

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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ  
З ДИСЦИПЛІНИ "ФІЗИЧНА ТА КОЛОЇДНА ХІМІЯ"  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ  
186 – ВИДАВНИЦТВО ТА ПОЛІГРАФІЯ

Затверджено на засіданні  
кафедри фізичної хімії  
Протокол № 4 від 05.12.16

Дніпро ДВНЗ УДХТУ 2017

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни "Фізична та колоїдна хімія" для студентів спеціальності 186 – Видавництво та поліграфія / Укл.: В.С. Проценко, А.А. Кітик. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2017. – 16 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 до практичних занять з дисципліни "Фізична та колоїдна хімія" для студентів спеціальності 186 – Видавництво та поліграфія

Укладачі: ПРОЦЕНКО Вячеслав Сергійович  
КІТИК Анна Адамівна

Редактор Л.М.Тонкошкур  
Коректор Л.Я. Гоцуцова

Технічний редактор Л.Я. Гоцуцова  
Комп'ютерна верстка Л.Я. Гоцуцова

Підписано до друку 06.07.17. Формат 60×84/16. Папір ксерокс. Друк різнограф. Умов. друк. арк. 0,62. Обл.-вид. арк. 0,67. Тираж 100 прим. Зам. № 2. Свідоцтво ДК № 5026 від 16.12.2015.

---

ДВНЗ УДХТУ, 49005, Дніпро-5, просп. Гагаріна, 8.

Редакційно-видавничий відділ

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
План практичних занять .....	4
Практичне заняття 1 .....	5
Практичне заняття 2 .....	8
Практичне заняття 3 .....	11
Практичне заняття 4 .....	14
Список рекомендованої літератури .....	16

## ВСТУП

Методичні вказівки призначені для проведення практичних занять з дисципліни "Фізична та колоїдна хімія" для студентів спеціальності 186 – Видавництво та поліграфія.

Методичні вказівки містять план практичних занять (відповідно до затвердженої робочої програми), а також перелік теоретичних питань, що пропонуються для розгляду на кожному практичному занятті, а також прикладі розв'язання типових розрахункових задач. Наведений також список рекомендованої літератури.

## ПЛАН ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Відповідно до діючої робочої програми та навчального плану практичні заняття плануються тільки при вивченні другого модуля – колоїдна хімія. Теми практичних занять (кожне тривалістю 2 години) наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Теми практичних занять з дисципліни "Фізична та колоїдна хімія"

№ з/п	Назва теми
1	Поверхневі явища і поверхневий натяг. Вплив температури, тиску і кривизни поверхні на внутрішній тиск. Адгезія і когезія. Змочування і розтікання. Капілярні явища
2	Адсорбція. Ізотерми адсорбції Гіббса, Ленгмюра, БЕТ, Фрейндліха
3	Утворення, стабілізація та руйнування дисперсних систем. Термодинамічні та кінетичні фактори агрегативної стійкості дисперсних систем. Кінетика коагуляції, теорія Смолуховського. Поріг коагуляції, правило Шульце-Гарді
4	Електричні, оптичні та молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем. Основи седиментаційного аналізу

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1

**Тема: Поверхневі явища і поверхневий натяг. Вплив температури, тиску і кривизни поверхні на внутрішній тиск. Адгезія і когезія. Змочування і розтікання. Капілярні явища**

*Теоретичні питання для розгляду на практичному занятті:*

1. Що таке поверхневі явища? Що таке поверхневий натяг? Його фізичний смисл. В яких одиницях він вимірюється?
2. Як поверхневий натяг залежить від природи речовини, що утворює поверхню (міжмолекулярної взаємодії)?
3. Як і чому залежить поверхневий натяг рідин від температури? Що таке температурний коефіцієнт поверхневого натягу?
4. Запишіть рівняння Гіббса-Гельмгольца для повної поверхневої енергії.
5. Як впливає кривизна поверхні і природа рідини на її внутрішній тиск? Запишіть та прокоментуйте рівняння Лапласа.
6. Які причини підняття (опускання) рідин у капілярах? Запишіть рівняння Жюрена.
7. Запишіть і прокоментуйте рівняння Томсона-Кельвіна.
8. Що таке адгезія і когезія? Що таке робота адгезії і когезії і за допомогою яких рівнянь їх можна обчислити?
9. Що таке змочування? Що таке крайовий кут змочування? Наведіть рівняння Юнга.
10. Охарактеризуйте гідрофільні і гідрофобні поверхні. Як можна вплинути на змочування поверхні?
11. Як записується умова розтікання рідини по поверхні твердого тіла або іншої рідини? Як розрахувати коефіцієнт розтікання?

