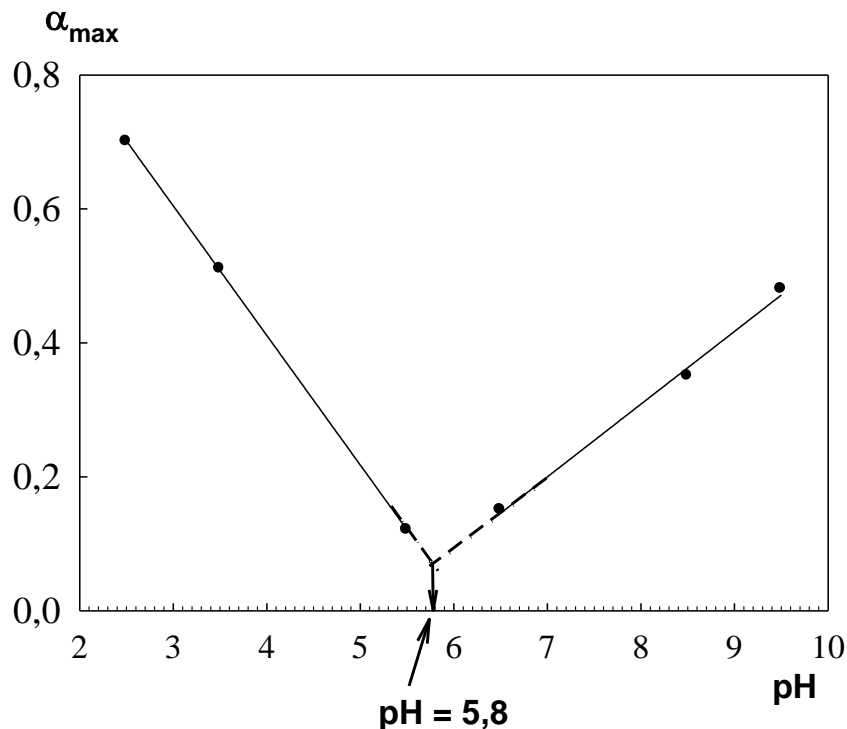
Відповідь:  $0,014 \text{ хв}^{-1}$ .

13. Визначити графічним методом ізоелектричну точку поліамфоліта за залежністю максимального ступеня набрякання  $\alpha_{\max}$  від рН розчину:

рН	2,5	3,5	5,5	6,5	8,5	9,5
$\alpha_{\max}$	0,7	0,51	0,12	0,15	0,35	0,48

Розв'язок

Будуємо графік залежності максимального ступеня набрякання  $\alpha_{\max}$  від рН розчину:



Графік складається з двох прямолінійних відрізків. Координата (абсциса) точки перетину цих прямих – це і є ізоелектрична точка поліамфоліта:  $\text{рН}_{\text{ІЕТ}} \approx 5,8$  (тобто це значення рН, при якому досягається мінімальне значення  $\alpha_{\max}$ ).

