

**УМАНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ПАВЛА ТИЧИНИ**

Навчальне видання

**Галушко С.М.**

**ФІЗИЧНА І КОЛОЇДНА ХІМІЯ  
ПРАКТИКУМ**

Навчально-методичний посібник для студентів  
природничо-географічного факультету

**Умань – 2017**

**УДК 539.1**  
**ББК 28.072**  
**Г - 50**

**С.М. Галушко. Фізична і колоїдна хімія: Практикум: Навчально-методичний посібник (вид. 1). – Умань: АЛМІ, 2017. – 101 с.**

**Рецензенти:**

**В.П. Казіміров, доктор хімічних наук, професор Київського національного університету імені Тараса Шевченка**

**В.Ф. Валюк, кандидат хімічних наук, доцент Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини**

Практикум містить лабораторні заняття з основних розділів курсу фізичної і колоїдної хімії. По кожній темі запропоновані контрольні запитання і вправи. Призначений для студентів природничо-географічного факультету.

*Рекомендовано до друку рішенням ради природничого-географічного факультету Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (протокол №1 від 28 серпня 2017 року).*

© Галушко С.М.

Курс фізичної і колоїдної хімії має за мету забезпечити необхідну теоретичну основу при формуванні майбутніх вчителів хімії для успішного засвоєння спеціальних дисциплін.

Навчальний посібник являє собою частину навчально-методичного комплексу з фізичної і колоїдної хімії і є керівництвом до проведення лабораторних та семінарських занять для студентів. В посібник ввійшли програма з фізичної і колоїдної хімії, найбільш типові лабораторні роботи, завдання для самостійної та індивідуальної роботи. Лабораторні роботи містять короткі теоретичні відомості, принцип методу, перелік основних матеріалів, реактивів та обладнання, детальний опис ходу роботи та передбачуваних результатів.

В навчальному посібнику виділені розділи-модулі, які повинні послідовно засвоюватись студентами.

Після вивчення курсу студенти повинні:

Знати: основні закони фізичної та колоїдної хімії, можливості використання фізико-хімічних методів для керування технологічними процесами і для аналізу різних речовин.

Вміти: використовувати методи фізичної та колоїдної хімії для вирішення технологічних завдань, користуватися обладнанням та приладами лабораторії фізичної та колоїдної хімії, обробляти результати експерименту та робити висновки з цього.

## Програма навчальної дисципліни

### Змістовий модуль 1. Хімічна термодинаміка

*Тема 1. Предмет, завдання та методи фізичної хімії. Основні розділи курсу.*

Предмет і методи фізичної хімії. Основні розділи курсу. Термодинамічні, кінетичні, статистичні методи вивчення хімічних процесів. Методи квантової механіки та методи вивчення будови речовини у фізичній хімії. Історія розвитку фізичної хімії.

*Тема 2. Агрегатні стани речовини, їх характеристика.*

Закони стану ідеальних і реальних газів. Молекулярно – кінетична теорія газів. Рідини. Їх властивості: в'язкість, дифузія. Твердий стан. Типи кристалічних ґраток: йонна, атомна, молекулярна, металічна.

*Тема 3. Основи хімічної термодинаміки.*

Предмет хімічної термодинаміки. Основні поняття. Класифікація систем і процесів. Перший закон термодинаміки. Тепло і робота. Робота при різних процесах в газових системах. Тепло при різних процесах. Ентальпія. Основи термохімії. Закон Гесса та наслідки з нього.

Теплоємність. Теплоємність при сталому тиску ( $C_p$ ) і при сталому об'ємі ( $C_v$ ). Зв'язок між ними. Залежність теплоємності різних речовин від температури. Залежність теплового ефекту реакції від температури. Закон Кірхгофа.

Термодинамічна оборотність процесів. Максимальна робота енергетичний та імовірнісний чинники самочинного напрямку процесів. Поняття про ентропію. Другий закон термодинаміки. Визначення ентропії при проходженні різних процесів. Абсолютна ентропія речовин.

Термодинамічні потенціали. Енергія Гіббса і Гельмгольца. Хімічний потенціал. Напрямок процесів. Диференціали термодинамічних функцій.

*Тема 4. Хімічна рівновага.*

Хімічна рівновага. Її кількісна характеристика. Зв'язок із термодинамічними потенціалами. Ізотерма хімічної реакції. Ізобара та ізохора хімічної реакції. Принцип Ле – Шательє.

## **Змістовий модуль 2. Розчини**

### ***Тема 1. Фазові рівноваги і розчини неелектролітів.***

Фази і компоненти системи. Умови фазової рівноваги. Правило фаз Гіббса. Однокомпонентні системи. Варіантність систем. Діаграма стану води, фізичний зміст її елементів.

Розчини, їх природа і способи вираження концентрацій. Термодинаміка процесу розчинення. Фазова рівновага розчин – насичена пара. Закон Рауля та наслідки з нього. Кипіння та замерзання розчинів. Природа ебуліоскопічної та криоскопічної констант. Осмотичний тиск розчинів. Колігативні властивості.

Розчинення газів в рідинах. Закон Генрі і Сеченова. Розчинність твердих речовин в рідинах.

Рідкі розчини з необмеженою розчинністю компонентів. Ідеальні та неідеальні розчини. Причини відхилення від закону Рауля. Діаграма тиску і діаграми кипіння. Зв'язок між складом пари і розчину, що знаходиться в рівновазі. Закони Коновалова. Правило важеля. Фракційна перегонка. Ректифікація.

Обмежено розчинні рідини. Взаємно нерозчинні рідини. Екстракція. Перегонка з водяною паром.

Кристалізація бінарних рідких розчинів: необмежено взаємно розчинні компоненти; взаємно нерозчинні в твердому стані. Евтектика. Кристалізація з утворенням твердих сполук. Конгруентне та інконгруентне плавлення. Перитектика. Графічне зображення потрійних систем.

### ***Тема 2. Розчини електролітів.***

Колігативні властивості розчинів електролітів. Теорія електролітичної дисоціації. Ступінь і константа дисоціації. Ізотонічний коефіцієнт. Теорія сильних електролітів Дебая – Гюккеля. Активність, йонна сила розчинів, коефіцієнт активності.

Дисоціація води. Водневий та гідроксильний показник. Йонний добуток води. Протолітична теорія кислот і основ. Концентрація йонів гідроксонію в різних системах. Буферні розчини. Буферна ємність. Гідроліз з точки зору протолітичної теорії.

Електропровідність розчинів. Рухливість йонів. Закон Кольрауша. Кондуктометрія та її практичне використання.

### ***Тема 3. Електрохімія***

Загальна характеристика електрохімічних процесів. Електродний потенціал. Трансформація хімічної енергії в електричну. Рівняння

Нернста. Типи потенціалів. Гальванічні елементи. Позначення електродів і елементів. Типи електродів. Потенціометрія.

### **Змістовий модуль 3. Кінетика та каталіз**

#### ***Тема 1. Основні поняття хімічної кінетики***

Предмет хімічної кінетики. Кінетична класифікація реакцій. Молекулярність реакції. Швидкість реакції, чинники, що на неї впливають. Закон діючих мас. Порядок реакції. Методи визначення порядків і констант швидкості реакцій.

Реакції першого та другого порядків. Період напівреакції. Типи залежності швидкості реакції від температури. Правило Вант – Гоффа. Рівняння Арреніуса. Механізм гомогенних хімічних реакцій і кінетичні теорії.

Кінетика складних реакцій (паралельні, послідовні, зворотні, ланцюгові).

#### ***Тема 2. Каталіз***

Каталіз. Типи каталізаторів. Гомогенний каталіз. Механізм каталізу. Гетерогенний каталіз. Ферментативний каталіз.

Кінетика гетерогенних процесів. Дифузія. Закони Фіка. Електрохімічна кінетика. Роль дифузії в електрохімічних процесах. Стаціонарний струм. Закони електролізу.

### **Змістовий модуль 4. Предмет колоїдної хімії**

***Тема 1. Предмет колоїдної хімії. Ознаки об'єктів колоїдної хімії. Класифікація поверхневих явищ. Класифікація дисперсних систем.***

Предмет колоїдної хімії. Ознаки об'єктів колоїдної хімії. Класифікація поверхневих явищ. Дисперсність. Ступінь дисперсності. Питома поверхня. Диференціальні та інтегральні криві розподілу часточок за розмірами. Класифікація дисперсних систем.

#### ***Тема 2. Дисперсність і термодинамічні властивості.***

Вплив дисперсності на внутрішній тиск тіл. Рівняння Лапласа. Поверхнева енергія і рівноважні форми тіл. Закон Вульфа. Капілярні явища. Залежність термодинамічної реакційної здатності від дисперсності. Вплив дисперсності на температуру фазового переходу.

#### ***Тема 3. Одержання колоїдних систем та їх очищення.***

Добування та очищення дисперсних систем. Загальна характеристика колоїдних систем. Конденсаційні та диспергаційні методи їх одержання. Методи очищення колоїдних розчинів.

## **Змістовий модуль 5. Властивості дисперсних систем, що визначаються наявністю поверхні поділу між фазами**

### ***Тема 1. Адсорбція***

Поверхневі явища та адсорбція. Поверхня поділу фаз. Поверхнева енергія та поверхневий натяг. Поверхнева ентальпія і ентропія. Залежність поверхневого натягу від різних чинників (температури, природи фазоутворюючих речовин, розчинених речовин). Явища, що зменшують поверхню поділу. Самовільна перегонка рідини. Поверхневий тиск. Адгезія і змочування. Розтікання.

Адсорбція на поверхні рідини. Геометричні параметри адсорбата. Приклади застосування адсорбційного рівняння Гіббса. Зв'язок адсорбції з параметрами системи (ізотерма, ізопікна, ізобара, ізостера). Поверхнева активність. Правило Дюкло – Траубе. Енергетичні параметри адсорбції. Залежність адсорбції від концентрації ПАР. Рівняння Ленгмюра, його параметри. Наслідки з рівнянь Гіббса і Ленгмюра. Рівняння Шишковського.

Адсорбція на межі двох рідин, що не змішуються. Адсорбція твердим адсорбентом (на межі з газом або розчином). Теорія мономолекулярної адсорбції і теорія БЕТ. Адсорбція електролітів. Вибіркова адсорбція, правило Панета – Фаянса – Гана. Йонообмінна адсорбція. Хроматографія.

### ***Тема 2. Оптичні властивості, молекулярно–кінетичні властивості, електрокінетичні та структурно–механічні властивості дисперсних систем.***

Оптичні властивості (ефект Тіндаля, закон Релея).

Молекулярно–кінетичні властивості колоїдних систем. Броунівський рух. Дифузія. Седиментація. Дифузійно – седиментаційна рівновага. Седиментаційний аналіз. Осмотичний тиск. Мембранна рівновага Донана.

Адсорбційний та дисоціативний механізм утворення подвійного електричного шару. Заряди та потенціали шару. Електрокінетичні явища у дисперсних системах (електрофорез, електроосмос, потенціал течії і потенціал осадження).

Будова міцели. Використання електрокінетичних явищ для дослідження колоїдних систем і в технологічних процесах.

Структурно–механічні властивості дисперсних систем. Типи структур: конденсаційно–кристалізаційні та коагуляційні. Загальна характеристика гелів. Гелеутворення. Тиксотропія.

Види стійкості дисперсних систем (седиментаційна і агрегативна). Термодинамічно і кінетично стійкі дисперсні системи. Чинники агрегативної стійкості дисперсних систем (електростатичний, адсорбційно–сольватний, ентропійний, структурно – механічний, гідродинамічний).

Коагуляція гідрофобних золів. Вплив електролітів. Правило Шульце–Гарді. Кінетика коагуляції. Поріг коагуляції. Гетерокоагуляція (взаємна коагуляція золів, флокуляція, флотація, гетерокоагуляція). Коагуляція сумішшю електролітів. Явище привикання золів. Захисна дія високомолекулярних речовин.

## **Змістовий модуль 6.**

*Тема 1. Грубодисперсні та мікрогетерогенні системи. Системи з довільним міцелоутворенням.*

Грубодисперсні та мікрогетерогенні системи. Емульсії. Класифікація емульсій за природою фаз і концентрацією дисперсної фази. Визначення типу емульсії. Властивості емульсій. Способи одержання емульсій. Емульгатори. Обертання фаз емульсій. Руйнування емульсій. Практичне значення.

Піни. Загальна характеристика. Піноутворювачі. Способи утворення та руйнування. Кратність піни. Визначення стійкості піни. Використання.

Суспензії. Їх практичне значення.

Аерозолі. Класифікація, одержання, руйнування аерозолів.

Порошки, їх властивості і значення. Зв'язанодисперсні системи.

Системи з довільним міцелоутворенням.

Класифікація і характеристика поверхнево – активних речовин (ПАР). Розчинні і колоїдні ПАР. Критична концентрація міцелоутворення (ККМ) Термодинаміка і механізм міцелоутворення. Вплив різних чинників на ККМ. Методи її визначення, природа цього явища. Використання ПАР.

*Тема 2. Фізико – хімічні властивості розчинів ВМС.*

Номенклатура і класифікація ВМС. Розчини ВМС. Їх характеристика. Будова молекул ВМС і конформаційне перетворення. Механічні властивості ВМС.

Набухання ВМС. Ступінь набухання. Тиск набухання. Чинники, що впливають на набухання. Ізоелектрична точка білків та способи її визначення. Старіння гелів. Значення процесів набухання та старіння гелів. В'язкість розчинів ВМС.



**СТРУКТУРА ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ  
" ФІЗИЧНА І КОЛОЇДНА ХІМІЯ"**

Курс: Підготовка бакалаврів.	Напрямок, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни
<p>Кількість кредитів, відповідних ЄКТС: 12</p> <p>Кількість модулів: 6 Загальна кількість годин: 360 год.</p>	<p>Галузь знань: 0401 Природничі науки Напрямок підготовки: 6.040101 Хімія</p> <p>Спеціалізація: інформатика</p> <p>Освітній ступінь: бакалавр</p>	<p>Обов'язковий Семестр: 5, 6</p> <p>Лекції(теоретична підготовка): 56 год.</p> <p>Лабораторні роботи: 84 год.</p> <p>Самостійна робота: 220 год.</p> <p>5 семестр – залік, 6 семестр – екзамен</p>

## Структура навчальної дисципліни

Тема	Кількість відведених годин на:		
	Лекції	Лабор. заняття	Самос. робота

### Змістовий модуль 1. Хімічна термодинаміка

Тема 1. Предмет, завдання та методи фізичної хімії. Основні розділи курсу (2 год). Тема 2. Агрегатні стани речовини, їх характеристика (2 год). Тема 3. Основи хімічної термодинаміки (8 год). Тема 4. Хімічна рівновага (2 год).	14	20	36
--	----	----	----

### Змістовий модуль 2. Розчини

Тема 5. Фазові рівноваги і розчини неелектролітів (6 год). Тема 6. Розчини електролітів (4 год). Тема 7. Електрохімія. (4 год).	14	16	30
---	----	----	----

### Змістовий модуль 3. Кінетика та каталіз

Тема 8. Хімічна кінетика (4 год). Тема 9. Каталіз (2 год).	6	12	32
---	---	----	----

### Змістовий модуль 4.

Тема 10. Предмет колоїдної хімії. Ознаки об'єктів колоїдної хімії. Класифікація поверхневих явищ. Класифікація дисперсних систем (2 год). Тема 11. Дисперсність і термодинамічні властивості (4 год). Тема 12. Одержання колоїдних систем та їх очищення (2 год).	8	12	40
---	---	----	----

### Змістовий модуль 5.

Тема 13. Властивості дисперсних систем, що визначаються наявністю поверхні поділу між фазами (4 год). Тема 14. Оптичні, електрокінетичні та структурно – механічні властивості дисперсних систем (4 год)..	8	12	40
---	---	----	----

### **Змістовий модуль 6.**

Тема 15. Грубодисперсні та мікрогетерогенні системи. Системи з довільним міцелоутворенням (4 год). Тема 16. Фізико – хімічні властивості розчинів ВМС (2 год).	6	12	42
<i>Усього годин</i>	56	84	220

### **Теми лабораторних та семінарських занять**

#### **Змістовий модуль 1. Хімічна термодинаміка**

1.	Газові закони. Агрегатний стан речовин. Семінар.	4 год.
2.	Основні поняття хімічної термодинаміки. Семінар.	8 год.
3.	Хімічна рівновага. Семінар.	8 год.