*Задачі для розгляду на практичному занятті:*

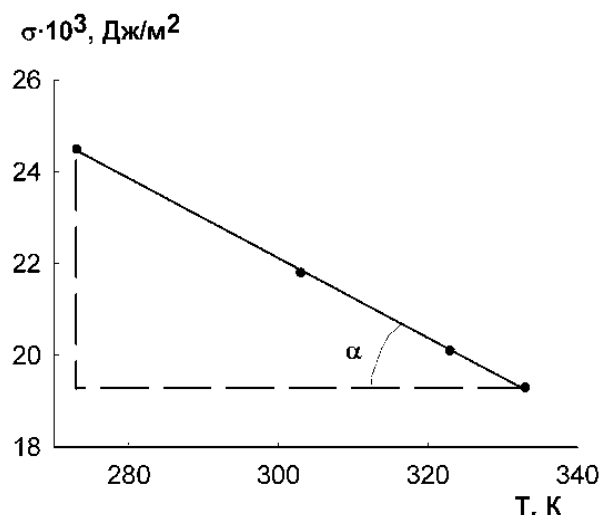
**Задача 1.** Отримана залежність поверхневого натягу рідкого метанолу від температури:

T, K	273	303	323	333
$\sigma \cdot 10^3$ , Дж/м <sup>2</sup>	24,5	21,8	20,1	19,3

Визначити повну внутрішню енергію та ентропію поверхневого шару.

Розв'язок

Будуємо графік залежності поверхневого натягу від температури.



Визначаємо тангенс кута нахилу отриманої прямої лінії:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{(24,5 - 19,3) \cdot 10^{-3}}{333 - 273} = 8,67 \cdot 10^{-5}.$$

Отже, температурний коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює:

$$\left(\frac{\partial\sigma}{\partial T}\right)_P = -\operatorname{tg}\alpha = -8,67 \cdot 10^{-5} \text{ (Дж/(м}^2\cdot\text{К))}.$$

Згідно з рівнянням Гіббса-Гельмгольца для повної поверхневої енергії

$U_S$ :

$$U_S = \sigma - T \left(\frac{\partial\sigma}{\partial T}\right)_P.$$

У це рівняння можна підставити будь-яке значення температури  $T$  та відповідний їй поверхневий натяг  $\sigma$ . Підставимо перші значення  $T$  та  $\sigma$  з таблиці даних:

$$U_S = 24,5 \cdot 10^{-3} - 273 \cdot (-8,67 \cdot 10^{-5}) = 0,048 \text{ (Дж/м}^2\text{)}.$$

Ентропія поверхневого шару визначається за рівнянням:

$$S_S = -\left(\frac{\partial\sigma}{\partial T}\right)_P = 8,67 \cdot 10^{-5} \text{ (Дж/(м}^2\cdot\text{К))}.$$

**Задача 2.** Розрахувати роботу адгезії у системі ртуть/скло, якщо крайовий кут  $\theta = 130^\circ$ , а поверхневий натяг ртуті  $\sigma = 475 \text{ мДж/м}^2$  (температура 293 К). Визначити коефіцієнт розтікання ртуті на склі.

Розв'язок

Роботу адгезії визначаємо за рівнянням Дюпре-Юнга:

$$W_a = \sigma(1 + \cos\theta),$$

отже,

$$W_a = 475(1 + \cos 130^\circ) = 170 \text{ (мДж/м}^2\text{)}.$$

Коефіцієнт розтікання обчислюємо за допомогою рівняння:

$$f = W_a - W_k,$$

де  $W_k = 2\sigma$  – робота когезії.