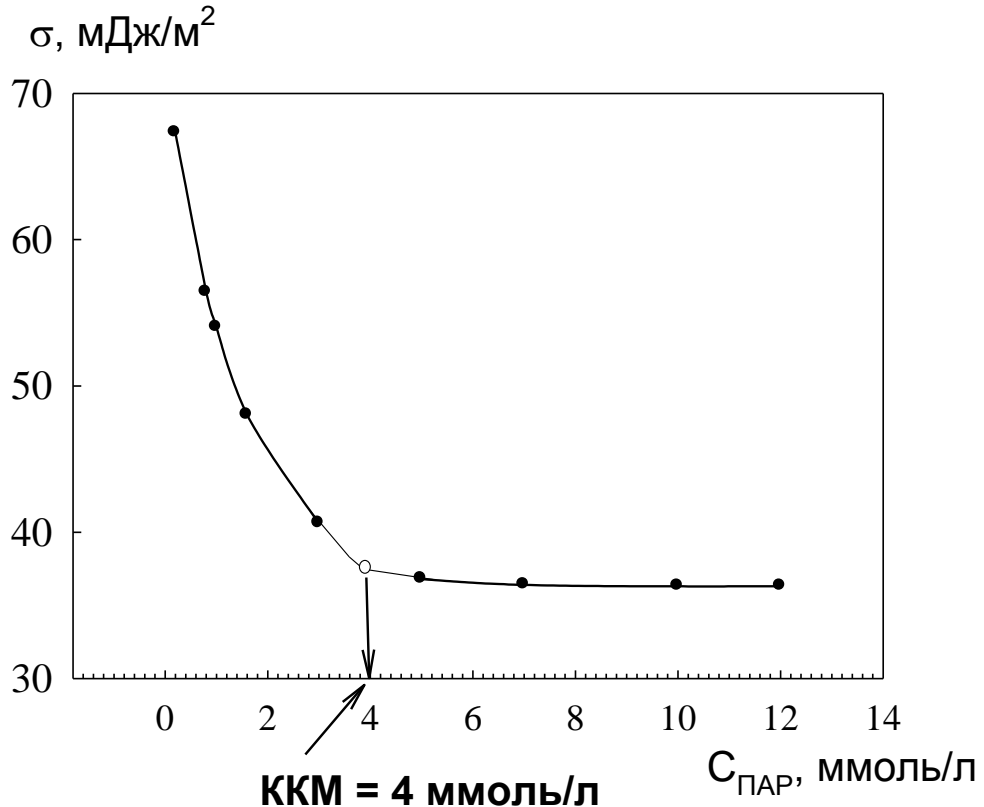
Відповідь:  $\text{рН}_{\text{ІЕТ}} \approx 5,8$ .

14. Визначити ККМ за залежністю поверхневого натягу ПАР водного розчину від концентрації:

$C_{\text{ПАР}}$ , ммоль/л	0,2	0,8	1,0	1,6	3,0	5,0	7,0	10,0	12,0
$\sigma$ , мДж/м <sup>2</sup>	67,3	56,4	54,0	48,0	40,6	36,8	36,4	36,3	36,3

Розв'язок

Будуємо графік у координатах поверхневий натяг – концентрація ПАР:



За допомогою графіку знаходимо ККМ = 4 ммоль/л.

Відповідь: ККМ = 4 ммоль/л.

15. Розрахувати швидкість розвитку деформації в ньютонівській рідині, в'язкість якої  $2 \cdot 10^{-3}$  Па·с, якщо напруження зсуву дорівнює 12 Па.

Розв'язок

Відповідно до закону Ньютона:

$$P = \eta \frac{d\gamma}{d\tau}$$

Тоді швидкість розвитку деформації:

$$\frac{d\gamma}{d\tau} = \frac{P}{\eta} = \frac{12}{2 \cdot 10^{-3}} = 6000 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Відповідь: 6000 с<sup>-1</sup>.

16. Розрахувати молекулярну масу поліметилметакрилату, якщо характеристична в'язкість його розчину в хлороформі при температурі 293 К складає 0,349 л/г. Константи в рівнянні Марка-Хаувінка-Куна дорівнюють відповідно  $k = 4,9 \cdot 10^{-5}$ ,  $\alpha = 0,8$ .

Розв'язок

Згідно з рівнянням Марка-Хаувінка-Куна:

$$[\eta] = k \cdot M^\alpha,$$

де  $[\eta]$  – характеристична в'язкість розчину полімеру;  $M$  – молекулярна маса полімеру.

Логарифмуючи це рівняння, маємо:

$$\begin{aligned} \ln[\eta] &= \ln k + \alpha \ln M, \\ \ln 0,349 &= \ln 4,9 \cdot 10^{-5} + 0,82 \ln M \\ -1,053 &= -9,924 + 0,82 \ln M \\ \ln M &= 10,82 \\ M &= \exp(10,82) \approx 5 \cdot 10^4 \text{ (г/моль)}. \end{aligned}$$

Відповідь:  $5 \cdot 10^4$  г/моль.