#### **Змістовий модуль 2. Розчини**

4.	Визначення активності йоду методом розподілу. Лабораторна робота.	4 год.
5.	Визначення ступеня та константи дисоціації слабого електроліту методом вимірювання електропровідності розчинів. Лабораторна робота.	4 год.
6.	Розчини сильних електролітів. Активність розчинів. Властивості розчинів сильних електролітів. Семінар.	4 год.
7.	Електрохімія. Семінар.	4 год.

#### **Змістовий модуль 3. Кінетика та каталіз**

8.	Вивчення кінетики інверсії цукру. Лабораторна робота.	4 год.
9.	Хімічна кінетика та каталіз. Семінар.	8 год.

#### **Змістовий модуль 4**

10.	Визначення розміру часточок «білих золів» оптичним методом. Лабораторна робота.	4 год.
11.	Визначення крайового кута змочування листків рослин водою та водними розчинами ПАВ. Лабораторна робота.	4 год.
12.	Колоїдні розчини та їх властивості. Семінар.	4 год.

### **Змістовий модуль 5**

13.	Адсорбція оцтової кислоти на вугіллі. Лабораторна робота.	4 год.
14.	Розділення пігментів хлорофілу методом адсорбційної хроматограми. Лабораторна робота.	4 год.
15.	Вивчення коагуляції колоїдних розчинів електролітами. Лабораторна робота.	4 год.

### **Змістовий модуль 6**

16.	Визначення ізоелектричної точки білка. Лабораторна робота.	4 год.
17.	Вивчення кінетики обмеженого набухання полімерів. Лабораторна робота.	4 год.
18.	Фізико-хімічні властивості розчинів ВМС. Семінар.	4 год.

## ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ В ХІМІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ І ЗАХОДИ ДЛЯ НАДАННЯ ПЕРШОЇ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ

До практичних занять у хімічній лабораторії студенти допускаються тільки після детального інструктажу з техніки безпеки і пожежної безпеки.

Кожен працівник у лабораторії зобов'язаний знати місце розташування засобів пожежегасіння і вміти ними користуватися, знати, де знаходиться аптечка, і вміти надати першу медичну допомогу при різних травмах. У хімічній лабораторії при виконанні лабораторної роботи мають перебувати не менше двох людей.

До виконання експериментальної частини приступають лише після ретельного ознайомлення з хімічним посудом, технікою виконання дослідів, властивостями і призначенням використовуваних реагентів та розчинників, а також правилами роботи з електро- і газонагрівними приладами.

На робочому місці повинні знаходитися тільки необхідні реактиви, прилади і зошит для запису результатів роботи.

Перед використанням скляного і фарфорового посуду перевіряють його чистоту і цілісність. Забороняється працювати з посудом, що має відколи, тріщини, глибокі подряпини. Усі операції з легкозаймистими рідинами, концентрованими кислотами і лугами, досліді з утворенням газоподібних продуктів і роботу з металічним натрієм слід проводити лише у витяжній шафі, за необхідності користуючись засобами індивідуального захисту (маскою, окулярами, протигазом, рукавичками тощо). Запах речовини в пробірці або балоні визначають, обережно направляючи пари до себе легким рухом руки. *Розведення кислот проводять доливанням кислоти до води, а не навпаки!* Зливати концентровані кислоти і луги, органічні розчинники дозволяється лише в спеціальні склянки для зливів.

Не можна допускати нагрівання колб із легкозаймистими рідинами на відкритому вогні, слід уникати потрапляння води на розігріті зовнішні поверхні скляних посудин, акуратно і дбайливо поводитися з лабораторним посудом і устаткуванням.

Категорично заборонене нагрівання речовин у герметично закупорених посудинах (*небезпека вибуху!*). Щоб уникнути викиду киплячої рідини з реакційної посудини, нагрівання необхідно проводити рівномірно, заздалегідь помістивши на дно посудини 2—3 кип'ятільних камінчики (шматочки пористого неорганічного матеріалу).

Нагрівання пробірок з речовинами слід проводити при періодичному струшуванні, отвір пробірки має бути спрямований убік від себе та інших працівників.

Брати і переносити склянки з речовинами можна лише, охопивши їх збоку, а не за горловину.

Не можна залишати без догляду діючі лабораторні установки і включені прилади.

У лабораторії категорично забороняється пити воду з хімічного посуду, вживати їжу, палити. По закінченні роботи необхідно ретельно вимити і поставити сушитися посуд, розставити склянки по місцях, витерти робочу поверхню столу, закрити газові і водопровідні крани, виключити електроприлади і витягну вентиляцію.

У разі виникнення пожежної ситуації в лабораторії потрібно відключити газ, електроприлади, витягну вентиляцію і прибрати всі горючі речовини із зони вогню. Необхідно вжити термінових заходів для ліквідації вогню, використовуючи вогнегасники, пісок або азбестову ковдру. Не можна заливати полум'я водою, тому що в багатьох випадках це призводить до розширення зони пожежі. Тільки розчинні у воді речовини (спирт, ацетон та ін.) гасять водою. У разі займання одягу необхідно накинути на потерпілого халат, азбестову ковдру, що знаходиться на видному і доступному місці.

*Надання лікарської допомоги потерпілому — обов'язок кожного!* При наданні допомоги спочатку треба усунути причину травми: відключити електромережу, погасити полум'я, видалити з рани осколки або речовину, що викликала опік, і т. д. Необхідно створити потерпілому умови для найзручнішого положення тіла і надати першу медичну допомогу.

*При порізах склом* треба видалити пінцетом осколки і промити рану 3 %-вим розчином пероксиду водню. Шкіру навколо порізу змазати 5 %-вим розчином йоду і накласти стерильну пов'язку. При сильних кровотечах перетягну джгутом, прикріпивши записку з точно вказаним часом накладення, і направити потерпілого до лікаря.

*При термічних опіках I ступеня* (почервоніння) обпечені ділянки варто остудити проточною водою, а при більш великих і важких опіках до надання кваліфікованої медичної допомоги — накласти суху асептичну пов'язку. Не можна знімати з обпеченої ділянки шкіри залишки обгорілого одягу.

*При опіках концентрованими кислотами* уражені ділянки шкіри необхідно промивати водою протягом 10—15 хв., а потім обробити 2 %-вим розчином натрію гідрокарбонату і знову промити водою.

*При опіках концентрованими лугами* обпечену ділянку потрібно промити великою кількістю води потім — 1 %-вим розчином оцтової кислоти.

При потраплянні кислот або лугів в очі їх необхідно негайно промити водою протягом 10-15 хв, потім, у разі потрапляння кислоти,— 2 %-вим розчином натрію гідрокарбонату, а при потраплянні лугу — ізотонічним розчином натрію хлориду протягом 30—60 хв. Після ретельного промивання очей потрібно звернутися до лікаря.

*При опіках фенолом* обпечену ділянку необхідно розтерти гліцерином До відновлення природного кольору шкіри.

*При отруєннях газоподібними речовинами* винести потерпілого на свіже повітря, забезпечити йому абсолютний спокій і викликати лікаря.

*При ураженнях електрикою* слід відключити силову електромережу і, користуючись дерев'яними чи пластмасовими предметами, звільнити потерпілого від контакту з електропроводкою. Необхідно забезпечити потерпілому повний спокій і привести його до притомності. У разі зупинки дихання або серцебиття необхідно провести штучне дихання, непрямий масаж серця і не припиняти ці операції до повного відновлення функцій або до прибуття медичних працівників.

**ЗАНЯТТЯ № 1**

**Семінар**

**Предмет, завдання та методи фізичної хімії. Газові закони.  
Агрегатний стан речовин**

1. Вступ. Предмет, завдання та методи фізичної хімії. Основні етапи розвитку та становлення фізичної хімії.

Значення фізичної хімії для хімічної технології та біології. Історія розвитку фізичної хімії.

2. Гази. Загальні поняття про агрегатний стан речовини. Основні газові закони. Ідеальний газ та ідеальний стан газу. Рівняння Клапейрона та Менделєєва - Клапейрона. Газова стала. Суміші газів. Парціальний тиск. Закон Дальтона. Швидкості молекул та розподіл молекул за швидкостями. Реальні газы. Рівняння Ван-дер-Ваальса.

**Запитання і вправи для самоконтролю**

1. Дати характеристику газоподібного стану речовин.
2. Що таке ідеальний газ?
3. Вказати основні параметри стану речовини.
4. Сформулювати основні газові закони.
5. Записати рівняння стану ідеального газу.
6. Пояснити фізичний зміст універсальної газової сталої.
7. Сформулювати основні положення молекулярно-кінетичної теорії газів.
8. Які висновки можна зробити з основного рівняння кінетичної теорії газів?
9. Чим реальний газ відрізняється від ідеального?
10. Написати і розкрити фізичний зміст рівняння Ван-дер-Ваальса.
11. Що таке критичний стан газу?



## ЗАНЯТТЯ № 2

### Семинар

#### Основи хімічної термодинаміки

Фундаментальні поняття та визначення. Предмет хімічної термодинаміки. Термодинамічні системи. Компоненти і фази. Екстенсивні та інтенсивні параметри системи. Внутрішня енергія. Тепло та робота як форми передачі внутрішньої енергії. Робота розширення ідеального газу. Рівновага та оборотні процеси. Максимальна робота термодинамічних процесів.

##### Закони термодинаміки

Перший закон термодинаміки. Формулювання, форми аналітичного запису першого закону. Наслідки, що впливають з першого закону. Розрахунки зміни внутрішньої енергії системи за першим законом термодинаміки. Термохімія. Закон Гесса. Ентальпія. Теплоємність речовин. Закон Кірхгофа. Залежність теплових ефектів хімічних процесів від температури. Приклади обчислень теплових ефектів за законами Гесса та Кірхгофа. Стандартний стан та стандартні теплоти утворення складних речовин. Теплоти згоряння, гідратації, розчинення та нейтралізації. Калориметрія. Застосування першого закону термодинаміки до живих організмів. Значення першого закону для біологічних процесів.

Другий закон термодинаміки, формулювання другого закону, його аналітичний вираз. Оборотні та необоротні процеси. Довільні процеси. Поняття про ентропію. Зміна ентропії під час протікання хімічних реакцій. Приклада обчислення ентропії ізольованої системи. Ентропія та життя.

Об'єднане рівняння першого та другого законів термодинаміки. Допоміжні термодинамічні функції. Термодинамічні потенціали. Значення термодинамічних потенціалів для розв'язування фізико-хімічних та біологічних задач. Вільна енергія Гіббса (ізобарно-ізотермічний потенціал), вільна енергія Гельмгольца (ізохорно-ізотермічний потенціал). Стандартні енергії утворення речовин. Рівняння Гіббса - Гельмгольца.

Характеристичні функції (співвідношення Максвелла).

Основи термодинаміки неідеальних систем. Хімічні процеси. Зміна термодинамічних функцій зі зміною складу системи. Хімічний потенціал. Фундаментальні рівняння Гіббса. Поняття максимальної корисної роботи ( $A_{\max}$ ).

Основи термодинаміки біологічних процесів. Джерела енергії живих організмів.  $\Delta G_0^I$  та значення АТФ у біоенергетичних процесах. Перетворення енергії у живих організмах. Здатність біохімічних реакцій виконувати роботу.

### Запитання і вправи для самоконтролю

1. Що таке термодинаміка і які явища вона вивчає? Що є предметом хімічної термодинаміки? Що таке система? Наведіть приклади.
2. Дайте визначення і наведіть приклади термодинамічних процесів: ізотермічного, ізобаричного, ізохоричного і адіабатичного.
3. Що таке внутрішня енергія системи і з чого вона складається? Що таке кінетична і потенціальна енергія? Чому внутрішня енергія ідеального газу складається лише з кінетичної енергії його молекул?
4. Чому термодинаміка розглядає не абсолютні значення внутрішньої енергії, а лише її зміну?
5. Що таке ентальпія і який її зв'язок з внутрішньою енергією? Чому для конденсованих систем різниця між ентальпією і внутрішньою енергією мала, а для систем газоподібних значна?
6. Які можливі способи передачі енергії від однієї системи до іншої? Що таке теплота і робота? Чи можна сказати: „скільки теплоти міститься в стакані гарячої води?”
7. Наведіть декілька формулювань першого закону термодинаміки і покажіть, що вони не протирічать одна іншій, запишіть його аналітичне вираження.
8. Напишіть рівняння, що виражають максимальну роботу розширення ідеального газу при ізотермічному, ізобаричному, ізохоричному і адіабатичному процесі.
9. Що називається тепловим ефектом хімічної реакції?
10. Сформулюйте закон Гесса і наслідки, що з нього витікають. Яке значення цього закону?
11. Які рівняння називають термохімічними? Чим вони відрізняються від звичайних?
12. Застосовуючи математичне вираження першого закону термодинаміки, покажіть, що тепловий ефект при сталому тиску є зміна ентальпії, а тепловий ефект при сталому об'ємі - зміна внутрішньої енергії хімічної реакції.

13. Які хімічні реакції називають екзотермічними і ендотермічними? Навести приклади.
14. Якими параметрами визначається стандартний стан речовини.
15. Дайте визначення поняттям: "теплоти утворення", „теплота нейтралізації". Чим пояснити сталість теплот нейтралізації сильної кислоти сильною основою?
16. Що таке теплоємність питома, атомна, молярна (мольна)? Який існує зв'язок між мольною теплоємністю при сталому тиску і при сталому об'ємі?
17. Як залежить тепловий ефект хімічної реакції від температури? Напишіть математичний вираз закону Кірхгофа.
18. Що таке самочинні і несамочинні, оборотні і необоротні процеси.
19. Наведіть декілька формулювань другого закону термодинаміки і запишіть його математичне вираження.
20. Що таке к.к.д? Чому він завжди буває меншим одиниці?
21. В чому полягає значення другого закону термодинаміки для фізичної хімії і хімічної технології?
22. Що таке вільна і зв'язана енергія?
23. Що таке ентропія? Чому ентропія системи завжди більше нуля? Напишіть рівняння зміни ентропії для оборотних і необоротних процесів?
24. В чому полягає фізичний зміст ізобарно-ізотермічного і ізохорно-ізотермічного потенціалів? Напишіть рівняння, що показує зв'язок між термодинамічними потенціалами.
25. Як за допомогою зміни термодинамічних потенціалів можна визначити напрямок процесу?

## ЗАНЯТТЯ №3

### Семинар

#### Фазові рівноваги

Хімічна рівновага. Оборотні реакції. Гомогенні та гетерогенні рівноваги. Хімічна спорідненість та її характеристика за зміною ізохорно-ізотермічного та ізобарно-ізотермічного потенціалів. Закон діючих мас. Рівняння ізотерми хімічної реакції. Принцип зміщення рівноваги Ле-Шательє. Вплив температури на константу хімічної рівноваги (рівняння ізобари та ізохори реакції).

Рівновага в реальних системах. Леткість та активність. Метода розрахунків леткості та активності. Приклади експериментального їх визначення.

Рівновага під час фазових переходів Рівняння Клаузіуса - Клапейрона для фазових рівноваг в однокомпонентних системах. Правило фаз Гіббса. Діаграми фазових рівноваг води та деяких простих двокомпонентних систем.

#### Запитання і вправи для самоконтролю

1. Які реакції називають оборотними?
2. Коли і при яких умовах настає стан хімічної рівноваги?
3. Як формулюється закон дії мас? Яке його значення?
4. В чому полягає кінетичне виведення закону дії мас?
5. Запишіть рівняння для констант  $K_p$  і  $K_c$  та рівняння для співвідношення цих констант.
6. Запишіть рівняння ізотерми хімічної реакції та вкажіть які величини в нього входять.
7. Яка залежність константи рівноваги від температури? Запишіть рівняння ізобари та ізохори.
8. Дайте визначення принципу рухливої рівноваги і покажіть застосування цього принципу на конкретних прикладах.
9. Які особливості хімічної рівноваги в гетерогенних реакціях?
10. Дайте визначення фази, компонента, ступеня свободи.
11. Сформулюйте і запишіть математичне рівняння правила фаз Гіббса.
12. Запишіть і розкрийте фізичний зміст величин рівняння Клапейрона-Клаузіуса.

## ЗАНЯТТЯ № 4

**Лабораторна робота № 1.** Визначення активності йоду методом розподілу

У неідеальних розчинах тиск потрібно замінити фугітивністю (леткістю), а концентрацію - активністю. Активності компонентів є мірою реальної взаємодії речовин у розчині в рівноважному стані. Активність можна назвати ефективною концентрацією речовини, підставляючи яку в рівняння для ідеальних розчинів, робимо їх справедливими для реальних розчинів.