Маємо:

$$f = 170 - 2 \cdot 475 = -780 \text{ (мДж/м}^2\text{)}.$$

Оскільки  $f < 0$ , то ртуть не розтікається на склі.

**Задача 3.** Визначити надлишковий тиск у краплинах води радіусом 0,2 мкм, а також рівноважний тиск пари над такими краплями, якщо при температурі 293 К поверхневий натяг води дорівнює  $\sigma = 72,7$  мДж/м<sup>2</sup>, її густина  $\rho = 0,998$  г/см<sup>3</sup>, а тиск пари над плоскою поверхнею  $P_s = 2338$  Па.

Розв'язок

Знаходимо надлишковий тиск за допомогою рівняння Лапласа:

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{r} = \frac{2 \cdot 72,7 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 10^{-6}} = 727000 \text{ (Па)}.$$

Рівноважний тиск над викривленою поверхнею  $P$  можна знайти, використовуючи рівняння Томсона (Кельвіна):

$$\ln \frac{P}{P_s} = \frac{2\sigma V_m}{RT r},$$

де  $P_s$  – рівноважний тиск над плоскою поверхнею;  $R$  – універсальна газова постійна;  $T$  – температура;  $r$  – радіус кривизни;  $V_m$  – молярний об'єм речовини.

Молярний об'єм знаходимо за молярною масою води ( $M_r = 18$  г/моль =  $18 \cdot 10^{-3}$  кг/моль) та її густиною  $\rho = 0,998$  г/см<sup>3</sup> = 998 кг/м<sup>3</sup>:

$$V_m = \frac{M_r}{\rho} = \frac{18 \cdot 10^{-3}}{998} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ (м}^3\text{/моль)}.$$

Виконуємо обчислення:

$$\ln \frac{P}{P_s} = \frac{2 \cdot 72,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1,8 \cdot 10^{-5}}{8,314 \cdot 293 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}} = 5,372 \cdot 10^{-3},$$

$$\frac{P}{P_s} = \exp(5,372 \cdot 10^{-3}) = 1,005, \quad \frac{P}{2338} = 1,005,$$

$$P = 2338 \cdot 1,005 = 2350 \text{ (Па)}.$$

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2

**Тема: Адсорбція. Ізотерми адсорбції Гіббса, Ленгмюра, БЕТ, Фрейндліха**

*Теоретичні питання для розгляду на практичному занятті:*

1. Що називають адсорбцією? Класифікація адсорбційних процесів. Що таке адсорбент і адсорбат?
2. Що таке поверхнева активність? Що таке поверхнево-активні (ПАР) і поверхнево-інактивні речовини? Будова молекул ПАР.
3. Ізотерма адсорбції Генрі. При яких умовах виконується при адсорбції закон Генрі?
4. Основні положення адсорбційної теорії Ленгмюра. Рівняння і графік ізотерми Ленгмюра в загальній (нелінійній) та лінійній формах.
5. Запишіть емпіричне адсорбційне рівняння Фрейндліха. В яких випадках його використовують? Як графічно визначити константи в цьому рівнянні?
6. Основні положення теорії БЕТ. Рівняння і графік ізотерми БЕТ.
7. Який знак має зміна енергії Гіббса при адсорбції? Який знак має тепловий ефект при адсорбції?

*Задачі для розгляду на практичному занятті:*

**Задача 1.** При вимірюванні адсорбції води на силікагелі отримані такі дані:

$P \cdot 10^{-2}$ , Па	3,04	7,72	14,03	17,77
A, моль/кг	4,44	9,22	13,22	14,89

Визначити константи у рівняння ізотерми адсорбції Ленгмюра.