17. Обчисліть енергію взаємодії сферичних частинок плавленого кварцу  $\text{SiO}_2$  у розчині  $\text{NaI}$  у нітробензолі при 298 К на основі наступних даних: концентрація електроліту  $c = 0,01$  ммоль/л; діелектрична проникність дисперсійного середовища 34,62; потенціал адсорбційного шару (шару Штерна) 20 мВ; радіус частинок  $3 \cdot 10^{-7}$  м; відстань між частинками  $1 \cdot 10^{-8}$  м. Прийняти, що константа Гамакера має значення  $1 \cdot 10^{-19}$  Дж. Як зміниться енергія взаємодії між частинками у розрахунку на одиницю поверхні, якщо їм надати плоскої форми?

Розв'язок

Згідно з теорією стійкості дисперсних систем ДЛФО сумарна енергія взаємодії частинок дорівнює:

$$U = U_e + U_M,$$

де  $U_e$  – енергія електростатичного відштовхування частинок;  $U_M$  – енергія їх молекулярного притягнення.

В області малих електростатичних потенціалів (до 100 мВ) і на малих відстанях  $h$  (до 50 нм) сумарна енергія взаємодії між двома сферичними частинками радіуса  $r$  розраховується за рівнянням:

$$U = 2(\epsilon_0 \epsilon k^2 r^2 \times \ln(1 + e^{\varphi(-kh)}) - Ar/12h),$$

де перший доданок відповідає  $U_e$ , другий –  $U_M$ ;  $\varphi$  – потенціал шару Штерна;  $k$  – величина, що є зворотною до товщини дифузного шару;  $\epsilon$  – діелектрична проникність дисперсійного середовища;  $\epsilon_0$  – діелектрична стала.

Для плоских частинок (пластин) рівняння для розрахунку сумарної енергії взаємодії, що припадає на одиницю поверхні, описується рівнянням:

$$U = 2(\epsilon_0 \epsilon k^2 r^2 e^{\varphi(-kh)} - A/(12 \epsilon h^2)).$$



Параметр  $k$ , який входить у ці співвідношення, знаходимо за формулою:

$$k = ((c^0 - c)/(2F^2 I))^{1/2}$$

де  $I$  – іонна сила розчину;  $F$  – константа фарадея.

$$k = \left( \frac{34,62 * 8,85 * 10^{-12} * 8,314 * 298}{2 * 96500^2 * 0,01} \right)^{\frac{1}{2}} = 1,56 * 10^7 \text{ м}^{-1}$$

Тоді для сферичних частинок маємо:

$$U = 2 * 3,14 * 8,85 * 10^{-12} * 34,62 * 3 * 10^{-7} * 2 * 10^{-2} * \ln(1 + e^{(-1,56 * 10^8)}) - \frac{10^{-19} * 3 * 10^{-7}}{12 * 10^{-8}} = -1,073 * 10^{-19} \text{ Дж}$$

Тоді на одиницю поверхні сферичної частинки, враховуючи, що поверхня сфери дорівнює  $4\pi r^2$ , отримаємо:

$$U = -\frac{1,073 * 10^{-19}}{4 * 3,14 * (3 * 10^{-7})^2} = -9,49 * 10^{-8} \text{ Дж * м}^{-2}$$

Для плоских частинок:

$$U = 2 * 8,85 * 10^{-12} * 34,62 * 1,56 * 10^{-7} * 2 * 10^{-2} * e^{-1,56 * 10^7 * 10^{-8}} - \frac{10^{-19}}{12 * 3,14 * ((10^{-8})^2)} = -2,32 * 10^{-5} \text{ Дж * м}^{-2}$$

Значення  $U$  знизилося.

$$\text{Відповідь: } = -9,49 * 10^{-8} \text{ Дж * м}^{-2}, = -2,32 * 10^{-5} \text{ Дж * м}^{-2}.$$

#### 4 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО САМОСТІЙНОГО ВИКОНАННЯ

##### *Домашнє розрахункове завдання № 1*

Визначити масу катіоніту (К) та аніоніту (А) відомої марки, необхідну для знесолення 1 м<sup>3</sup> водного розчину, що містить домішки неорганічних солей (Таблиця 1.1). Запишіть рівняння реакцій, які перебігають під час знесолення.