Відомо ряд експериментальних методів визначення активностей компонентів. У даній роботі використовується один із них, який базується на вивченні коефіцієнту розподілу речовини між двома незмішуваними розчинниками:

$$K = \frac{a_{\text{орг}}}{a_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Коефіцієнт розподілу  $K$  визначають із граничних умов. Оскільки при безмежному розведенні:  $a = C_{\text{орг}}$  і  $a_{\text{H}_2\text{O}} = C_2$ , то  $K = C/C_2$ .

**Порядок роботи**

**I варіант.** Готують по 50 мл 4-5 водних розчинів йоду (вихідним є 0,1 н розчин йоду у воді). Піпеткою відбирають 20 мл кожного розчину і поміщають в колби місткістю 100 мл. Туди ж доливають по 20 мл органічного розчинника, вказаного викладачем. Колби поміщають в апарат для струшування на 30-40 хв. У цей час необхідно точно визначити концентрації йоду у вихідних розчинах. Для цього відбирають у три колби проби об'ємом по 5 мл приготовлених розчинів і титрують розчином тіосульфату натрію (0,05 або 0,01 н) в присутності крохмалю.

Після закінчення струшування вміст колб переливають у ділильні лійки (воронки) і через 10-15 хв відділяють водну фазу від неводної. Вміст йоду у водному шарі визначають так, як раніше, але для титрування використовують більш розведений розчин тіосульфату (0,001 н). Концентрацію йоду в органічній фазі обчислюють за рівнянням:

$$C_{\text{орг}} = C_1 - C_2,$$

де  $C_1$  і  $C_2$  - концентрація йоду до і після розподілу.

Коефіцієнт розподілу йоду визначають для дуже розведених розчинів за рівнянням:

$$K = \frac{C_{\text{орг}}}{C_2}$$

Для більш концентрованих розчинів йоду замість  $C_{\text{орг}}$  треба брати активність  $a_{\text{орг}}$ , оскільки водні розчини залишаються дуже розведеними. У зв'язку з цим активність йоду в органічній фазі обчислюють за рівнянням:

$$a_{\text{орг}} = K C_2$$

Всі вихідні і кінцеві результати записують у таблицю.

На основі одержаних даних будують графік залежності активності йоду в органічній фазі від концентрації.

Одержане значення коефіцієнту розподілу порівнюють з літературними даними (наприклад: «Краткий химический справочник.- Л.; Химия 1991.»).

Таблиця 1

**Експериментальні і розрахункові дані по розподілу йоду**

Концентрація йоду у водній фазі					
до розподілу			після розподілу		
Об'єм проби	Об'єм розчину титранту	Концентрація у пробі	Об'єм проби	Об'єм розчину титранту	Концентрація у пробі
	$V_1^I$	$C_1^I$		$V_2^I$	$C_2^I$
	$V_1^{II}$	$C_1^{II}$		$V_2^{II}$	$C_2^{II}$
	$V_1^{III}$	$C_1^{III}$		$V_2^{III}$	$C_2^{III}$
	$V_1^{IV}$	$C_1^{IV}$		$V_2^{IV}$	$C_2^{IV}$
	$V_1^V$	$C_1^V$		$V_2^V$	$C_2^V$
		$C_1(\text{сер})$			$C_2(\text{сер})$

**II варіант.** Оскільки розчини йоду забарвлені, то в процесі виконання роботи можна визначати їх оптичну густину на приладі ФЕК. Перерахунок одержаних значень оптичної густини  $D$  на концентрацію йоду здійснюють за допомогою калібрувального графіка, побудованого в координатах  $D - C$ .

## Запитання і вправи для самоконтролю

1. Що називають розчином?
2. Які є типи розчинів?
3. Чим відрізняються рідкі розчини від хімічних сполук і механічних сумішей?
4. В яких одиницях виражають концентрацію розчинів?
5. Які існують взаємодії між молекулами розчинника і розчиненої речовини?
6. В чому суть фізичної і хімічної теорії розчинів?
7. Якими термодинамічними умовами можна оцінити можливість утворення розчину?
8. Що таке насичена водяна пара? Що таке тиск насиченої пари? Що таке парціальний тиск?
9. Сформулюйте закон Рауля та запишіть його у вигляді математичного рівняння.
10. Чим відрізняється реальний розчин від ідеального?
11. Що таке криоскопія та ебуліоскопія?
12. Дати визначення поняття осмосу і сформулювати основний закон осмотичного тиску.
13. Розкрити властивості бінарних розчинів де обидва компоненти здатні випаровуватись.
14. Пояснити відмінність у властивостях ідеальних і реальних розчинів.
15. Сформулюйте закони Коновалова.
16. Розкрийте вплив температури на процес розчинення речовин.
17. В чому специфіка розчинення газів у рідинах? Закон Генрі.

## ЗАНЯТТЯ № 5

**Лабораторна робота № 2.** Визначення ступеня та константи дисоціації слабого електроліту методом вимірювання електропровідності розчинів

Електроліти - це речовини, що дисоціюють у розчинах на йони. Йони під впливом електричного поля направлено рухаються. Здібність проводити електричний струм характеризується опором та електропровідністю. Опір провідника  $R$  (Ом) пропорційний його довжині  $l$  (см) й обернено пропорційний поперечному перерізу  $S$  (см<sup>2</sup>)

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Коефіцієнт пропорційності  $\rho$  (Ом см), який дорівнює опору провідника при  $l = 1$  см і  $S = 1$  см<sup>2</sup>, називається питомим опором.

Електропровідність - величина, зворотна опору

$$\omega = \frac{1}{R} = \frac{S}{\rho l} = \frac{\chi S}{l},$$

Величина  $\chi$ , зворотна питомому опору, називається питомою електропровідністю і являє собою електропровідність одиничного об'єму розчину (1 см<sup>3</sup>), що розмічений між паралельними електродами одиничної площі (1 см<sup>2</sup>), які знаходяться на відстані, рівній 1 см.

Відношення питомої електропровідності до концентрації електроліту в 1 см<sup>3</sup> називають молярною електропровідністю  $\mu$ . Вона дорівнює електропровідності розчину, що містить 1 моль електроліту, який розташований поміж паралельними електродами, що знаходяться на відстані 1 см один від одного і мають площу, яка дорівнює 1 см<sup>2</sup>:

$$\mu = \frac{1000 \chi}{C},$$

Часто користуються еквівалентною електропровідністю

$$\lambda = \frac{1000 \chi}{C^I},$$

де  $C^I$  - концентрація, моль/л.

По відношенню  $\lambda$  до її граничного значення  $\lambda_0$  (еквівалентна електропровідність при нескінченному розведенні) можна знайти ступінь дисоціації слабого електроліту ( $\alpha$ ):



$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_0},$$

Ступінь дисоціації слабких електролітів, що являє собою відношення кількості молекул, які розпалися на йони, до загальної кількості розчинених молекул, залежить від концентрації. У концентрованих розчинах  $\alpha \ll 1$ .

Грунтуючись на законі діючих мас, у відповідності до рівняння реакції дисоціації одноосновної кислоти



$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{RCOO}^-][\text{H}^+]}{[\text{RCOOH}]}.$$

Нехай ступінь дисоціації дорівнює  $\alpha$ . Якщо концентрація кислоти у розчині дорівнює  $C$ , то концентрації катіону і аніону дорівнюють  $\alpha C$ , а концентрація недисоційованої частини  $(1-\alpha)C$ . Тому

$$K_{\text{дис}} = \frac{\alpha C \alpha C}{(1-\alpha)C} = \frac{C\alpha^2}{(1-\alpha)} = \frac{\lambda^2 C}{\lambda_0(\lambda_0 - \lambda)},$$

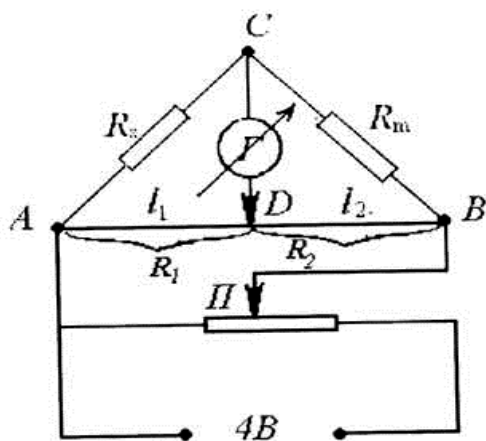


Рис. Схема містка Уїтстона  
 АВ - реохорд;  
 D - пересувний контакт;  
 Г - нуль-інструмент;  
 $l_1, l_2$  - плечі містка;  
 $R_M$  - магазин опорів;  
 $R_x$  - посуд з розчином електроліту

Практично електропровідність розчинів електролітів визначають за даними результатів вимірювання їх електричного опору. Одна з основних труднощів при цьому полягає в тому, що в виміряну величину опору розчину включається величина поляризаційного опору, який виникає на межі електрод — електроліт. Щоб усунути поляризаційний опір при вимірюванні, застосовують змінний струм частотою 1000—3000 *гц*. У тому разі, коли не потрібна особлива точність, наприклад при вимірюванні електропровідності для аналітичних (кондуктометричний аналіз) або технічних цілей, можна застосувати змінний струм промислової частоти — 50 *гц*.

Для вимірювання електропровідності застосовують схему (місток) Уїтстона (рис.).

Чотири гілки містка  $AC$ ,  $CB$ ,  $AD$  і  $DB$  мають відповідно електричні опори  $R_x$ ,  $R_m$ ,  $R_1$  і  $R_2$ . Джерело змінного струму з'єднано з точками  $A$  і  $B$ , а прилад для виявлення струму (нуль-інструмент)  $G$  з'єднаний з точками  $C$  і  $D$ .

Простежимо за шляхом струму від його джерела. Струм іде до точки  $A$  і розгалужується в напрямках до точок  $C$  і  $D$  далі через точку  $B$  повертається до джерела.

Вимірювання електропровідності розчину електроліту ґрунтується на знаходженні величини його опору електричному струму методом компенсації, тобто порівнянням невідомого опору з відомим. Для цього за допомогою пересувного контакту  $D$  знаходять таке його положення, при якому струм через діагональ містка  $CD$  не йде. Це відбувається при рівності потенціалів у точках  $C$  і  $D$ . За законом Кірхгофа:

$$\frac{R_x}{R_m} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}; \quad R_x = R_m \frac{l_2}{l_1}.$$

Якщо відомі величини трьох опорів, то з рівності легко визначити величину четвертого опору. Саме на цьому і ґрунтується застосування містка Уїтстона.

При вимірюванні електропровідності  $R_x$  становить собою невідомий опір електроліту, який міститься в електролітичній комірці;  $R_m$  — магазин опорів, за допомогою якого задають певний опір.  $R_1$  і  $R_2$  вибирають так, щоб вони були одного порядку з опором, який вимірюють. Величина останнього повинна бути в межах 1000—50 000 Ом.

Загальний опір розчину  $R_x$  пропорційний відстані між електродами  $L$  і обернено пропорційний їх площі  $S$ :

$$R_x = \frac{\beta \rho L}{S},$$

Якщо в процесі вимірювань  $\beta$ ,  $\rho$  і  $L$  залишаються сталими, то

$$\chi = \frac{l}{\rho R_x} = \frac{k}{R_x}, \quad \text{де } k = \frac{\beta L}{S} \text{ - стала сосуду.}$$

### **Порядок роботи**

Для визначення сталої електродів необхідно виміряти опір  $R$  стандартних розчинів електролітів. Як правило, це 0,5 або 0,02 н розчин КСІ. Значення питомої електропровідності розчинів КСІ при різних температурах наведені у довідниках.

У посуд для вимірювання електропровідності наливають розчин 0,02 н КСІ, попередньо промивши його дистильованою водою і два-три рази розчином КСІ.

Рівень розчину КСІ у посуді повинен перевищувати на 3-5 мм верхній край електродів. При всіх вимірюваннях об'єм рідини в посуді має бути однаковим, тому заповнювати посуд треба за допомогою піпетки. Через 10-15 хв. після заповнення посуду приступають до вимірювань. Суд підключають до схеми і визначають положення пересувного контакту: вимірювання проводять при трьох різних опорах магазинів опору. Після кожного вимірювання розраховують величину опору. Для розрахунку сталої посуду  $k$  за рівнянням  $k = \chi R_x$  беруть середнє з розрахованих значень  $R_x$ .

Після закінчення вимірювань для визначення сталої посуду розчин КСІ виливають, посуд ретельно промивають і заповнюють досліджуваним розчином. Суд при сталій температурі витримують 10-15 хв. і вимірюють опір. Після цього із посуду піпеткою відбирають 20 мл розчину і додають 20 мл дистильованої води. Вода повинна мати ту ж саму температуру, що і розчин. Одна піпетка на 20 мл повинна використовуватися для розчину, а друга (також на 20 мл) - для додавання води.

Після розведення посуд обережно струшують для перемішування розчину і через 2-3 хв. вимірюють опір електроліту. Операції розведення повторюють п'ять-шість разів і для кожної концентрації електроліту вимірюють опір. Експериментальні дані заносять у таблицю.

Визначивши опір  $R_x$  для кожного значення концентрації досліджуваного електроліту, розраховують питому та еквівалентну електропровідність. Визначення  $\lambda_0$  виконують за графіком  $\chi \cdot 10^3 = f(1/\lambda)$  та обчислюють за рухливостями йонів при температурі досліду за рівнянням:

$$\lambda_0 = l_K + l_A$$

Величини рухливостей йонів знаходять у довідниках.

## Результати вимірювань електропровідності розчинів і розрахунків константи дисоціації

С, н.	R, Ом	$\chi, \text{Ом}^{-1} \text{см}^{-1}$	$\lambda, \text{Ом}^{-1} \text{см}^2 \text{ моль-екв}^{-1}$	$\alpha$	1/ $\lambda$	K <sub>дис</sub>

Визначають ступінь дисоціації та константу електролітичної дисоціації для кожної концентрації слабкого електроліту. Порівнюють розраховану K<sub>дис</sub> з літературними даними і розраховують похибки.

Далі будують графіки в координатах  $\chi - C$ ,  $\lambda - C$ ,  $\alpha - C$ .

### Запитання і вправи для самоконтролю

1. Теорія розчинів електролітів С. Арреніуса.
2. Що таке ступінь дисоціації електроліту? Записати вираз для константи дисоціації.
3. В чому суть відхилень властивостей розчинів електролітів від розчинів неелектролітів?
4. Сформулюйте закони Коновалова.
5. Накресліть діаграми залежності точки кипіння від складу для суміші двох рідин, які:
  - а) можуть бути розділені перегонкою;
  - б) не можуть бути розділені перегонкою.
6. Що таке ізотонічний коефіцієнт, як він зв'язаний зі ступенем дисоціації бінарного електроліту?
7. Дати визначення питомої та еквівалентної електропровідності. Як вони змінюються зі зменшенням концентрації розчину?
8. Поясніть, чому при однакових концентраціях електропровідність розчину соляної кислоти більше електропровідності розчину їдкового натру?
9. Що таке кондуктометричне титрування?
10. Запишіть математичний вираз закону розведення Оствальда.

## **ЗАНЯТТЯ № 6**

### **Семінар**

#### **Розчини сильних електролітів. Активність розчинів. Властивості розчинів сильних електролітів**

Активність розчинів електролітів. Іонна сила розчинів сильних електролітів. Теорія сильних електролітів Дебая – Гюккеля.

Протолітична теорія кислот і основ.

Буферні розчини та їх властивості. Розрахунок рН буферних сумішей.

#### **Запитання і вправи для самоконтролю**

1. Що таке ізотонічний коефіцієнт Вант-Гоффа?
2. В чому суть процесу сольватації йонів в розчині?
3. Властивості розчинів сильних електролітів.
4. Записати рівняння для розрахунку йонної сили розчину електроліту.
5. Сучасна кількісна теорія сильних електролітів.
6. Протолітична теорія кислот і основ.
7. Розкрити суть гідролізу.
8. Буферні розчини та їх властивості.

## ЗАНЯТТЯ № 7

### Семинар

#### Електрохімія

##### 1. Пограничні потенціали та електрорушійні сили

Електрохімічна рівновага на границі розчин - електрод та поняття електродного потенціалу. Рівняння Нернста та залежність електродного потенціалу від активності йонів. Нормальний електродний потенціал. Типи електродів. Порівняльні електроди (каломельний, хлорсрібний). Індикаторні електроди (водневий, хінгдронний, скляний). Електрохімічні, концентраційні, окисно-відновні ланцюги. Ланцюги з перенесенням та без перенесення йонів. Дифузійний потенціал. Біологічні потенціали. Нормальний елемент Вестона. Експериментальне вимірювання ЕРС та окисно-відновних потенціалів компенсаційним методом. Потенціометричне титрування та визначення рН розчинів біологічного походження.