Розв'язок

Рівняння ізотерми адсорбції Ленгмюра в лінійній формі має такий вигляд:

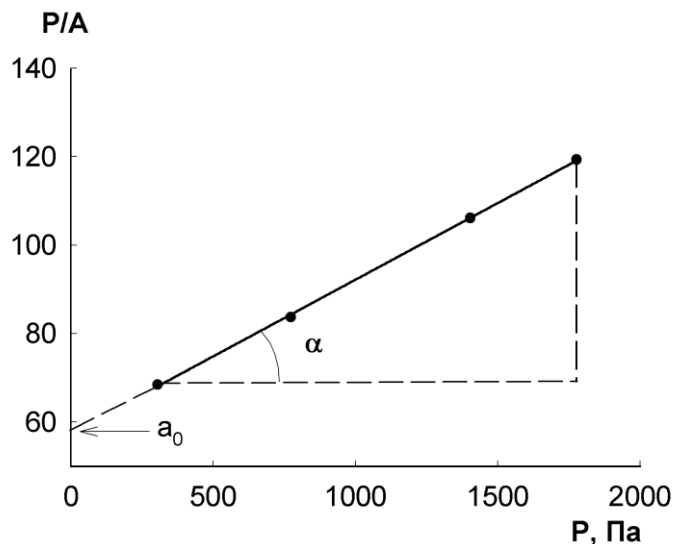
$$\frac{P}{A} = \frac{1}{A_{\infty}K} + \frac{1}{A_{\infty}}P.$$

Це рівняння прямої лінії в координатах  $\frac{P}{A}, P$ ; тангенс кута нахилу прямої дорівнює  $\frac{1}{A_{\infty}}$ , а довжина відрізка, який відтинає на осі ординат ця пряма, дорівнює  $\frac{1}{A_{\infty}K}$ .

Обчислюємо значення  $\frac{P}{A}$  та будуємо графік:

P, Па	304	772	1403	1777
$\frac{P}{A}$	68,47	83,73	106,13	119,34





З графіка знаходимо, що тангенс кута нахилу прямої  $\operatorname{tg}\alpha = \frac{119,34 - 68,47}{1777 - 304} = 0,0345$ , а довжина відрізка, який відтинає на осі ординат ця пряма, дорівнює  $a_0 \approx 58$ .

Отже,  $\frac{1}{A_\infty} = \operatorname{tg}\alpha = 0,0345$ , звідки максимальне значення адсорбції  $A_\infty = \frac{1}{0,0345} = 28,96$  (моль/кг); а  $\frac{1}{A_\infty K} = a_0 = 58$ , звідси константа адсорбційної рівноваги дорівнює  $K = \frac{1}{A_\infty a_0} = \frac{1}{28,96 \cdot 58} = 5,95 \cdot 10^{-4}$  (Па<sup>-1</sup>).

**Задача 2.** Використовуючи рівняння ізотерми БЕТ, визначити питому поверхню адсорбенту за ізотермою адсорбції азоту:

$P/P_S$	0,0288	0,050	0,110	0,136
$A$ , моль/кг	2,16	2,39	2,86	3,02

Площа, яку займає одна молекула азоту в адсорбційному шарі, дорівнює  $0,16 \text{ нм}^2$ .

Розв'язок

Рівняння ізотерми адсорбції БЕТ в лінійній формі має такий вигляд:

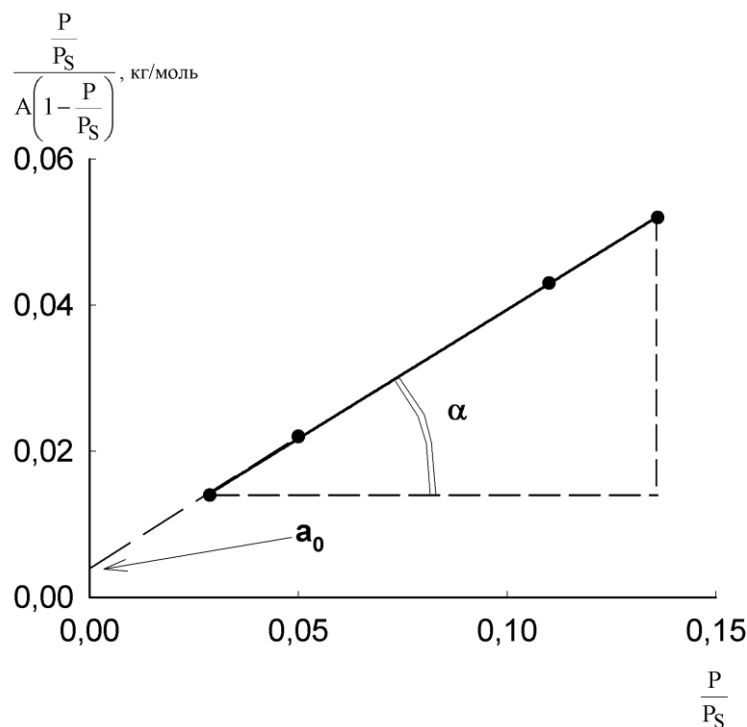
$$\frac{\frac{P}{P_S}}{A \left(1 - \frac{P}{P_S}\right)} = \frac{1}{A_\infty C} + \frac{C-1}{A_\infty C} \cdot \frac{P}{P_S}$$