Таблиця 1.1

№ вар.	Іоніти	ПОС, мекв/г	Вміст солей у воді, г/л				
			NaCl	MgCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KHCO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
1	К: КУ-2-8 А: ІРА-400	4,7 4,4	–	0,03	0,04	0,12	0,005
2	К: КРС-20 А: АВ-17	5,5 3,6	0,03	–	0,23	0,3	0,01
3	К: S-100 А: АТ-660	5,3 4,3	0,035	0,028	–	0,09	0,012
4	К: ІР-120 А: А-101	4,9 4,0	0,04	0,044	0,07	–	0,009
5	К: Зероліт-225 А: SBW	4,5 4,0	0,078	0,034	0,058	0,042	–
6	К: ВаріонКС А: М-500	4,7 4,8	0,021	0,045	0,073	–	0,0059
7	К: КУ-23 А: АВ-29-12 П	4,8 3,7	0,046	0,025	–	–0,091	0,0023
8	К: КБ-2 А: АН-18П	6,0 3,5	0,055	–	0,062	0,011	0,0052
9	К: КБ-2П А: АН-22-8	5,4 5,7	–	0,012	0,026	0,070	0,010
10	К: КБ-4 А: АН-24	4,8 5,4	0,035	–	0,031	0,170	0,0053
11	К: КУ-2-8 А: АН-22-8	4,7 5,7	0,044	0,051	–	0,170	0,0062
12	К: КРС-20 А: АН-18П	5,5 3,5	0,042	0,057	0,150	–	0,0048
13	К: S-100 А: АН-221	5,3 5,4	0,047	0,086	0,120	0,095	–
14	К: ІР-120 А: АН-18П	4,9 3,5	0,014	0,046	0,084	–	0,0087
15	К: Зероліт-225 А: АВ-29-12 П	4,5 3,7	0,021	0,037	–	0,22	0,0073
16	К: ВаріонКС А: SBW	4,7 4,5	0,110	–	0,021	0,24	0,0047
17	К: КУ-23 А: М-500	4,8 4,8	–	0,0087	0,094	0,14	0,0056
18	К: КУ-2-8 А: АН-18-8	4,7 3,5	0,074	–	0,0095	0,019	0,0025
19	К: КРС-20 А: АН-21	5,5 4,5	0,054	0,068	–	0,14	0,0073
20	К: S-100 А: АН-22-8	5,3 5,5	0,046	0,047	0,042	–	0,0086
21	К: ІР-120 А: ЕДЕ-10П	4,9 8,2	0,028	0,074	0,160	0,09	–
22	К: КУ-1 А: АН-1	4,7 5,0	–0,017	0,063	0,064	–	0,057
23	К: Зероліт-225 А: АН-2ФН	4,5 7,4	0,037	0,074	–	0,056	0,10
24	К: КУ-2-8Г А: АНГ-31	3,0 5,0	0,057	–	0,073	0,015	0,0085
25	К: СГ-1Г А: АВ-17Г	6,0 2,8	–	0,120	0,053	0,11	0,010

## Домашнє розрахункове завдання № 2

При достатньо повільному введенні розчину речовини В (концентрація  $C_B$ , об'єм  $V_B$ ) у розчин речовини А (концентрація  $C_A$ , об'єм  $V_A$ ) можливе утворення золю (табл. 2.1).

1) Наведіть рівняння хімічної реакції у молекулярній, іонній повній і іонній скороченій формах; розрахуйте, яка речовина взята у надлишку; запишіть формулу міцели золю.

2) Вкажіть, до якого полюсу будуть прямувати частинки золю у полі постійного електричного струму? Як називається це явище? Обчисліть, з якою швидкістю (мм/хв) будуть пересуватися частинки золю, якщо діелектрична проникність середовища  $\epsilon = 80,1$ , в'язкість  $\eta = 0,001$  Па·с, відстань між електродами 40 см, напруга на електродах дорівнює  $(N \cdot 50)$  В, електрокінетичний потенціал (за модулем) дорівнює  $\zeta = (350 - 5 \cdot N)$  мВ (де N – номер Вашого варіанта).

3) Накресліть схему будови подвійного електричного шару, що утвориться на поверхні частинки золю, покажіть і поясніть хід залежності "потенціал – відстань від твердої фази". Нарисуйте як зміниться хід залежності "потенціал – відстань від твердої фази" при зростанні іонної сили розчину.