2. Термодинаміка гальванічного елементу. Застосування другого закону термодинаміки до електрохімічних ланцюгів. Рівняння Гіббса-Гельмгольца та розрахунки термодинамічних характеристик ( $\Delta G_0^I$ ,  $\Delta H$  та  $\Delta S$ ) процесів окислення - відновлення. Метод ЕРС та визначення константи електрохімічної рівноваги, коефіцієнтів активності, чисел перенесення, добутку розчинності.

3. Електродні процеси. Електроліз. Закони Фарадея. Концентраційна та хімічна поляризація. Основи теорії перенапруги. Рівняння Тафеля. Вплив складу розчину та природи металу на перенапругу виділення водню. Полярографія та її застосування у біологічних дослідженнях. Хімічні джерела струму.

#### Запитання і вправи для самоконтролю

1. Що таке гальванічні елементи?
2. Що таке електрорушійна сила гальванічного елемента?
3. Які електроди оборотні і які необоротні?
4. Що називають нернстівським потенціалом?
5. Виведіть рівняння Нернста для розрахунку електрорушійних сил елементів.

6. Як за експериментальними значеннями електрорушійної сили і температурного коефіцієнта ЕРС розраховують тепловий ефект ( $\Delta H$ ) реакції?
7. Розкрити причини виникнення стрибка потенціалу та будову подвійного електричного шару на межі розчин – метал.
8. Виведіть рівняння Нернста для розрахунку величини електродного потенціалу.
9. Дайте характеристику електродів першого і другого роду та окисно-відновних електродів.
10. Що таке водневий стандартний електрод?
11. Зробіть аналіз таблиці стандартних електродних потенціалів металів.
12. Наведіть приклади електродів другого роду. Внаслідок яких електрохімічних процесів виникає електродний потенціал?
13. За допомогою яких електродів вимірюють рН розчинів? Дайте характеристику скляного електроду.
14. Дайте характеристику та запишіть рівняння для розрахунку величини ЕРС концентраційних елементів.
15. Розкрийте причини виникнення дифузійного потенціалу та запишіть рівняння для його розрахунку.
16. Як виникає мембранний потенціал? Запишіть рівняння для розрахунку його величини.
17. Розкрити суть методу вимірювання електрорушійних сил.
18. Дайте характеристику елемента Вестона.
19. Розкрийте методику визначення рН розчинів та проведення потенціометричного титрування.

## ЗАНЯТТЯ № 8

*Лабораторна робота № 3. Вивчення кінетики інверсії цукру*

Швидкість гомогенної реакції слід виразити у вигляді

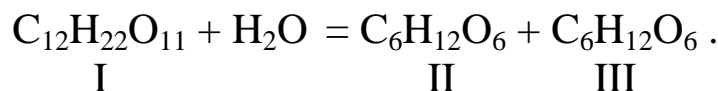
$$r = - \frac{dC}{dt},$$

де  $C$  - концентрація вихідних речовин. Також

$$r = k C_1^{n_1} \cdot C_2^{n_2},$$

де  $C_1, C_2$  - концентрації реагуючих речовин;  $n_1, n_2$  – порядки реакції, відповідно, за речовиною "1" і "2";  $k$  - константа швидкості реакції.

При реакції гідролізу цукру (I) утворюються глюкоза (II) та фруктоза (III):



Усі три речовини мають асиметричний атом вуглецю, і тому вони оптично активні. Водний розчин цукру обертає площину поляризації світла, що проходить, вправо, а розчин продуктів - вліво. За час проходження реакції праве обертання змінюється лівим. Тому цю реакцію називають реакцією інверсії.

Для вивчення швидкості інверсії цукру беруть 10-20%-вий розчин. Під час реакції концентрація води змінюється незначно, що дає можливість вважати її сталою. Тому ця реакція йде за першим порядком. Якщо порядок реакції зменшується за рахунок надлишку одного з реагентів, то вважають це псевдопорядком реакції.

Гідроліз цукру не йде у нейтральному водному середовищі, його прискорюють сильні кислоти, такі, як хлоридна (соляна).

Константу швидкості реакції розраховують за рівнянням:

$$k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{C_0}{C}.$$

де  $\tau$  - час,  $C_0$  - початкова концентрація,  $C$  - концентрація на даний час.

Кут обертання  $\alpha$  площини поляризації зв'язаний з концентрацією  $C$  та товщиною шару  $L$  розчину рівнянням



$$\alpha = \pm [\alpha] C L.$$

Знаки (+) та (-) відповідають правому і лівому обертанню. У цукру  $[\alpha] = +66,55^\circ$ ; у глюкози  $[\alpha] = +52,56^\circ$ , у фруктози  $[\alpha] = -91,9^\circ$ . Кути обертання оптично активних речовин - це алгебраїчна сума кутів обертання окремих речовин (властивість адитивності кутів обертання суміші). Кут обертання розчину визначається за допомогою поляриметра.

Складовими частинами поляриметра (рис.) являються поляризатори 3, 4 та аналізатор 6 (призми Ніколя).

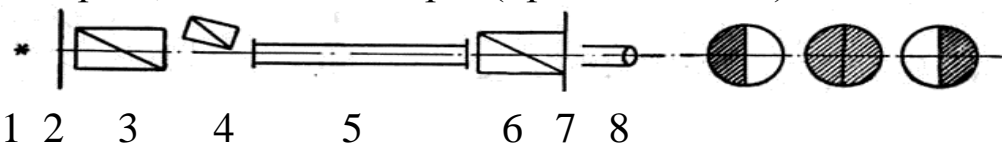
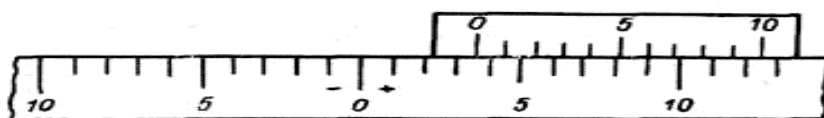


Рис. Схема поляриметра: 1- джерело світла; 2- світлофільтр; 3 та 4- поляризатори; 5- трубка з розчином; 6- аналізатор; 7- шкала; 8- окуляр.

Якщо встановити головний перетин призми аналізатора перпендикулярно головному перетину великої призми поляризатора, то половина поля (відповідає схрещеним призмам) стає темною. Друга половина буде більш світлою, тому що наявність малої призми запобігає схрещуванню. Якщо обертати аналізатор до затемнення протилежної сторони поля, то освітіться перша половина. Можна досягти однакового освітлення обох полів. Таке встановлення вважають нульовим: невеликий поворот аналізатора в ту або іншу сторону утворює в полі зору напівтінь.

Якщо після встановлення нульового положення помістити між поляризатором та аналізатором трубку 5 з розчином оптично активної речовини, яка повертає площину поляризації на кут  $\alpha$ , то з'явиться напівтінь. Для повернення до нульового положення, необхідно повернути аналізатор на такий же кут  $\alpha$ . Цей кут визначається за допомогою ноніусу з точністю до  $0,1^0$  по шкалі 7, що пересувається при обертанні аналізатора. Наприклад:



$$\alpha = +3,6$$

## Порядок роботи

Готують 20 мл 20%-вого розчину цукру. Об'єм розчину в два-три рази більший об'єму поляриметричної трубки.

Додають 20 мл 3н HCl та записують час - це є початок реакції.

Чисту поляриметричну трубку наповнюють розчином, який вивчається. Для цього заповнюють її так, щоб утворився випуклий мениск. Потім збоку насувають сухе покривне скло та нагвинчують притискуючи об'їму так, щоб не було бульбашок повітря.

Проводять вимірювання кута обертання через 5, 10, 15, 20, 25 хв. і до 1,5 год. від початку реакції.

**Розрахунки.** У силу адитивності кута обертання початкова концентрація пропорційна  $(\alpha_0 - \alpha_\infty)$ , де  $\alpha_0$  - початковий кут обертання,  $\alpha_\infty$  - кінцевий, який дорівнює  $-12,8^\circ$ .

Концентрація у кожний момент часу пропорційна  $(\alpha_\tau - \alpha_\infty)$ , де  $\alpha_\tau$  - кут обертання на момент часу  $\tau$ .

Тому слід використовувати для розрахунків константи швидкості інверсії цукру рівняння:

$$k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha_\tau - \alpha_\infty},$$

Оскільки заміряти початковий кут обертання ( $\alpha_0$ ) дуже важко, то будують залежність  $\ln (\alpha_\tau - \alpha_\infty) = f(\tau)$ , і із значення логарифму при  $\tau = 0$  визначають  $\ln (\alpha_0 - \alpha_\infty)$ .

Дані оформлюють у вигляді таблиці.

Таблиця 3

### Результати вимірювань і розрахунків константи швидкості реакції інверсії цукру

Час $\tau$ , хв.	$\alpha_\tau$ , град	$(\alpha_\tau - \alpha_\infty)$ , град	$\ln (\alpha_\tau - \alpha_\infty)$	$k, \text{хв}^{-1}$

## Запитання і вправи для самоконтролю

1. Що є предметом хімічної кінетики?
2. Що визначає принципову можливість протікання тієї чи іншої реакції?
3. Дайте визначення швидкості хімічної реакції.
4. Записати рівняння для визначення середньої та істинної швидкості реакції.
5. Сформулюйте закон дії мас.
6. Дайте класифікацію реакцій за молекулярністю і порядком.
7. Охарактеризувати і записати математичне рівняння, що зв'язує константу швидкості, концентрацію і час протікання реакцій першого порядку.
8. Які є способи визначення порядку реакції?
9. Як впливає температура на швидкість хімічної реакції?
10. Дати характеристику фотохімічних реакцій.
11. Які особливості гетерогенних процесів?
12. Яка роль дифузії в гетерогенних процесах?
13. Записати рівняння першого закону дифузії Фіка і розкрити його фізичний зміст.
14. Що таке каталіз?
15. Навести приклади каталітичних реакцій.
16. Суть каталітичної дії каталізаторів.
17. Що таке промотори та інгібітори?
18. В чому суть гомогенного каталізу?
19. Дати характеристику кислотно-основного типу каталізу.
20. Охарактеризувати окисно-відновний каталіз.
21. Дати характеристику гетерогенного каталізу.

## ЗАНЯТТЯ № 9

### Семінар

#### Хімічна кінетика та каталіз

Хімічна кінетика та каталіз. Формальна кінетика. Загальні поняття та визначення. Швидкість реакції. Фактори, що впливають на швидкість реакції. Порядок та молекулярність реакцій. Елементарні моно-, бі- та тримолекулярні реакції. Однобічні реакції нульового, першого, другого та третього порядків. Кінетичні рівняння реакцій різних порядків. Складні (паралельні та послідовні) реакції. Константа швидкості реакції, її розмірність. Аналітичні та графічні методи визначення порядку та констант швидкості реакцій. Кінетика ядерного розпаду. Період напіврозпаду.

Основи теорії хімічної кінетики. Теорія активних зіткнень. Число активних зіткнень. Вплив температури на швидкість реакції. Правило Вант-Гоффа. Рівняння Арреніуса. Енергія активації та її експериментальне визначення.

Каталіз. Каталітичні реакції. Гомогенний каталіз. Властивості каталізаторів. Незмінність у процесі реакції, специфіка дії. Позитивні та негативні каталізатори. Механізм і кінетика гомогенно-каталітичних реакцій. Автокаталіз. Кислотно-основний каталіз. Каталіз та константа рівноваги. Гетерогенний каталіз. Уявлення про активні центри на поверхні каталізаторів. Основи теорій гетерогенного каталізу (теорія мультиплетності та теорія ансамблів). Кінетика гетерогенно-каталітичних процесів. Дифузійна та кінетичні стадії як дві складові швидкості гетерогенного процесу.

Ферментативний каталіз. Кінетика реакцій, що каталізуються ферментом.

Ланцюгові та фотохімічні реакції. Основи теорії простих, та розгалужених ланцюгів. Роботи Семенова. Вільні радикали та ланцюгові реакції. Фотохімічні та радіаційно-хімічні реакції. Відмінність темнових та світлових реакцій за температурним коефіцієнтом. Закон фотохімічної еквівалентності Ейнштейна. Квантовий вихід. Фотокаталітичні та фотохімічні реакції. Фотосенсибілізація. Фотобіологічні процеси. Фізико-хімічні основи фотосинтезу. Біологічна дія іонізованого випромінювання. Застосування радіоактивних ізотопів у практиці біологічних досліджень.

## Запитання і вправи для самоконтролю

1. Швидкість хімічної реакції. Від яких факторів вона залежить?
2. Що таке константа швидкості реакції?
3. Дати визначення молекулярності та порядку реакції.
4. Як визначити порядок реакції? Приведіть приклади реакцій 1-го та 2-го порядків.
5. Що розуміють під енергією активації? Які найважливіші шляхи активації атомів та молекул речовини.
6. Пояснити перебіг ланцюгових реакцій. Що таке вільні радикали?
7. Особливості реакцій у відкритих системах.
8. Приведіть приклади гомогенного та гетерогенного каталізу.
9. Чи залежить швидкість ферментативних реакцій від рН середовища?
10. Поясніть особливість ферментативної кінетики.

## ЗАНЯТТЯ № 10

**Лабораторна робота № 4.** Визначення розміру часточок "білих золів" оптичним методом

У цій роботі розмір часточок визначають за допомогою методу "спектра мутності". Теоретичним обґрунтуванням методу є рівняння Релея, яке спрощено можна записати як:

$$I_p / I_0 = k_1 \lambda^{-4} . \quad (1)$$

Відношення  $I_p / I_0$  для шару розчину довжиною 1м називається мутністю системи  $\tau$ . Оскільки вимірювання проводять у кюветах певної довжини, то

$$\tau = \frac{1}{L} \frac{I_p}{I_0} , \quad (2)$$

Для дисперсних систем з часточками, лінійний розмір яких  $d$  знаходиться в межах  $0,1\lambda < d < 0,3\lambda$  ( $\lambda$  - довжина хвилі світла, що проходить крізь систему), показник ступеня при довжині хвилі у рівнянні Релея стає відмінним від чотирьох, зменшуючись із збільшенням розміру часточок до нуля. Тоді рівняння записується у вигляді

$$\tau = k_1 \lambda^{-X} . \quad (3)$$

Величина  $X$  є функцією розміру часточок. Її визначають графічним способом, як тангенс кута нахилу прямої в координатах рівняння в логарифмічній формі, тобто

$$\lg \tau = \lg k_1 - X \lg \lambda . \quad (4)$$

Розмір часточок визначають за допомогою спеціальних теоретично розрахованих калібрувальних графіків, на яких побудована залежність величини  $X$  від розміру  $d$  часточок. Такий графік для систем, подібних тим, що вивчаються в роботі, розрахований за теорією К.С.Шифріна і І.Я.Слоніма, наведено на рис. 1.

У роботі мутність систем  $\tau$  визначають не за допомогою прямого вимірювання інтенсивностей розсіяного  $I_p$  і падаючого  $I_0$  світла, а користуються інтенсивністю світла, що пройшло крізь систему ( $I_{\Pi}$ ), яка вимірюється за допомогою фотоелектроколориметра.

Зменшення інтенсивності світла  $dI$ , згідно з законом Ламберта, при проходженні крізь шар речовини пропорційне інтенсивності світла  $I$  та товщині шару  $dL$ , що приводить до рівняння

$$\ln I_0 / I_{\Pi} = \varepsilon L , \quad (5)$$

де  $\varepsilon$  - коефіцієнт екстинкції.