Згідно з цим рівнянням, пряма, побудована в координатах  $\frac{\frac{P}{P_S}}{A \left(1 - \frac{P}{P_S}\right)}$ ,  $\frac{P}{P_S}$ ,

має тангенс кута нахилу, рівний  $\frac{C-1}{A_\infty C}$ , а довжина відрізка, який відтинає на осі ординат ця пряма, дорівнює  $\frac{1}{A_\infty C}$ .

Обчислюємо значення  $\frac{P}{P_S}$  та будуємо графік:

$\frac{P}{P_S}$	0,0288	0,050	0,110	0,136
$\frac{\frac{P}{P_S}}{A\left(1-\frac{P}{P_S}\right)}$ , кг/моль	0,014	0,022	0,043	0,052



З графіка знаходимо, що тангенс кута нахилу прямої  $\text{tg}\alpha = \frac{0,052 - 0,014}{0,136 - 0,0288} = 0,354$ , а довжина відрізка, який відтинає на осі ординат

ця пряма, дорівнює  $a_0 \approx 0,004$ .

Отже,  $\frac{C-1}{A_\infty C} = \text{tg}\alpha = 0,354$  та  $\frac{1}{A_\infty C} = a_0 = 0,004$ .

Ми отримали систему двох рівнянь з двома змінними:

$$\begin{cases} \frac{C-1}{A_\infty C} = 0,354 \\ \frac{1}{A_\infty C} = 0,004 \end{cases}$$

Розв'язуємо цю систему та отримуємо остаточно коефіцієнти в рівнянні БЕТ:

$$A_\infty = 2,79 \text{ моль/кг}, C = 89,5.$$

Питома поверхня адсорбенту визначається за рівнянням:

$$S_{\text{ПІТ}} = A_{\infty} N_A S_0 = 2,79 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 0,16 \cdot 10^{-18} = 268732 \text{ (м}^2\text{/кг)},$$

де  $N_A$  – число Авогадро;  $S_0$  – площа, яку займає одна молекула адсорбату в адсорбційному шарі ( $\text{м}^2$ ).

### ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3

***Тема: Утворення, стабілізація та руйнування дисперсних систем. Термодинамічні та кінетичні фактори агрегативної стійкості дисперсних систем. Кінетика коагуляції, теорія Смолуховського. Поріг коагуляції, правило Шульце-Гарді***