Таблиця 2.1

№ вар.	А	$C_A$ , моль/л	$V_A$ , мл	В	$C_B$ , моль/л	$V_B$ , мл
1	NiCl <sub>2</sub>	0,09	84	Li <sub>2</sub> S	0,04	50
2	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,068	60	КОН	0,05	30
3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,015	50	BaCl <sub>2</sub>	0,02	47
4	SnCl <sub>2</sub>	0,059	60	K <sub>2</sub> S	0,038	44
5	MgCl <sub>2</sub>	0,02	24	NaOH	0,057	70
6	NH <sub>4</sub> CNS	0,025	80	AgNO <sub>3</sub>	0,05	68
7	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S	0,045	95	AgNO <sub>3</sub>	0,094	45
8	CaCl <sub>2</sub>	0,03	53	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,095	96
9	BaCl <sub>2</sub>	0,035	50	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,067	34
10	BeCl <sub>2</sub>	0,04	67	NH <sub>4</sub> OH	0,08	60
11	AgNO <sub>3</sub>	0,040	70	HCl	0,023	70
12	AlCl <sub>3</sub>	0,05	40	NaOH	0,035	73
13	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	0,064	65	AgNO <sub>3</sub>	0,03	64
14	NaI	0,15	1,0	AgNO <sub>3</sub>	0,095	98
15	MnCl <sub>2</sub>	0,03	78	NaOH	0,04	45
16	ZnCl <sub>2</sub>	0,063	50	K <sub>2</sub> S	0,047	62
17	MnCl <sub>2</sub>	0,089	64	K <sub>2</sub> S	0,098	10
18	FeCl <sub>3</sub>	0,034	58	NaOH	0,08	35
19	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,07	30	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,034	63
20	CoCl <sub>3</sub>	0,064	65	K <sub>2</sub> S	0,075	25
21	Hg <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,047	96	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,075	60
22	AgNO <sub>3</sub>	0,075	69	H <sub>2</sub> S	0,02	41
23	CdCl <sub>2</sub>	0,07	85	H <sub>2</sub> S	0,053	52
24	CrCl <sub>3</sub>	0,055	36	КОН	0,073	20
25	FeCl <sub>3</sub>	0,06	37	Ca(OH) <sub>2</sub>	0,01	12

### Домашнє розрахункове завдання № 3

При вивченні кінетики коагуляції золю, отриманого відповідно до умови задачі № 2, певним коагулянтотримали експериментальні дані, наведені у табл. 3.1 ( $v_{\Sigma}$  – сумарна кількість частинок у  $1 \text{ м}^3$  золю).

1) Вкажіть, від заряду катіонів чи аніонів буде залежати поріг коагуляції? Оберіть найбільш економічний коагулятор з погляду найменшої його витрати (у моль) з наступного ряду запропонованих речовин:  $AlCl_3$ ,  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$ . Відповідь обґрунтуйте за допомогою відповідного правила.

2) Графічним методом встановіть можливість застосування рівняння Смолюховського до даного процесу.

3) Визначте час половинної коагуляції і константу швидкості коагуляції за експериментальними даними.

4) Обчисліть теоретичне значення константи швидкості швидкої коагуляції за температури  $T$  (див. табл.) і в'язкості  $1 \cdot 10^{-3}$  Па і порівняйте з його дослідним значенням, зробіть висновок.