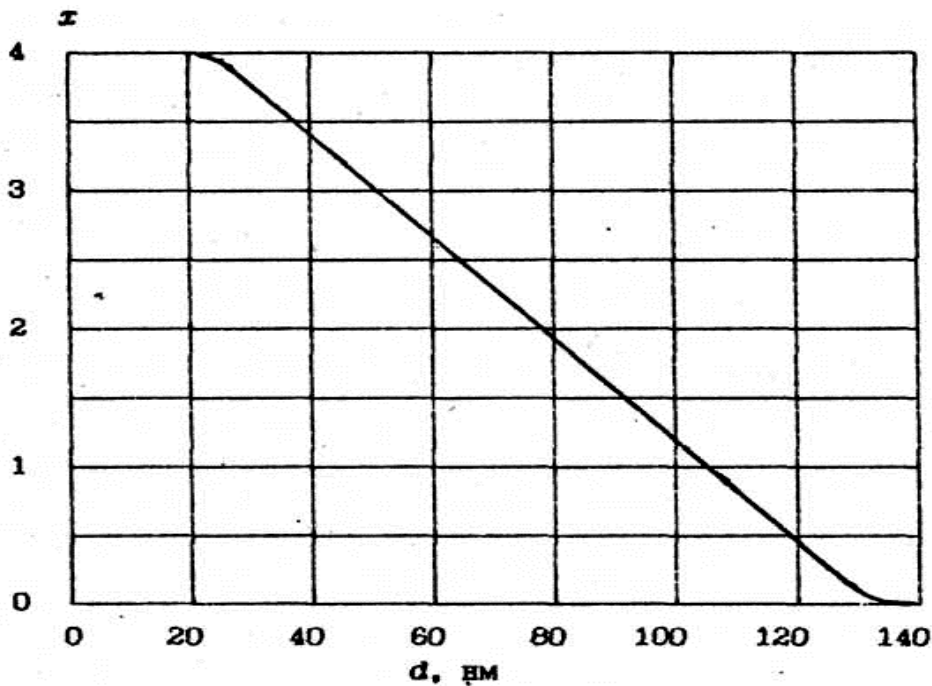


Рис.1. Залежність X від розміру часточок d.

У колоїдних розчинах, які вивчаються у даній роботі (це так звані "білі золі"), дійсне поглинення світла (перетворення світлової енергії у теплову) відсутнє, і зменшення інтенсивності світла відбувається тільки за рахунок розсіювання світла часточками, які знаходяться в колоїдному розчині, за усіма напрямками

Тому  $I_{\Pi} = I_0 - I_p$ , і, підставляючи це в рівняння (5), одержуємо

$$\ln \frac{I_0}{I_0 - I_p} = \varepsilon L \quad (6)$$

Оскільки загальна інтенсивність розсіяного світла набагато менша за інтенсивність падаючого ( $I_p \ll I_0$ ), то рівняння (6) можна перетворити:

$$\ln \frac{I_0}{I_0 - I_p} = \ln \frac{I_0 + I_p}{I_0 - I_p + I_p} = \ln \frac{I_0 + I_p}{I_0} = \ln \left( 1 + \frac{I_p}{I_0} \right) = \varepsilon L \quad (7)$$

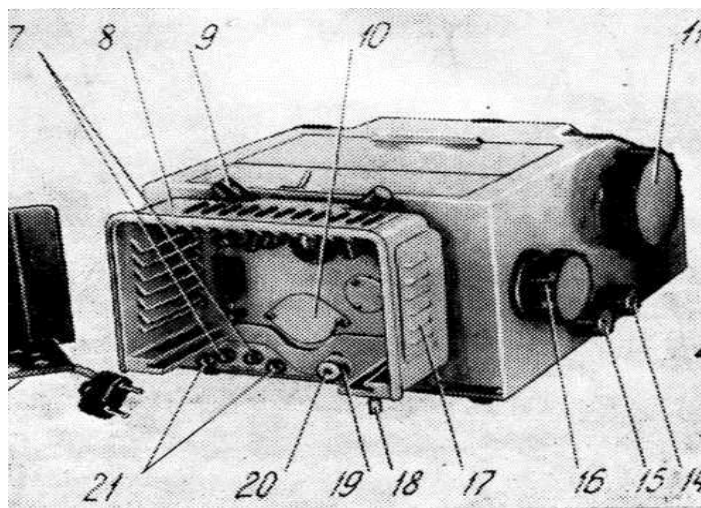
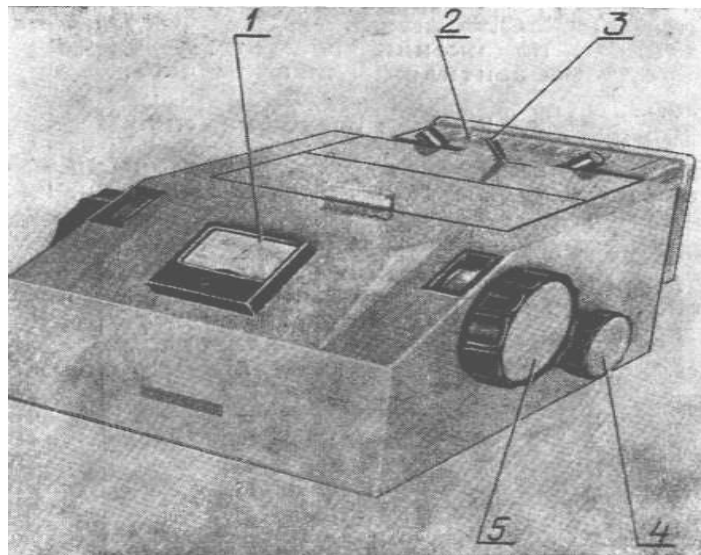
Розкладаючи натуральний логарифм у ряд та відкидаючи другий та наступний члени розкладання як величини другого та наступних ступенів малості, із рівняння одержуємо

$$\ln \frac{I_0}{I_0 - I_p} = \frac{I_p}{I_0} = \varepsilon L. \quad (7^I)$$

Порівнюючи рівняння (7<sup>1</sup>) із визначенням мутності системи (2), можна побачити, що  $\tau = \epsilon$ , тобто для систем, у яких поглинення світла відбувається тільки за рахунок розсіювання світла, коефіцієнт екстинкції дорівнює мутності. Таким чином, рівняння (7<sup>1</sup>) можна записати у вигляді  $\tau L = I_p / I_0$ , а, оскільки  $I_p = I_0 - I_{\Pi}$ , то

$$\tau = \frac{1}{L} \frac{I_0 - I_{\Pi}}{I_0} . \quad (8)$$

Вимірювання оптичних властивостей колоїдних розчинів в роботі проводять за допомогою фотоелектроколориметра ФЕК-56М, зовнішній вигляд якого наведений на рис. 2.





## *Порядок роботи*

Підключають прилад ФЕК-56М до електромережі з номінальною напругою 220 В.

Встановлюють «Електричний нуль» приладу. Для цього за допомогою ручки (3) повністю перекривають світлові потоки і за допомогою обертання ручки (15) переводять стрілку мікроамперметра на «0».

Настроювання приладу полягає в тому, щоб встановити 0% та 100% світлопропускання за шкалою показуючого приладу.

Для перешкоджання розігріву фотоелементу теплом світлового потоку в кюветному відділенні з лівого боку на весь час вимірювань встановлюють кювету з розчинником (чистим дисперсійним середовищем). Якщо розчинник безбарвний, дозволено користуватись кюветою з дистильованою водою.

В утримувач кювет, який закріплений гвинтом на рухливій каретці з правого боку, встановлюють дві кювети з однаковою довжиною. Одну із цих кювет заповнюють розчинником, другу - розчином, що досліджується.

Робочі поверхні кювет повинні перед кожним вимірюванням ретельно протиратися. При встановленні кювет в кюветоутримувач не можна дотикатися пальцями їх робочих поверхонь. Наявність забруднень або крапель рідини на робочих поверхнях кювет приводить до перекручування результатів вимірювань.

Закривають кюветне відділення. Всі вимірювання повинні проводитись при щільно закритій кришці кюветного відділення.

Встановлюють за допомогою ручки (4) "Переміщення кювет" кювету з розчином на шляху проходження світлового потоку. Правий барабан (5) встановлюємо на поділці «100» по шкалі світлопропускання. Шляхом обертання лівого барабану (11), виставляємо стрілку мікроамперметра на «0».

Зробивши такі операції два-три рази, впевнюються, що стрілка кожного разу зупиняється на поділках "0" і "100".

Після цього прилад вважається настроєним і підготовленим до вимірювань у діапазоні 0 - 100 % світлопропускання.

Якщо лівим вимірювальним барабаном встановити «0» не вдається, то в правий світловий потік встановлюють нейтральний світлофільтр, що забезпечує встановлення «0» лівим барабаном. Далі ручкою переміщення кювет (4) в правому світловому потоці кювета з

розчином заміняється кюветою з розчинником, при цьому відбувається зміщення стрілки приладу з «0». Шляхом обертання правого барабану (5), виставляємо стрілку мікроамперметра на «0» та визначаємо по шкалі барабану величину світлопропускання (чорна шкала) або оптичну густину (червона шкала) вимірювального розчину. Ці показники відповідають світлопропусканню розчину, що вимірюється, у відсотках. Треба пам'ятати, що прилад не дає абсолютних значень інтенсивностей палаючого світла і світла, що пройшло крізь розчин.  $I_0$  і  $I_{\Pi}$  вимірюють у відносних одиницях, а саме, у відсотках світлопропускання. Таким чином,  $I_0 = 100\%$ , а  $I_{\Pi}$  відповідає показнику на шкалі приладу.

Потім треба замінити світлофільтр, перевірити настроювання приладу, при необхідності знову провести настроювання (за схемою, що наведена вище), а потім зняти показники із шкали вимірювального барабану.

При заміні світлофільтрів у процесі роботи вимірювання проводять не раніше, ніж через 5 хв.

Після закінчення роботи треба відключити прилад від електромережі, вимити кювети.

Довжини хвиль у вакуумі для світлофільтрів наведені в табл.1.

Для вимірювань використовують латекс поліхлорвінілу (латексом називають колоїдний розчин полімеру у воді). Латекс, який запропонований для вимірювань, розводять 1%-вим розчином аміаку до певної, запропонованої викладачем, концентрації твердої фази.

Вимірюють світлопропускання розведеного латексу, використовуючи різні світлофільтри. Одержані результати оформляють у вигляді табл.2. Розраховують інтенсивність розсіяного світла із співвідношення  $I_p = I_0 - I_{\Pi}$ ; мутність розчинів із співвідношення  $\tau L = I_p / I_0$ , де  $L$  - довжина кювети; довжини хвиль у дисперсній системі із співвідношення ( $\lambda$  у вакуумі/ $n_0$ ), де  $n_0$  - показник заломлення води, що дорівнює 1,33. Результати розрахунків також заносять до табл.2.

Будують залежності  $\lg \tau$  від  $\lg \lambda$  і за тангенсом кута нахилу прямої визначають параметр  $X$  рівняння (3). За знайденим значенням  $X$  за допомогою калібрувального графіка (рис.1) визначають розмір часточок в системі, що була досліджена.

**Максимуми пропускання світлофільтрів**

№ світлофільтра	$\lambda$ в вакуумі, нм
1	315
2	364
3	400
4	440
5	490
6	540
7	582
8	597
9	630

**Мутності латексу при різних довжинах хвиль**

Довжина кювети $L = \underline{\hspace{2cm}}$ м								
№ світлофільтру	$I_0, \%$	$I_{\Pi}, \%$	$I_p = I_0 - I_{\Pi}, \%$	$\tau L = I_p / I_0$	$\tau, \text{м}^{-1}$	$\lg \tau$	$\lambda, \text{нм}$ (у воді)	$\lg \lambda$

**Запитання і вправи для самоконтролю**

1. Що вивчає колоїдна хімія?
2. Які системи відносяться до дисперсних?
3. Що таке колоїдні системи?
4. Що таке питома поверхня дисперсної фази і як її розрахувати?
5. За якими ознаками можна класифікувати дисперсні системи?
6. Класифікація дисперсних систем за агрегатним станом дисперсної фази та дисперсійного середовища.

7. Як залежать властивості дисперсних систем від їх дисперсності?
8. Що таке адгезія та когезія?
9. Як визначити рівноважну роботу адгезії?
10. Які умови характеризують рівноважне положення краплі на твердій поверхні?
11. Чим визначається крайовий кут?
12. В яких межах змінюється крайовий кут на гідрофільних та гідрофобних поверхнях?
13. Що таке змочування?
14. Як зв'язані робота когезії та адгезії?
15. Що таке флотація?
16. Які явища відносяться до просочування?
17. Які особливості розсіювання світла високодисперсними часточками?
18. Як інтенсивність розсіяного світла залежить від концентрації, розмірів часточок, довжини хвилі світла та інших факторів.
19. В яких випадках спостерігаються відхилення від закону Релея?
20. Дайте аналіз рівняння Бугера – Ламберта – Бера.
21. Що таке оптична густина?
22. Як розсіювання та поглинання світла зв'язані між собою?
23. Чим обумовлене забарвлення колоїдних систем?
24. Які фактори впливають на подвійне заломлення світла?

## ЗАНЯТТЯ № 11

### *Лабораторна робота № 5.* Визначення крайового кута змочування листків рослин водою та водними розчинами ПАР

**Мета роботи:** дослідити процеси змочування та визначити кути змочування листків рослин водою та водними розчинами поверхнево-активних речовин.

**Прилади і реактиви:** листки рослин; вода; водні розчини з різною концентрацією ПАР; прилад для визначення кута змочування.

### Теоретичні відомості

Якщо молекули рідини взаємодіють з молекулами твердого тіла сильніше, ніж між собою, то рідина розтікається по поверхні, тобто змочує її. Коли молекули рідини взаємодіють одна з одною сильніше, ніж з молекулами твердого тіла, то розтікання не буде. При нанесенні краплі рідини на поверхню будь-якого твердого тіла утворюється певний кут між дотичною до поверхні межі розділу крапля рідини - повітря у точці перетину всіх трьох поверхонь та твердою поверхнею, який називається *крайовим кутом (кутом змочування)*  $\theta$ . Величина рівноважного крайового кута визначається за законом Юнга:

$$\cos \theta = (\sigma_{тг} - \sigma_{тр}) / \sigma_{рг}$$

Змочуваністю прийнято називати величину косинуса крайового кута:

$$B = \cos \theta.$$

Якщо утворений кут  $\theta$  є гострим, то прийнято говорити що рідина змочує дану тверду поверхню (рис. 1, а) (якщо кут  $\theta = 0$  - рідина повністю змочує поверхню), тобто якщо  $B$  позитивне, і, навпаки, при значеннях  $\theta$  від 90 до 180 °С - рідина не змочує поверхню (рис. 1, б).

Рідина тим краще змочує дану поверхню, чим більше сили зчеплення між молекулами поверхні і молекулами рідини у порівнянні з силами зчеплення між молекулами рідини.

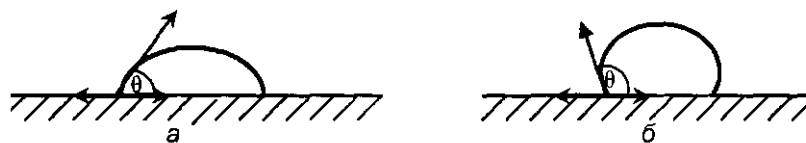


Рис. 1. Крайовий кут ( а – рідина змочує тверде тіло, б – рідина не змочує тверде тіло)

Отже, щоб забезпечити розтікання рідини, в першому наближенні потрібно по можливості зменшити міжфазний натяг  $\sigma_{тр}$  і  $\sigma_{рг}$ . На практиці це найкраще робити, вводячи в рідку фазу яку-небудь поверхнево-активну речовину (ПАР), яка адсорбується на межі розділу рідина-тверде тіло і рідина-повітря і тим самим понижує їх поверхневий натяг. Однак, бажано також, щоб ПАР понижувала  $\sigma_{тр}$ . Це значно ускладнює вибір добавок, оскільки вплив ПАР на  $\sigma_{тр}$  різних матеріалів є досить специфічним. При адсорбції на твердій поверхні молекул ПАР останні можуть залежно від характеру їх орієнтації змінювати змочуваність поверхні.

Якщо тверда поверхня гідрофільна, то адсорбовані молекули орієнтуються своїми полярними групами до поверхні, а неполярними групами - назовні, що призводить до гідрофобізації твердої поверхні. І навпаки, якщо поверхня гідрофобна, і при адсорбції на ній молекул поверхнево-активної речовини останні орієнтуються неполярними ділянками, наприклад, вуглеводневими ланцюгами, до поверхні адсорбенту, а полярними гідрофільними групами назовні, то в результаті адсорбції буде відбуватися гідрофілізація поверхні.

Величина змочування  $V$  у випадку адсорбції на твердій поверхні ПАР дуже сильно залежить від концентрації цих речовин в розчині. Крива залежності  $V = f(c)$  називається *ізотермою змочування*. Точка перетину цієї кривої з віссю абсцис (*точка інверсії*) відповідає такій концентрації, при якій відбувається зміна знака величини  $V$ .

Для визначення величини крайового кута за одним з методів визначають висоту краплі та її основи, як показано на рис. 2.