*Теоретичні питання для розгляду на практичному занятті:*

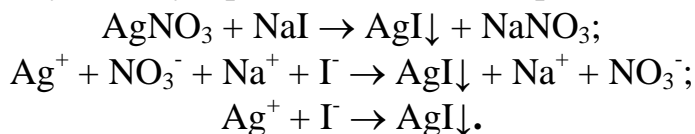
1. За якою ознакою дисперсні системи розподіляють на ліофобні і ліофільні? Чим пояснюється самодовільне зростання міжфазної поверхні при утворенні ліофільних дисперсних систем?
2. Якими методами отримують ліофобні дисперсні системи? Наведіть приклади.
3. На що витрачається робота при роздрібненні матеріалів? В чому полягає сутність ефекту Ребіндера (адсорбційне зниження міцності тіл)?
4. Які фактори сприяють утворенню більш дрібних частинок при конденсаційному методі утворення дисперсних систем?
5. Сформулюйте правило Фаянса-Панетта.
6. Термодинамічні і кінетичні фактори стійкості ліофобних дисперсних систем. Перелічіть їх і коротко охарактеризуйте.
7. Назвіть види стійкості дисперсних систем за класифікацією Пескова. В чому полягає відмінність між ліофільними і ліофобними колоїдними системами?
8. Що таке коагуляція, коалесценція, ізотермічна перегонка, флокуляція, пептизація?
9. Чим обумовлена агрегативна нестійкість ліофобних дисперсних систем? Які процеси самодовільно проходять у цих системах?
10. Основні положення теорії швидкої коагуляції Смолуховського.
11. Напишіть рівняння для швидкості коагуляції за теорією Смолуховського. Що таке час половинної коагуляції? Як можна визначити час половинної коагуляції? Як визначити константу швидкості швидкої коагуляції?
12. Що таке поріг коагуляції? Сформулюйте правило Шульце-Гарді.

Задачі для розгляду на практичному занятті:

**Задача 1.** При достатньо повільному введенні водного розчину  $\text{AgNO}_3$  (концентрація  $0,015$  моль/дм<sup>3</sup>, об'єм  $0,020$  дм<sup>3</sup>) у розчин  $\text{NaI}$  (концентрація  $0,025$  моль/дм<sup>3</sup>, об'єм  $0,025$  дм<sup>3</sup>) 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-Панетта, 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 у даному випадку у надлишку.

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

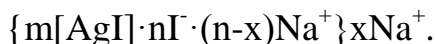
$$n_{\text{AgNO}_3} = CV = 0,015 \cdot 0,020 = 0,0003 \text{ моль.}$$

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  $\text{Na}^+$ .

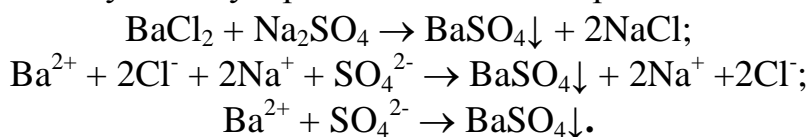
Пишемо формулу міцели золю:



**Задача 2.** 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:



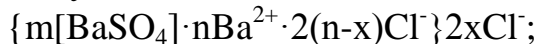
Оскільки в осад випадає  $\text{BaSO}_4$ , то саме він буде складати тверду фазу золю.

Відповідно до правила Фаянса-Панетта, 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  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).

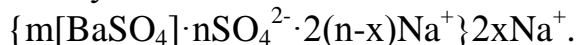
Відповідно, у першому випадку протиіонами будуть  $\text{Cl}^-$ , а у другому випадку –  $\text{Na}^+$ .

Пишемо формули міцели золю:

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



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



**Задача 3.** При вивченні кінетики електролітної коагуляції водного золю AgI отримали такі експериментальні дані:

$\tau, \text{с}$	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. Обчисліть теоретичне значення константи швидкості швидкої коагуляції за температури  $T = 283 \text{ К}$  і в'язкості  $\eta = 1,308 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$  та порівняйте з дослідним значенням, зробіть висновок.

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  $\tau$ ;

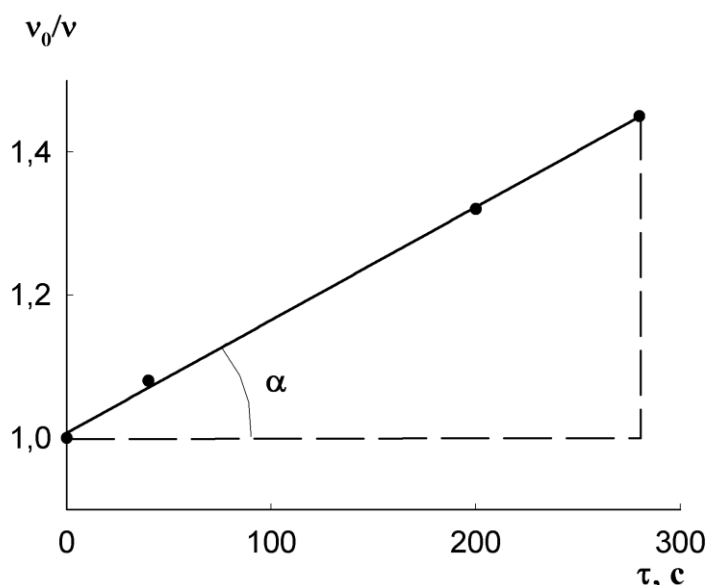
$\theta$  – час половинної коагуляції.