Таблиця 3.1

№ вар	Т, К	Експериментальні дані							
		3							
1	293	$\tau, \text{с}$	0	40	60	120	160	200	240
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	15	13,5	11,5	8,15	6,82	5,85	4,12
2	298	$\tau, \text{с}$	0	40	140	200	280	340	400
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	2,69	2,49	2,17	2,04	1,85	1,75	1,52
3	303	$\tau, \text{с}$	0	60	120	260	360	400	440
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	5,22	4,96	4,48	2,92	2,5	2,37	2,04
4	308	$\tau, \text{с}$	0	50	125	200	300	400	500
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	20,2	19,1	15,04	9,54	5,66	2,45	0,21
5	293	$\tau, \text{с}$	0	25	100	180	240	300	360
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	20,26	16,25	9,05	6,27	5,14	4,35	3,78
6	298	$\tau, \text{с}$	0	60	140	300	360	420	500
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	10,5	8,2	5,65	3,68	2,28	1,93	1,01
7	313	$\tau, \text{с}$	0	40	80	120	160	220	300
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	15,1	11,12	8,88	7,44	6,3	5,17	4,57
8	318	$\tau, \text{с}$	0	60	140	200	280	360	410
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	5,20	4,35	3,65	3,26	2,82	2,51	2,05
9	293	$\tau, \text{с}$	0	80	160	240	320	400	480
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	2,72	2,35	2,12	1,95	1,79	1,65	1,43
10	298	$\tau, \text{с}$	0	100	160	200	350	380	420
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	10,5	6,44	5,3	4,75	3,56	3,16	2,98
11	323	$\tau, \text{с}$	0	60	120	180	220	300	360
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	2,69	2,44	2,24	2,07	1,99	1,89	1,81
12	328	$\tau, \text{с}$	0	60	100	140	220	320	380
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	20,1	11,54	9,02	7,40	5,46	4,12	3,68
13	293	$\tau, \text{с}$	0	60	100	140	200	300	400
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	15,0	10,0	8,11	6,82	5,49	4,17	2,96

1	2	3							
14	333	$\tau, \text{с}$	0	60	100	300	360	460	520
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	2,7	2,54	2,28	1,58	1,41	1,22	0,94
15	298	$\tau, \text{с}$	0	40	160	260	350	450	500
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	20,2	13,47	6,82	4,81	3,88	3,16	2,78
16	293	$\tau, \text{с}$	0	80	120	240	340	400	480
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	10,5	7,0	6,0	4,25	3,24	3,04	2,71
17	338	$\tau, \text{с}$	0	60	240	360	480	600	800
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	5,22	4,35	2,83	2,30	1,95	1,68	1,15
18	343	$\tau, \text{с}$	0	100	140	220	280	320	400
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	20,3	9,02	7,45	5,48	4,59	4,18	3,20
19	293	$\tau, \text{с}$	0	60	120	260	360	400	500
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	5,23	4,18	3,84	2,92	2,50	2,37	2,11
20	348	$\tau, \text{с}$	0	40	80	120	160	200	260
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	15,0	13,5	10,2	8,15	6,82	5,85	4,53
21	298	$\tau, \text{с}$	0	60	120	180	220	300	380
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	2,7	2,44	2,24	2,07	1,99	1,82	1,65
22	313	$\tau, \text{с}$	0	60	140	300	360	420	480
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	10,5	8,2	5,65	3,68	2,28	2,03	1,88
23	293	$\tau, \text{с}$	0	60	120	180	220	300	380
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	2,69	2,45	2,23	2,09	1,97	1,83	1,64
24	328	$\tau, \text{с}$	0	25	100	180	240	300	360
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	20,30	16,25	9,07	6,27	5,14	4,35	3,57
25	298	$\tau, \text{с}$	0	40	80	120	160	200	240
		$v_{\Sigma} \cdot 10^{-14}$	15,0	13,5	10,2	8,15	6,2	5,85	5,45

## 5 ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ТА ЗАДАЧ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ ТА ІСПИТУ

1. Особливості дисперсних систем. Характеристика дисперсної фази, дисперсійного середовища.

2. Роздрібненість речовини. Параметри, що її характеризують. Розмір частинок дисперсної фази.

3. Класифікація дисперсних систем за агрегатним станом дисперсної фази та дисперсійного середовища, за характером взаємодії фаз, за розміром частинок.

4. Методи отримання ліофобних дисперсних систем.

5. Ефект Ребіндера (адсорбційне зниження тривкості тіл).

6. Пептизація.

7. Методи очищення золів від домішок електролітів.

8. Будова міцели ліофобних золів.

9. Броунівський рух. Формула Ейнштейна-Смолуховського для середнього зсуву частинок дисперсної фази.

10. Дифузія у золях. Закон Ейнштейна.

11. Осмотичний тиск. Залежність осмотичного тиску від розмірів частинок дисперсної фази.