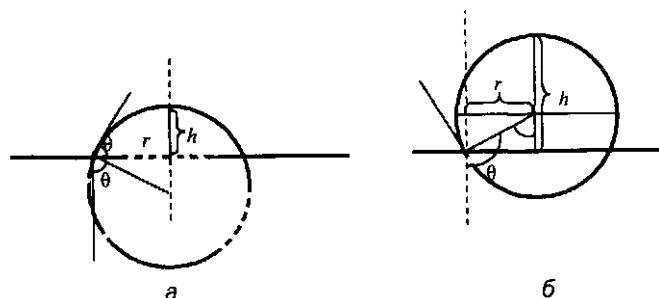


Рис. 2. Схема визначення крайового кута змочування: а - для кутів  $\theta < 90^\circ$ ; б - для кутів  $\theta > 90^\circ$ .

Для кутів  $\theta < 90^\circ$  (рис. 2, а) маємо:  $\text{tg } \theta = 2rh/(r^2 - h^2)$ , або  $\cos \theta = (r^2 - h^2)/(r^2 + h^2)$  де  $r$  – половина діаметра кола краплі на поверхні твердого тіла).

Для кутів  $\theta > 90^\circ$ , коли крапля не змочує поверхню (рис. 2, б) маємо:  $\text{tg } (180 - \theta) = 2rh/(h^2 - r^2)$ , або  $\cos \theta = 1 - h/r$ .

Крайовий кут прийнято відраховувати з боку рідини. Точність вимірювання крайового кута змочування звичайно не перевищує 5 %.

При дослідженні впливу ПАР при різних концентраціях вимірювання крайового кута проводять спочатку в чистій воді, а потім в розчинах ПАР (починаючи з малих концентрацій). За отриманими даними будують ізотерму змочування, відкладаючи по вісі абсцис концентрації поверхнево-активної речовини, а по вісі ординат - значення величини змочування  $B = \cos \theta$  (рис. 3).

Роботу адгезії розраховують за рівнянням, підставляючи в нього середнє значення  $\cos \theta$ :

$$W_A = \sigma_{рГ}(1 + \cos \theta).$$

Значення для поверхневого натягу на межі рідина-газ при температурі досліду беруть із довідників. Поверхневий натяг для води на межі з повітрям при 20 °С дорівнює  $72,75 \cdot 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup>.

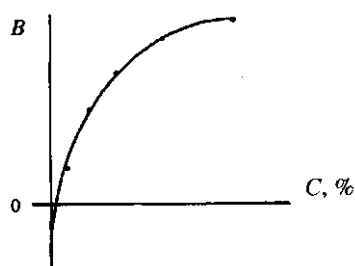


Рис. 3. Хід кривої змочування розчинами ПАР різної концентрації.

### Порядок роботи

1. Горизонтально розташувати листок рослини на підставці.
2. За допомогою мікропіпетки чи голки шприца нанести краплину води чи вказаного розчину на поверхню листка.
3. Використовуючи прилад виміряти висоту  $h$  та півширину основи ( $r$ ) краплини. Результати занести у таблицю:

Об'єкти	Дослід	Висота, $h$	Основа, $r$	$\text{tg } \theta$	Крайовий кут, $\theta$	Змочування, $B = \cos \theta$
	1					
	2					
	3					
	середнє					

4. За отриманими даними розрахувати крайовий кут  $\theta$ , змочування  $B$  та роботу адгезії  $W_A$ . Для розчинів ПАР побудувати графік залежності  $B = f(C_{\text{ПАР}})$ .

5. Зробити висновки про властивості поверхні відносно води та розчинів ПАР.

## **Запитання і вправи для самоконтролю**

1. Що таке адгезія та когезія?
2. Як визначити рівноважну роботу адгезії?
3. Які умови характеризують рівноважне положення краплі на твердій поверхні?
4. Чим визначається крайовий кут?
5. В яких межах змінюється крайовий кут на гідрофільних та гідрофобних поверхнях?
6. Що таке змочування?
7. Як зв'язані робота когезії та адгезії?
8. Що таке флотація?
9. Які явища відносяться до просочування?
10. Що таке ліофільні і ліофобні поверхні?
11. Що таке меніск і які бувають його форми?
12. Розкрити суть капілярних явищ.

## **ЗАНЯТТЯ № 12**

### **Семінар**

#### **Колоїдні розчини та їх властивості**

Оптичні властивості (ефект Тіндалля, закон Релея). Оптичні методи дослідження дисперсних систем.

Молекулярно – кінетичні властивості колоїдних систем. Броунівський рух. Дифузія. Седиментація. Дифузно – седиментаційна рівновага. Седиментаційний аналіз. Осмотичний тиск. Мембранна рівновага Донана.



## Запитання і вправи для самоконтролю

1. Що таке колоїдні системи?
2. Що називають ліофобними і ліофільними колоїдними розчинами?
3. Написати схему міцели срібла йодиду при надлишку в розчині йонів срібла.
4. Що є причиною світлорозсіювання колоїдних систем?
5. Написати формулу Релея для розрахунку інтенсивності світлорозсіювання.
6. Як можна визначити розміри колоїдних частинок за допомогою нефелометра?
7. Що таке броунівський рух? Записати основне рівняння броунівського руху.
8. Розкрити суть дифузійних і осмотичних явищ в колоїдних розчинах.
9. Що таке мембранна рівновага?

## ЗАНЯТТЯ № 13

*Лабораторна робота № 6.* Адсорбція оцтової кислоти на вугіллі

**План роботи**

1. Приготувати водні розчини оцтової кислоти.
2. Визначити концентрації розчинів оцтової кислоти.
3. Подрібнити і зважити активоване вугілля.
4. Провести адсорбцію на активованому вугіллі.
5. Відфільтрувати розчини.
6. Визначити концентрації розчинів оцтової кислоти після адсорбції.
7. Побудувати ізотерми адсорбції, розрахувати параметри А і К.
8. Розрахувати питому поверхню вугілля.

**Порядок роботи**

Для вивчення адсорбції оцтової кислоти на активованому вугіллі з вихідного розчину  $\text{CH}_3\text{COOH}$  методом послідовного розведення приготують шість розчинів кислоти (по 100 мл, концентрації вказує викладач). Активоване вугілля ретельно розтирають у ступці, а потім зважують шість порцій по 1,0 г.

До 100 мл кожного з приготованих розчинів оцтової кислоти додають по 1,0 г вугілля, після чого закриті колби із вмістом збовтують на механічній мішалці протягом 30 хв. Потім розчини відфільтровують, а в отриманому фільтраті визначають концентрації кислоти після адсорбції.

Концентрацію вихідного розчину оцтової кислоти і розчинів після адсорбції та фільтрації визначають титруванням розчином  $\text{NaOH}$  з відомою концентрацією в присутності фенолфталеїну до появи стійкого слабо-рожевого забарвлення розчину, що аналізується. Концентрацію кислоти розраховують за співвідношенням:

$$c_{\text{к}} V_{\text{к}} = c_{\text{л}} V_{\text{л}}$$

де  $c_{\text{к}}$  і  $c_{\text{л}}$  — концентрації розчинів оцтової кислоти і  $\text{NaOH}$  (моль/л);  $V_{\text{к}}$  — об'єм кислоти, що був взятий для титрування;  $V_{\text{л}}$  — об'єм луку, що пішов на титрування.

Для титрування беруть три порції розчину, що аналізується. Концентрацію розраховують як середнє арифметичне результатів титрування трьох порцій.

Величина адсорбції  $A$  визначається за різницею концентрацій розчину оцтової кислоти до ( $c_0$ ) і після ( $c$ ) адсорбції:

$$A = [(c_0 - c)V]/m ,$$

де  $m$ —маса вугілля;  $V$  — об'єм розчину кислоти, що був взятий для досліджу.

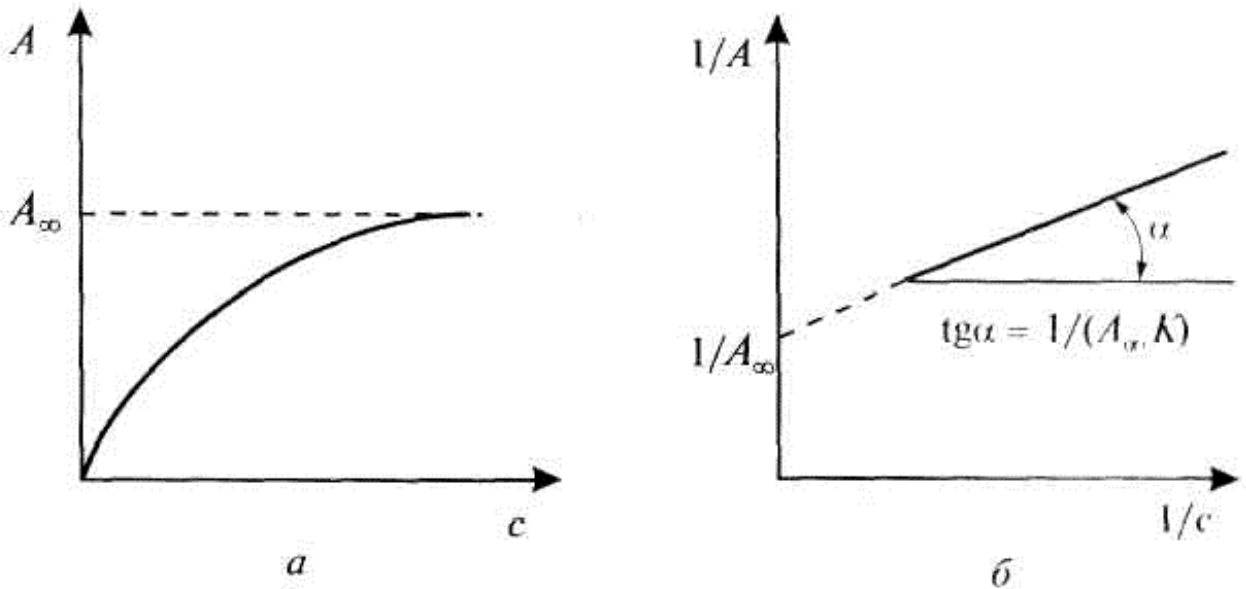


Рис. 2.1. Ізотерми адсорбції Ленгмюра: а) в координатах  $A - c$ ; б) лінійна форма в координатах  $1/A - 1/c$

Будують ізотерму адсорбції в координатах  $1/A$  від  $1/c$  (див. рис. 2.1, б) і визначають  $A_\infty$  і  $K$  з лінійної форми рівняння ізотерми адсорбції Ленгмюра

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_\infty} + \frac{1}{A_\infty K} \cdot \frac{1}{c}$$

Усі результати заносять до таблиці:

№ колби	$V_k$	$V_l$	$c_0$	$c$	$\Delta c = c_0 - c$	$A$	$1/A$	$1/c$	$A_\infty$	$K$

Для визначення питомої поверхні адсорбентів використовуються рівняння Ленгмюра і рівняння БЕТ.

$$s_{num} = A_\infty N_A s_M,$$

де  $N_A$  - число Авогадро;  $s_M$  - площа, яку займає одна молекула адсорбату в насиченому адсорбційному шарі.

За рівнянням розраховують питому поверхню адсорбенту,  $s_{num}$ ,

вважаючи, що площа, яку займає одна молекула,  $s_M$ , для багатьох одноосновних жирних кислот становить  $0,2 \text{ нм}^2$ .

### ***Вказівки для оформлення роботи***

1. Вказати мету роботи.
2. Занести в таблицю експериментальні дані.
3. Побудувати залежність у координатах  $1/A$  —  $1/c$  і визначити  $A_\infty$ .
4. Розрахувати константу адсорбційної рівноваги  $K$ .
5. Розрахувати питому поверхню адсорбенту.

### **Запитання і вправи для самоконтролю**

1. Що називається адсорбцією?
2. Що називають поверхнево-активними речовинами?
3. Сформулюйте правило Траубе.
4. Записати рівняння Гіббса і зробити його аналіз.
5. Як розташовуються поверхнево-активні речовини в поверхневому шарі розчину?
6. В чому суть процесу адсорбції на поверхні твердого тіла?
7. Яка відмінність між фізичною і хімічною адсорбцією?
8. Записати рівняння Фрейндліха і зробити його аналіз.
9. Які передбачення покладені в основу теорії мономолекулярної адсорбції Ленгмюра?
10. Записати рівняння Ленгмюра і зробити його аналіз.
11. Нарисувати ізотерму адсорбції Ленгмюра і зробити її аналіз.
12. Основні закономірності іонообмінної адсорбції. Розкрити властивості електролітів.

## ЗАНЯТТЯ № 14

### *Лабораторна робота № 7. Розділення пігментів хлорофілу методом адсорбційної хроматограми*

*Хроматографія* - це фізико-хімічний метод розділення складних сумішей, при якому компоненти по різному розподіляються між двома фазами. Одна фаза нерухома з великою поверхнею контакту, друга рухома у вигляді потоку, який фільтрується через нерухомий шар. Нерухома фаза оформляється у вигляді колонки (рис. 1) або тонкого шару. Через них протікає рухома фаза. Речовини, що розділяються, спочатку розчинені в рухомій фазі. Вони інтенсивно взаємодіють із нерухомою фазою, асоціюючись з нею, і тому повільно переміщуються в напрямку фронту розчинника. Речовини, які погано взаємодіють з нерухомою фазою, вимиваються скоріше. Розділяються речовини у відповідності з їх різною швидкістю пересування в колонці або в тонкому шарі.

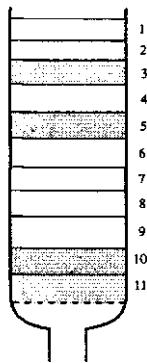


Рис. 1. Хроматограма хлорофілу: 1, 4, 7, 9 - безбарвні зони, 2 - жовта (ксантофіл  $\beta$ ), 3 - жовто-зелена (хлорофілін  $\beta$ ), 5 - зелено-синя (хлорофілін  $\alpha$ ), 6 - жовта (ксантофіл  $\alpha''$ ), 8 - жовта (ксантофіл  $\alpha'$ ), 11 - сіра (хлорофілан)

За природою взаємодії речовин, що розділяють, з твердою фазою розрізняють адсорбційну, розподільчу та іонообмінну хроматографії. *Адсорбційна* хроматографія заснована на молекулярній адсорбції і підпорядковується рівнянню Ленгмюра. В основі *розподільчій* хроматографії лежить розбіжність у коефіцієнтах розподілу речовин, що розділяються, між двома рідкими фазами. За методиками проведення аналізу розрізняють колонкову, хроматографію на папері і тонкошарову. Сорбція, йонний обмін, розподіл між фазами різного складу протікає безперервно при послідовному багаторазовому повторенні. При колонковій хроматографії суміш речовин, що вивчається, у вигляді розчину (рідка фаза) пропускають крізь колонку з шаром сорбенту (тверда фаза).

Окремі розчинені речовини адсорбуються і утворюють зони адсорбції у вигляді первинної хроматограми. При промиванні

колонки розчинником розділяються зони адсорбції (проявлення хроматограми).

### ***Порядок роботи***

*Реактиви та обладнання:* етиловий або метиловий спирт, бензин, хроматографічна колонка, ватні тампони, свіже зелене листя, ступка, піпетки.

Розтерти з піском у ступці свіжі або сушені зелені листя (краще взяти листя кропиви). В звичайну пробірку помістити шар листя (1...2см), змочити 3...5 краплями етилового спирту і залишити на 3...4хв, злегка струшуючи. Потім, в пробірку додати бензин, покривши ним листя. Спирт добре екстрагує хлорофіл з листя, але вилучений хлорофіл краще розчинити у бензині. Після струшування бензиновий розчин набуває темно-зеленого забарвлення. По стінках прилити дистильовану воду. Шар бензину, який при цьому випливе, злити в чисту пробірку і знову промити його водою від спирту, злегка струшуючи пробірку. Спирт заважає розділенню компонентів на колонці.

На дно хроматографічної колонки (довжиною 8...9 і діаметром 1 см) розмістити ватний тампон шаром приблизно 0,5 см. Заповнити його сухим крохмалем, вносячи його невеликими порціями і ущільнюючи легкими поштовхами колонки у стіл. Колонка повинна бути рівномірно заповнена, без пустот, на дві третини і закріплена у вертикальному положенні.