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 ( $v_0 = 2,69 \cdot 10^{14} \text{ частинок/м}^3$ ):

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

Будуємо графік у 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:

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

Теоретичне значення константи швидкості швидкої коагуляції знаходимо за допомогою рівняння:

$$k = \frac{8k_B T}{3\eta} = \frac{8 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 283}{3 \cdot 1,308 \cdot 10^{-3}} = 7,55 \cdot 10^{-18} \text{ (м}^3\text{/с)},$$

де  $k_B$  – постійна Больцмана.

Теоретичне значення константи швидкості практично співпадає з обчисленим за експериментальними даними. Отже, коагуляція є швидкою і підкорюється теорії Смолуховського.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4

**Тема: Електричні, оптичні та молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем. Основи седиментаційного аналізу**

*Теоретичні питання для розгляду на практичному занятті:*

1. Що таке броунівський рух? Що є причиною його виникнення? Що таке середній квадратичний зсув? Як, вимірявши його, визначити розмір колоїдної частинки?

2. Як можна визначити розмір дисперсних частинок або їх концентрацію у ліозолях за осмотичним тиском?

3. За яким рівнянням обчислюють коефіцієнт дифузії частинок у колоїдних системах? В яких системах коефіцієнт дифузії вищий: у колоїдних системах чи в істинних розчинах?

4. Дифузійно-седиментаційна рівновага в золях, гіпсометричний закон. Які дисперсні системи підкорюються цьому закону?

5. Які сили діють на сферичну частинку, що седиментує в гравітаційному полі? Формула для швидкості седиментації в гравітаційному полі. Для чого використовують седиментаційний аналіз?

6. Опишіть ефект Тіндалля. Рівняння Релея і його аналіз.

7. Що таке опалесценція? Чим зумовлене це явище?

8. Чим ультрамікроскоп відрізняється від звичайного оптичного мікроскопа?

9. Чому роздільна здатність електронної мікроскопії вища, ніж у світловій мікроскопії?

10. Чим турбідиметрія відрізняється від нефелометрії? Для визначення яких характеристик дисперсних систем використовують ці методи?

Задачі для розгляду на практичному занятті:

**Задача 1.** Визначити радіус частинок гідрозоллю, 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:

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

**Задача 2.** 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:

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

**Задача 3.** Осмотичний тиск деякого гідрозолу становить 15 Па при температурі 15°C. Яким буде осмотичний тиск цього золу, якщо температуру підвищити до 30°C?

Розв'язок

Осмотичний тиск золу прямо пропорційний температурі:

$$\pi = \nu kT = \frac{\nu}{N_A} RT.$$

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:

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

**Задача 4.** Розрахуйте, в якому випадку та у скільки разів інтенсивність розсіяного дисперсною системою світла більша: при освітленні синім світлом ( $\lambda = 415 \text{ нм}$ ) чи червоним світлом ( $\lambda = 625 \text{ нм}$ ).

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 більша, ніж червоного у:

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

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

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ 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. Гомонай В.І. Фізична та колоїдна хімія: Підручник. – Вінниця: НОВА КНИГА, 2007. – 496 с.
3. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. – М.: Химия, 1982. – 405 с.
4. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – Л. Химия, 1984. – 368 с.
5. Щукин Е.Д. Коллоидная химия – М. МГУ, 1982. – 348с.
6. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии под ред. Ю.Г.Фролова. – М.: Химия, 1986. – 213 с.
7. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. – М., Химия, 1975.