12. Седиментація. Рівняння для швидкості осадження частинок у гравітаційному полі, його аналіз.

13. Седиментаційний аналіз. Седиментаційна крива, диференціальна та інтегральна криві розподілення частинок.

14. Седиментаційна стійкість дисперсних систем. Дифузійно-седиментаційна рівновага. Гіпсометричний закон Лапласа.

15. Іонообмінна адсорбція. Класифікація іонітів. Повна та динамічна обмінна ємності.

16. Іонна адсорбція з розчинів на твердій поверхні, її особливості. Правила Фаянса-Панета.

17. Подвійний електричний шар (ПЕШ). Причини виникнення ПЕШ на межі поділу фаз.

18. Будова подвійного електричного шару за теоріями Гельмгольца, Гуї-Чепмена, Штерна.

19. Що таке адсорбційний шар, дифузний шар? Чим відрізняються  $\phi_0$  – потенціал поверхні та  $\zeta$  – електрокінетичний потенціал? Як вони залежать від концентрації електролітів в системі?

20. Електрокінетичні явища. Рівняння Гельмгольца-Смолуховського для електрофорезу та електроосмосу.

21. Оптичні властивості дисперсних систем. Рівняння Релея та його аналіз.

22. Два види стійкості дисперсних систем за Песковим. Коагуляція. Фактори, що визначають агрегативну стійкість дисперсних систем. Розклинювальний тиск.

23. Швидка та повільна коагуляція. Теорія швидкої коагуляції Смолуховського.

24. Теорія стійкості та руйнування ліофобних дисперсних систем ДЛФО.

25. Електролітна коагуляція. Поріг коагуляції. Залежність порогу коагуляції від заряду іонів індиферентного електроліту. Правило Шульца-Гарді.

26. Стабілізація ліофобних дисперсних систем.

27. Ліофільні золі. Розчини колоїдних поверхнево-активних речовин (ПАР). Міцела ПАР, її будова. Критична концентрація міцелоутворення (ККМ), методи її визначення.

28. Гідрофільно-ліпофільний баланс. Застосування ПАР в хімічній технології.

29. Набрякання високомолекулярних сполук (ВМС). Ступінь набрякання, залежність його від різних чинників. Рівняння для швидкості набрякання ВМС. Стадії процесу набрякання. Контракція.

30. Структуроутворення у дисперсних системах. Коагуляційні і конденсаційно-кристалізаційні структури. Синерезис. Тиксотропія.

31. Реологія. Ньютонівські та неньютонівські рідиноподібні системи. Закон Ньютона. Твердоподібні системи. Рівняння Бінгама. Реологічні криві.

32. Рівняння, що описують в'язкість дисперсних систем.

33. Рівняння Штаудінгера для розчинів ВМС. Зв'язок характеристичної в'язкості з молекулярною масою ВМС.

34. Емульсії, піни, аерозолі. Їх класифікація. Методи отримання, стабілізації та руйнування цих дисперсних систем.

35. Обчислити середній діаметр частинок сульфиду арсену, якщо питома поверхня його складає  $1,45 \cdot 10^4$  м<sup>2</sup>/кг. Густина сульфиду арсену дорівнює  $3,46 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

36. Розрахуйте середній радіус частинок гідрозолу золота, якщо середній квадратичний зсув за 8 с дорівнює 4,1 мкм, в'язкість середовища  $10^{-3}$  Па·с. Температура 293 К.

37. Розрахуйте розмір частинок SiO<sub>2</sub>, якщо відомо, що час їх осідання на відстань  $h = 10^{-2}$  м складає  $\tau = 60$  хв. Густина дисперсної фази  $\rho = 2,7 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> і дисперсійного середовища  $\rho_0 = 1 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; в'язкість середовища  $\eta = 1,5 \cdot 10^{-3}$  Па·с.

38. При якій концентрації (в г/л) золь матиме осмотичний тиск 200 Па при 298 К, якщо міцелярна маса диспергованої речовини становить 20000 г?

39. У дослідах був встановлений такий розподіл частинок гідрозолу золота по висоті під дією сили тяжіння:

h, мкм	0	50	100	200
число частинок в одиниці об'єму	1431	1053	779	408

Визначити середній радіус частинок гідрозолу, якщо густина дисперсної фази дорівнює 19,6 г/см<sup>3</sup>, температура 298 К.