Декілька крапель (8... 10) бензинового екстракту внести піпеткою у верхню частину колонки, запобігаючи потрапляння води. При переміщенні екстракту вздовж колонки, проходить розділення на адсорбційні шари (первинна хроматограма). Хроматограму проявляють, додаванням зверху чистого бензину. Він забирає з собою речовини які розділилися за ступенем їх адсорбованості. Основні пігменти зеленого листя розташовуються зверху вниз наступним чином: 1 - жовта (ксантофіл  $\beta$ ); 2 - жовто-зелена (хлорофілін  $\beta$ ); 3 - синьо-зелена (хлорофілін  $\alpha$ ); 4 - жовта (ксантофіл); 5 - жовта (ксантофіл  $\alpha'$ ); 6 - жовта (ксантофіл  $\alpha$ ) і 7 - червона (каротин). Ксантофіли слабо адсорбуються, а каротин на крохмалі взагалі не адсорбується. Для отримання зони адсорбції каротину в нижню частину колонки на ватний тампон поміщають невеликий шар прожареного оксиду алюмінію.

Отримати хроматограму пігментів хлорофілу, замалювати її, і визначити зони адсорбції для окремих пігментів.

### **Запитання і вправи для самоконтролю**

1. Що таке сорбція, адсорбція, хемосорбція, адсорбент, адсорбат?
2. Якими рівняннями описується процес адсорбції газів і пари на твердих адсорбентах при постійній температурі?
3. Викладіть основні положення теорії фізичної адсорбції, розробленої Ленгмюром.
4. Які поверхні твердих тіл називають гідрофільними, а які гідрофобними? Як можна покращити змочуваний гідрофобної поверхні водним розчином?
5. Як проходить адсорбція на поверхні твердих тіл з розчинів неелектролітів і сильних електролітів?
6. Що таке обмінна адсорбція? Які адсорбційні процеси відбуваються в ґрунтах і яке їх значення в життєдіяльності рослин?
7. Які адсорбенти називають іонітами, катіонітами, аніонітами? Де і як їх застосовують?
8. Які іони, що знаходяться у водному розчині, найкраще будуть адсорбуватися на кристалі AgJ і чому?

## ЗАНЯТТЯ № 15

**Лабораторна робота № 8.** Вивчення коагуляції колоїдних розчинів електролітами

**Мета роботи.** Визначити пороги коагуляції (ПК) ліофобного золю електролітами з протійонами різного заряду. Перевірити правило Шульце-Гарді і закон Дерягіна ( $z^{-6}$ ).

**Методика роботи.** У даній роботі поріг коагуляції золю електролітом визначають із залежності оптичної густини центрифугатів золю, які містять різні кількості електроліту, на певній стадії коагуляції, від концентрації золю (рис. 1).

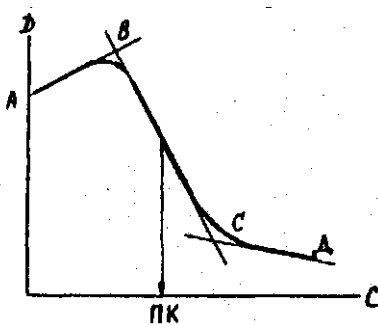


Рис. 1. Типова залежність оптичної густини центрифугатів золю від концентрації доданого електроліту.

### Теоретичні відомості

Введення в золь невеликої кількості електроліту призводить до прихованої коагуляції, при цьому частинки золю агрегують, але ці агрегати ще малі і золь зберігає седиментаційну стійкість. Цей процес супроводжується збільшенням оптичної густини (ділянка АВ на рис. 1). Збільшення вмісту електроліту у золь призводить до утворення більших агрегатів, які вже осідають у відцентрованому полі. Оптична густина центрифугату при цьому зменшується, тому що інтерміцелярна рідина звільнюється від частини агрегатів, які перейшли в осад (ділянка ВС на кривій рис. 1). Коли вміст електроліту перевищує ПК, практично вся дисперсна фаза переходить у осад, і оптична густина майже не залежить від концентрації електроліту (ділянка CD на кривій рис. 1).

Поріг коагуляції відповідає тій концентрації електроліту, при якій спостерігається різке зменшення оптичної густини центрифугатів золю. Для визначення ПК проводять дотичні до трьох ділянок кривої  $D = f(C)$ , як показано на рис. 1. Концентрація, яка відповідає середній точці між перетинами дотичних, і дає ПК.

Оптичну густина центрифугатів визначають за допомогою фотоелектроколометру будь-якого типу.



## Порядок роботи

У шість ретельно вимитих і пропарених пробірок наливають розчин електроліту, потім воду, після чого додають досліджуваний золь (за вказівкою викладача). Така послідовність злиття розчинів необхідна для того, щоб забезпечити коагуляцію золю за однаковий час з однаковим ступенем розведення. Для вивчення коагуляції золю сірчистої сурми використовують електроліти  $KCl$ ,  $BaCl_2$  і  $AlCl_3$ , для золю гідроксиду заліза –  $KCl$ ,  $K_2CrO_4$  і  $K_3[Fe(CN)_6]$ . Компоненти беруть у кількостях, наведених у табл. 1.

Таблиця 1

### Результати вимірювань коагуляції золю у присутності електроліту

№	Об'єм, мл			Оптична густина, <i>D</i>
	золя	води	розчину електроліту	
1	3,0	7,0	-	
2	3,0	6,6	0,4	
3	3,0	6,2	0,8	
4	3,0	5,8	1,2	
5	3,0	5,4	1,6	
6	3,0	5,0	2,0	

Системи для вивчення коагуляції з різними електролітами готують поступово, через 30 хв. кожен, щоб забезпечити однаковий час коагуляції золю кожним з досліджуваних електролітів, Рідину у пробірках ретельно перемішують, після чого залишають на 1 годину. Далі переливають рідину у пробірки для центрифугування і центрифугують протягом 5 хв., не враховуючи 5 хв. розгону центрифуги. Метою центрифугування є вилучення агрегатів скоагульованих частинок із дисперсійного середовища. Частинки, які не втратили своєї седиментаційної стійкості, залишаються в центрифугаті. Вимірюють оптичну густина усіх центрифугатів. Як розчин порівняння використовують дистильовану воду. Визначення оптичної густини проводять, починаючи з розчину 1, в якому концентрація електроліту найменша, використовуючи синій світлофільтр. Результати вимірювань оформлюють у вигляді табл. 1. При роботі особливу увагу треба зосередити на чистоті пробірок, у яких проводять коагуляцію, посудин і кювет, у яких вимірюється оптична густина.

Для кожної пари золь - електроліт будують залежність оптичної густини центрифугатів від концентрації доданого електроліту (С),

розраховують пороги коагуляції золю електролітами у мілімолях електроліту на літр золю, пам'ятаючи, що об'єм золю після додавання води і розчину електроліту дорівнює 10 мл. Перевіряють правило Шульце-Гарді.

Будують залежність  $\lg \text{ПК} - \lg Z$  заряду протиіону і визначають показник ступеня при заряді, що викликав коагуляцію протиіону ( $\alpha$ ) в рівнянні  $\text{ПК} = kZ^{-\alpha}$ . Порівнюють експериментальну величину  $\alpha$  з її значенням за теорією ДЛФО для випадку концентраційної коагуляції.

### Запитання і вправи для самоконтролю

1. Які електрокінетичні явища Ви знаєте? Яка причина електрокінетичних явищ?
2. Які теорії будови ПЕШ Ви знаєте? Чим вони відрізняються одна від одної? Їх переваги та недоліки.
3. Що називається загальним і електрокінетичним потенціалом? В чому полягають їх відмінності?
4. Як побудована колоїдна частинка? Поясніть на конкретному прикладі.
5. Як впливають електроліти на потенціали ПЕШ? Які специфічні явища спостерігаються при цьому?
6. У чому полягає відмінність перезарядки колоїдних частинок за допомогою індиферентних та неіндиферентних електролітів?
7. Як впливає концентрація золю, зміна температури, рН та природа дисперсійного середовища на потенціали ПЕШ?
8. Які види стійкості колоїдних систем Ви знаєте?
9. Якими факторами обумовлені різні види стійкості?

10. Які теорії коагуляції Вам відомі? Проаналізуйте потенціальну криву теорії ДЛФО.
11. Що таке коагуляція? Які фактори можуть її викликати? Що називається порогом коагуляції, коагулюючою здатністю? Сформулюйте правило Шульце–Гарді.
12. Ким розроблена теорія швидкої коагуляції? Як визначити константу швидкості швидкої коагуляції? Від чого вона залежить?
13. Які типи коагуляції Вам відомі? Коли у системі протікає концентраційна коагуляція, а коли – нейтралізаційна?
14. Що називається “звиканням” золів? Як захистити золі від дії електролітів? Що називається захисним числом?
15. Що таке сенсibiliзація?
16. Які властивості мають коагуляційні структури?
17. Перерахуйте характерні признаки тиксотропії.
18. Дайте характеристику конденсаційно-кристалізаційним структурам.
19. Дайте аналіз кривої в’язкості для структурованої системи.
20. Наведіть криві течії для різних структур і проаналізуйте їх.
21. Як управлять процесами структуроутворення?

## ЗАНЯТТЯ № 16

**Лабораторна робота № 9.** Визначення ізоелектричної точки білка

У цій роботі рН ізоелектричної точки желатину визначають із залежності світлопропускання розчинів від рН середовища. Вимірювання світлопропускання проводять на приладі ФЕК-56М. Опис приладу і порядок роботи на ньому наведені в роботі №4. Вимірювання світлопропускання здійснюють з зеленим світлофільтром у кюветах максимальної товщини.

**Порядок роботи**

Готують 1 %-вий розчин желатину в кількості 300 мл і гарячим фільтрують його через складчастий фільтр. Після охолодження до кімнатної температури у вісім пронумерованих колб ємкістю 50 мл відбирають піпеткою по 25 мл відфільтрованого розчину желатину. Потім додаванням розчину кислоти чи лугу із бюреток доводять розчини в колбах до потрібних значень рН, використовуючи при цьому дані табл.1.

Таблиця 1

**Світлопропускання розчину желатини при різних рН**

№ колби	1	2	3	4	5	6	7	8
рН	2.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	7.0	9.0
0,1 н. НСІ (мл)	2.0	1.3	0.9	0.65	0.25	-	-	-
0,1 н. NaOH (мл)	-	-	-	-	-	-	0.24	0.38
Світлопропускання, %								

У шосту колбу не додається ані кислота, ані луг. Після обережного перемішування розчинів колби встановлюють у гнізда металевої ванни і всі одночасно охолоджують проточною водою або кригою протягом 10-15 хв, після чого проводять вимірювання світлопропускання розчинів. Дані заносять у табл. 1.

Результати наводять у вигляді графіка, відкладаючи по осі абсцис рН, а по осі ординат - світлопропускання, в досить великому масштабі, у відсотках.

## Запитання і вправи для самоконтролю

1. Дайте характеристику поверхнево-активним і поверхнево-інактивним речовинам. У чому особливості їх адсорбції?
2. В чому особливості будови молекул ПАР і їх адсорбції на межі розділу рідина – газ?
3. Як залежить поверхневий натяг від концентрації адсорбтива? Рівняння Шишковського, Фрумкіна.
4. Які особливості адсорбції на твердій поверхні?
5. Які адсорбенти відносяться до пористих і непористих?
6. Як визначити пористість адсорбента? Як вона впливає на величину адсорбції?
7. Як використовуються рівняння Гіббса, Ленгмюра, і Фрейндліха при адсорбції газів на твердих тілах?
8. Дайте характеристику фізичної адсорбції.
9. Природа адсорбційних сил.
10. Які особливості хімічної адсорбції?
11. Які основні положення теорії адсорбції Поляні?
12. Що диференційна та інтегральна теплоти адсорбції?
13. Як аналітично та графічно визначити швидкість адсорбції?
14. Наведіть і проаналізуйте різні типи ізотерм адсорбції.

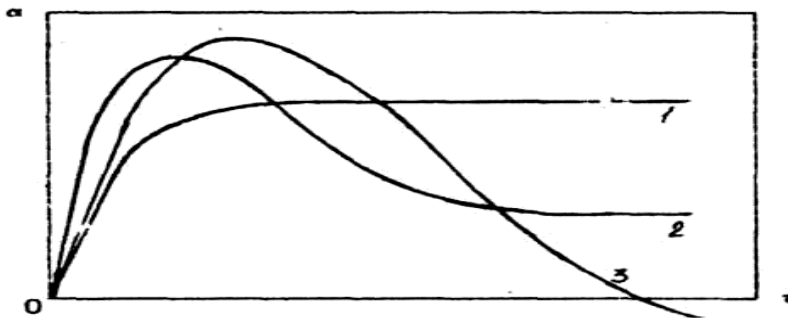
## ЗАНЯТТЯ № 17

*Лабораторна робота № 10.* Вивчення кінетики обмеженого набухання полімерів

Набухання полімерів кількісно характеризується ступенем набухання  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0},$$

де  $m_0$  - маса зразка полімеру до набухання, а  $m$  - маса набухлого



зразка.

Рис.1. Кінетичні криві набухання полімерів

Набухання відбувається не миттєво, а за деякий термін часу. Кінетичні криві набухання наведені на рис. 1.

Крива 1 відповідає так званому обмеженому набухання, коли процес закінчується на стадії дифузії розчинника у зразок полімеру. Крива 2 описує випадки обмеженого набухання, коли в розчин переходять тільки низькомолекулярні фракції набухлого зразка. Крива 3 характеризує випадки необмеженого набухання, коли відбувається повне розчинення набухлого зразка полімеру.

Швидкість обмеженого набухання описується кінетичним рівнянням першого порядку

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = k(\alpha_{\max} - \alpha),$$

де  $d\alpha / d\tau$  - швидкість набухання на час  $\tau$ ;  $\alpha$  - ступінь набухання на час  $\tau$ ;  $\alpha_{\max}$  - граничний ступінь набухання.

На графіку це рівняння зображується прямою лінією в координатах  $d\alpha / dt - \alpha$  (рис. 2), де відрізок, що відсікає пряма на осі ординат, дорівнює  $k\alpha_{\max}$ , а тангенс кута нахилу прямої -  $-k$ . При цьому відрізок, що відсікає пряма на осі абсцис, дорівнює  $\alpha_{\max}$ .

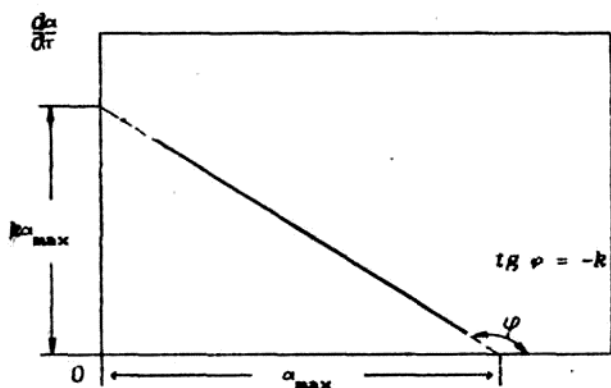


Рис. 2. Залежність швидкості набухання полімеру від ступеня набухання

У даній роботі набухання вивчають ваговим методом, за збільшенням ваги зразка полімеру. Зважування проводять на торсійних вагах.

### *Порядок роботи*

На попередньо зважену тарілочку вміщують зразок желатину і визначають його масу. У стаканчик наливають буферний розчин з визначеним викладачем рН. Занурюють тарілочку із зразком полімеру у розчин таким чином, щоб останній був повністю занурений у рідину. Одночасно з цим включають секундомір. Через визначений термін часу виймають тарілочку із зразком полімеру із розчину, за допомогою фільтрувального паперу видаляють надлишок рідини з набухлого полімеру і зважують тарілочку з набухлим зразком полімеру. Занурюють тарілочку з полімером знову в рідину і повторюють вимірювання через кожні 2 хв, поступово збільшуючи інтервали часу до 15 хв. Вимірювання продовжують 3-4 год. Вивчають набухання у трьох буферних розчинах з різними рН. Із зразками в кожному розчині працюють на окремих торсійних вагах.

Розчини з певними рН готують, користуючись даними табл.1.