40. Розрахуйте швидкість електрофорезу частинок берлінської лазурі у воді, якщо  $\zeta$ -потенціал дорівнює 0,058 В, напруженість зовнішнього поля  $E = 5 \cdot 10^2$  В/м; в'язкість середовища  $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$  Па·с; діелектрична проникність дорівнює  $\epsilon = 81$ , електрична стала  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

41. Золь йодиду аргентуму добуто внаслідок додавання 0,5 л 0,02 н. розчину йодиду калію до 0,25 л 0,3% розчину нітрату аргентуму. Написати формулу міцели золю і визначити напрям руху його частинок в електричному полі. Густину розчину нітрату аргентуму вважати такою, що дорівнює одиниці.

42. Перевірити можливість застосування теорії швидкої коагуляції (теорії Смолуховського) до кінетики коагуляції водної суспензії каоліну з початковою частинною концентрацією  $v_0 = 5 \cdot 10^8$  частинок/см<sup>3</sup>;  $T = 300$  К.

Час коагуляції, с.	0	105	180	255	335	420	600
Кількість частинок/см <sup>3</sup> , $v \cdot 10^{-8}$	5,0	3,90	3,18	2,92	2,52	2,0	1,75

Порівняти дослідну константу швидкості коагуляції з розрахованою за теорією Смолуховського.

43. Розрахуйте час половинної коагуляції аерозолу с частинками радіусу  $1,7 \cdot 10^{-7}$  м і ваговою концентрацією  $2,3 \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup>, якщо константа швидкості швидкої коагуляції дорівнює  $4 \cdot 10^{-15}$  м<sup>3</sup>/с. Густина дисперсної фази  $1,9$  г/см<sup>3</sup>.

44. Визначити час, необхідний для зменшення концентрації частинок суспензії в 3 рази, якщо час половинної коагуляції складає 350 с. Кінетика коагуляції підкоряється теорії Смолюховського.

45. Для коагуляції  $10$  см<sup>3</sup> золю AgI було витрачено  $0,45$  см<sup>3</sup> розчину Ва(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> з концентрацією  $0,05$  моль/л. Розрахуйте поріг коагуляції, визначивши його в молях на літр золю.

46. Обчислити енергію відштовхування сферичних частинок SiO<sub>2</sub> діаметром  $20$  нм у водних розчинах NaCl на відстані між поверхнями частинок  $5$  нм при концентрації електроліту у розчині  $10^{-3}$  моль/л. Потенціал дифузного шару  $\varphi_\delta = 4 \cdot 10^{-2}$  В, температура  $T = 288$  К, діелектрична проникність  $\epsilon = 80,1$ .

47. За експериментальними даними набрякання каучуку в бензолі:

час набрякання $\tau$ , хв	30	70	150	200	250	300	350
ступінь набрякання, $\alpha_\tau$	2,05	3,95	5,85	6,15	6,35	6,50	6,50

визначити константу швидкості набрякання.

48. За допомогою рівняння з віріальними коефіцієнтами визначити графічним методом відносну молекулярну масу полімеру, якщо відома залежність осмотичного тиску ( $\pi$ ) від концентрації ( $c$ ) розчину полімеру у толуолі при температурі  $300$  К:

$c \cdot 10^{-3}$ , г/м <sup>3</sup>	2,0	4,1	6,5
$\pi$ , Па	28,5	71,9	147,0

49. Обчислити швидкість витікання рідини із віскозиметра під тиском  $980$  Па через капіляр, довжина якого –  $0,05$  м і радіус –  $2,5 \cdot 10^{-4}$  м. В'язкість рідини  $5 \cdot 10^{-3}$  Па·с.

50. Обчислити за рівнянням Марка-Хаувінка-Куна молекулярну масу натурального каучуку, якщо характеристична в'язкість його розчину у бензолі  $[\eta] = 0,126$  м<sup>3</sup>/кг, константа  $K = 5 \cdot 10^{-5}$ , параметр  $\alpha = 0,67$ .