## Склад буферних розчинів

рН	Об'єм розчину, мл		
	янтарної кислоти 0,5 моль/л	борної кислоти 0,5 моль/л	бури 0,5 моль/л
3,0	98,6	-	1,4
3,2	96,5	-	3,5
3,4	94,0	-	6,0
3,6	90,5	-	9,5
3,8	86,3	-	13,7
4,0	82,2	-	17,8
4,2	77,8	-	22,2
4,4	73,8	-	26,2
4,6	70,0	-	30,0
4,8	66,5	-	33,5
5,0	63,2	-	36,9
5,2	60,5	-	39,5
5,4	57,9	-	42,1
5,6	55,7	-	44,3
5,8	54,0	-	46,0
7,0	-	94,0	6,0
7,4	-	90,0	10,0
7,6	-	85,0	15,0
7,8	-	80,0	20,0
7,9	-	75,0	25,0
8,1	-	70,0	30,0
8,2	-	65,0	35,0
8,4	-	55,0	45,0
8,6	-	45,0	55,0
8,7	-	40,0	60,0
8,8	-	30,0	70,0
9,0	-	20,0	80,0
9,1	-	10,0	90,0

Результати вимірювань заносять у табл. 2 для кожного рН.

Будують залежності  $\alpha - \tau$ , за допомогою графічного диференціювання визначають не менш як 10 значень  $da/dt$  для різних  $\alpha$ , які взяті через рівні інтервали часу. Будують залежність  $da/dt$  від  $\alpha$  і



визначають  $\alpha_{\max}$  і  $k$ . Результати розрахунків оформлюють у вигляді табл. 3.

Таблиця 2

### Результати вивчення набухання желатину

Маса тарілочки із зразком желатину = _____ мг Маса тарілочки = _____ мг Маса зразка желатину $m_0$ = _____ мг					
$\tau$ , хв	Маса тарілочки з набухлим зразком желатину, мг	Маса набухлого зразка желатину, $m$ , мг	Маса поглиненої рідини $m - m_0$ , мг	$\alpha$	$d\alpha / d\tau$

Таблиця 3

### Константи набухання желатину

pH	$k$ , $\text{с}^{-1}$	$\alpha_{\max}$
pH <sub>1</sub>		
pH <sub>2</sub>		
pH <sub>3</sub>		

### Запитання і вправи для самоконтролю

1. Які дисперсні системи відносяться до аерозолів?

Класифікація аерозолів.

2. Методи одержання аерозолів.
3. В чому відмінність аерозолів від лізолів?
4. Електричні властивості аерозолів.
5. Агрегативна та седиментаційна стійкість аерозолів.

6. Назвіть джерела утворення аерозолей.
7. Які дисперсні системи відносяться до емульсій?

Класифікація емульсій.

8. Фактори стійкості емульсій.
9. Властивості емульгаторів та їх вибір.
10. Методи одержання емульсій.
11. Способи руйнування емульсій.
12. Як визначити тип емульсії?
13. Які дисперсні системи відносяться до пін?
14. Як класифікують піни за кратністю?
15. Яка структура адсорбційного шару ПАР в плівці рідини?
16. В чому проявляються кінетичний, структурномеханічний і термодинамічний фактори стійкості пін?
17. Які способи одержання пін ви знаєте?
18. Які властивості характерні для твердих пін?
19. Перерахуйте області застосування рідких і твердих пін.
20. Які системи відносяться до суспензій, паст?
21. Агрегативна та седиментаційна стійкість суспензій.
22. Які спільні властивості мають суспензії та лізолі як дисперсні системи типу т/р?
23. Практичне застосування суспензій та паст. Які дисперсні системи відносяться до порошків?
24. Як класифікуються порошки за розміром частинок?
25. Характерні властивості порошків.
26. Від чого залежить горючість та вибуховість порошків?
27. Яку роль відіграє гранулювання в технології виробництва порошків?

## ЗАНЯТТЯ № 18

### Семінар

#### Фізико-хімічні властивості розчинів ВМС

Номенклатура і класифікація ВМС. Розчини ВМС. Їх характеристика. Будова молекул ВМС і конформаційне перетворення. Механічні властивості ВМС.

Набухання ВМС. Ступінь набухання. Тиск набухання. Чинники, що впливають на набухання. Ізоелектрична точка білків та способи її визначення. Старіння гелів. Значення процесів набухання та старіння гелів.

В'язкість розчинів ВМС. Колоїдно – осмотичний тиск в розчинах ВМС.

#### Запитання і вправи для самоконтролю

1. Які сполуки відносяться до ВМС?
2. Які методи одержання ВМС вам відомі?
3. Яка структура макромолекул ВМС? Що таке конформація ланок макромолекул?
4. Як розрахувати молярну масу ВМС?
5. Особливі властивості розчинів ВМС.
6. В чому особливості обмеженого і необмеженого набухання?
7. Що таке ступінь набухання і від яких факторів залежить її значення?
8. Які стадії включає процес набухання? Дайте їх характеристику.
9. Які властивості мають білки, як амфоліти?
10. Що таке ізоелектричний стан білка?
11. Що таке денатурація білка?
12. Які властивості має зв'язана вода?

13. В чому проявляється старіння полімерів?
14. Який процес називається драгливанням?
15. Висолювання і фактори, що впливають на цей процес.
16. Яка різниця між процесами висолювання і коагуляції?
17. Яке практичне значення мають драгли в харчовому виробництві?
18. Що таке відносна, питома, приведена і характеристична в'язкості розчинів ВМС?
19. Від яких факторів залежить в'язкість розчинів ВМС?
20. Як розрахувати молярну масу ВМС по значенням в'язкості?
21. Як визначити молярну масу ВМС за осмотичним тиском розчину?
22. Які властивості твердих і рідких тіл проявляють драгли?

# ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

## Змістовий модуль 1. Хімічна термодинаміка

1. Використовуючи закон Гесса, закон Кірхгофа, теплоти згоряння, утворення та розчинення, на основі експериментальних даних та термодинамічних таблиць розраховувати теплові ефекти фізико-хімічних процесів при різних температурах для визначення реакційної здатності речовин, напрямку реакції (6 год.).

2. Використовуючи I закон термодинаміки для різних процесів, розраховувати середню та істинну теплоємності при різних температурах, постійному тиску та об'єму (4 год.).

3. Використовуючи метод термодинамічних потенціалів, рівняння Гельмгольца-Гіббса, розраховувати напрямок хімічного процесу в різних умовах (6 год.).

4. Використовуючи загальні умови рівноваги, метод термодинамічних потенціалів, рівняння ізотерми, ізобари та ізохори хімічної реакції, розраховувати константи рівноваги в різних умовах (6 год.).

5. Використовуючи результати експерименту, закон дії мас, встановлювати вплив на рівновагу реакцій різних факторів (4 год.).

6. Використовуючи таблиці термодинамічних величин, рівняння хімічних реакцій, розраховувати зміну ентальпії, ентропії, енергії Гіббса в різних фізико-хімічних процесах для визначення реакційної здатності речовин, напрямку реакції (4 год.).

7. Використовуючи загальні умови рівноваги, властивості термодинамічних потенціалів, розраховувати константи рівноваги методом комбінування (4 год.).

## Змістовий модуль 2. Розчини

8. Використовуючи правило фаз Гіббса, рівняння Клаузіуса-Клапейрона та термічний аналіз, побудувати діаграми стану, проаналізувати, проінтерпретувати їх та застосовувати для встановлення властивостей гетерогенних фізико-хімічних систем (4 год.).

9. Використовуючи теорію молекулярних розчинів, ебуліоскопію, кріоскопію, закон Рауля, на основі теоретичних та експериментальних даних розраховувати молярні маси різних речовин (2 год.).

10. Використовуючи теорію молекулярних розчинів, закони Коновалова, експериментальні дані ректифікації, побудувати діаграми стану двохкомпонентних систем «тиск пари – температура» (4 год.).

11. Використовуючи необхідне обладнання, готувати розчини речовин заданої концентрації (4 год.).

12. Використовуючи теорію розчинів, їх фізико-хімічні характеристики, вплив різних факторів на розчинність речовин, розраховувати різні концентрації розчинів, перераховувати одну концентрацію в іншу (2 год.).

13. Використовуючи теорію молекулярних розчинів, розраховувати константу розподілу третього компонента між двома нерозчиненими рідинами (2 год.).

14. Використовуючи необхідне обладнання, експериментально визначити рН розчинів (2 год.).

15. Використовуючи теорію електролітичної дисоціації, знаходити ступінь та константу дисоціації, давати оцінку сили електроліту, розраховувати рН різних розчинів електролітів, розчинність важкорозчинних речовин, констант іонізації речовин і на основі їх порівняння визначати можливість утворення і перетворення речовин при проведенні аналізу (2 год.).

16. Використовуючи теорію електролітичної дисоціації, ступінь та константу дисоціації, розраховувати рН буферних сумішей, визначати їх роль для забезпечення умов проведення аналізу (2 год.).

17. Використовуючи теорію електролітичної дисоціації, властивості відповідних солей, розраховувати константи гідролізу та рН розчинів солей (2 год.).

18. Використовуючи необхідне обладнання, експериментально визначати вплив різних факторів на рН розчинів солей (2 год.).

19. Використовуючи значення питомої електропровідності, розраховувати еквівалентну електропровідність, рухомість йонів та числа переносу, ступінь та константу дисоціації електролітів (2 год.).

### **Змістовий модуль 3. Кінетика та каталіз**

20. На основі електродної рівноваги, рівняння Нернста, класифікації електродів розрахувати потенціали електродів різних типів (8 год.).

21. На основі вимірювання електродних потенціалів, розраховувати електрорушійні сили гальванічних елементів, акумуляторів (6 год.).

22. Використовуючи закони Фарадея, вихід речовини за струмом, рівняння Тафеля, розраховувати маси речовин, що виділяються на катоді та аноді (6 год.).

23. Використовуючи закон дії мас та порядок реакції, розраховувати швидкість та константу швидкості для встановлення механізму хімічної реакції (6 год.).

24. На основі експериментальних досліджень, особливостей перебігу каталітичних реакцій, теорій каталізу класифікувати, з'ясувати механізм та можливість їх використання в промисловості (6 год.).

## **Змістовий модуль 4**

25. На основі теорії колоїдних систем враховувати можливість протікання процесів коагуляції та пептизації при проведенні аналізу (10 год.).

26. На основі особливостей колоїдних систем одержувати колоїдні розчини різними методами та вивчати їх властивості (10 год.).

27. На основі оптичних властивостей колоїдних розчинів встановлювати форму, розміри колоїдних частинок та визначати їх концентрацію (10 год.).

28. Використовуючи теорію стійкості колоїдних розчинів, кінетику коагуляції, вивчати процес коагуляції та встановлювати залежність його від різних факторів (10 год.).

## **Змістовий модуль 5**

29. На основі вивчення електричних властивостей колоїдних частинок, встановлювати їх будову з метою обґрунтування особливостей колоїдних розчинів (10 год.).

30. Використовуючи теорію мономолекулярної адсорбції Ленгмюра, рівняння Фрейндліха, рівняння полімолекулярної адсорбції, визначати основні характеристики, особливості адсорбції на межі “тверде тіло – газ” та “тверде тіло – розчин”, застосовувати для хроматографічного методу аналізу (10 год.).

31. Використовуючи рівняння Гіббса, визначати особливості поверхневої активності та адсорбції на межі “розчин – газ” (10 год.).

32. Використовуючи теорію в'язкості, особливості структури дисперсних систем, експериментальні дані, вивчати реологічні властивості з метою з'ясування природи тиксотропії, синерезису, драглеутворення у хімічних та фізіологічних процесах (10 год.).



## Змістовий модуль 6

33. На основі теорії розчинів високомолекулярних сполук вивчати особливості цих систем, визначати молярну масу з метою використання в лабораторній практиці, промисловості, біології (14 год.).

34. На основі особливостей та властивостей емульсій одержувати та руйнувати ці системи, з'ясовувати їх практичне значення в природі, промисловості, медицині, біології (14 год.).

35. На основі особливостей та властивостей грубодисперсних систем одержувати та руйнувати аерозолі, суспензії, піни, з'ясовувати їх практичне значення в промисловості, техніці, у захисту навколишнього середовища (14 год.).

## НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЕКТ (Індивідуальне навчально-дослідне завдання)

*Індивідуальне завдання студента складається з переліку умов задач. Студенту необхідно розв'язати по дві задачі з кожного модуля навчальної дисципліни.*

### ЗАДАЧІ До модулю 1

1. В повітронагрівниках у доменному процесі повітря нагрівається до  $750^{\circ}\text{C}$ . У скільки разів збільшується об'єм повітря при виході з повітронагрівника, якщо він поступає в нього з початковою температурою  $17^{\circ}\text{C}$ .

Відповідь: 3,527.

2. Визначте об'єм, що займає 2 кг вуглець (IV) оксиду при температурі  $10^{\circ}\text{C}$  і тиску  $1,5 \cdot 10^5$  Па.

Відповідь:  $713 \text{ дм}^3$ .

3. На скільки більше за масою може вміститись азоту в газгольдері об'ємом  $2000 \text{ м}^3$  зимою (при температурі  $-35^{\circ}\text{C}$ ) в порівнянні з літнім періодом (при температурі  $30^{\circ}\text{C}$ ), якщо тиск в ньому рівний  $4 \cdot 10^5$  Па?

Відповідь: 2,43 т.

4. Змішують 4 л кисню під тиском  $2 \cdot 10^5$  Па, 6 л азоту під тиском  $5 \cdot 10^5$  Па і 2 л аміаку під тиском  $3 \cdot 10^5$  Па. Об'єм суміші рівний 10 л. Які парціальні тиски газів і загальний тиск суміші?

Відповідь:  $p_{\text{O}_2} = 0,8 \cdot 10^5$ ;  $p_{\text{N}_2} = 3 \cdot 10^5$ ;  $p_{\text{NH}_3} = 0,6 \cdot 10^5$ ;  $p = 4,4 \cdot 10^5$  Па.

5. При якій температурі середня квадратична швидкість молекул кисню рівна  $400 \text{ м/с}$ ? На скільки градусів треба підвищувати температуру, щоб середня квадратична швидкість молекул кисню зросла в 2 рази?

Відповідь: 205К, 616К.

6. Обчислити тиск водню, якщо середня кінетична енергія його молекул, що містяться в 1 л при  $0^{\circ}\text{C}$ , рівна  $1,509 \cdot 10^3$  Дж.

Відповідь:  $1,01 \cdot 10^3$  Па.

7. Яка робота (Дж ) буде виконана, якщо 51 г аміаку, що займає при 27°C об'єм 25 л розширяється при сталій температурі до об'єму 75 л?

Відповідь: 8208 Дж.

8. При дії кислоти на метал виділилось 0,007 м<sup>3</sup> водню при тиску 1,013·10<sup>5</sup> Па. Визначити роботу, що виконується газом проти атмосферного тиску.

Відповідь: 709,1 Дж.

9. Визначить роботу ізотермічного (25 °С) розширення 1 моль ідеального газу при зміні тиску від 5,065·10<sup>5</sup> до 1,013·10<sup>5</sup> Па. Яка кількість теплоти при цьому поглинається?

Відповідь: 4 кДж.

10. Визначити зміну внутрішньої енергії при ізобарному (1,013·10<sup>5</sup>Па) випаровуванні 100 г води при 150°C, якщо об'ємом рідкої води знехтувати. Теплота випаровування води при 150°C рівна 2112,66 Дж/г.

Відповідь: 192 кДж.

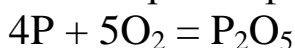
11. Визначити Q, W, ΔU випаровування 92,14 кг етилового спирту, якщо відомо, що при тиску 1,01325·10<sup>5</sup> Па і температурі кипіння теплота випаровування дорівнює 47,5 МДж·кмоль<sup>-1</sup> і питомий об'єм пари становить 607·10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup>·кг<sup>-1</sup>. Об'ємом рідини знехтувати.

Відповідь: 95 МДж; 5,67 МДж і 89,33 МДж.

12. 180,15 кг водяної пари конденсується в рідину при температурі 373 К і тиску 1,01325 Па. Теплота випаровування води дорівнює 40,905 МДж·кмоль<sup>-1</sup>. Обчислити Q, W, ΔU вважаючи пар ідеальним газом і нехтуючи об'ємом рідини.

Відповідь: -409,05 МДж; -31,01 МДж; -378,04 МДж.

13. Горіння фосфору можна виразити рівнянням:



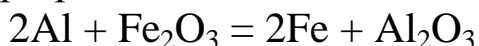
Подайте цей процес термохімічним рівнянням, якщо відомо, що при згоранні 1 г фосфору виділяється 24,7 кДж.

Відповідь: -1531 кДж.

14. Теплота згорання  $C_2H_5OH$  рівна  $-1367,7$  кДж. Знайдіть теплоту утворення етилового спирту, якщо при згоранні утворюється вуглекислий газ ( $\Delta H_{ут} = -393,511 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ ) і вода ( $\Delta H_{ут} = -285,838 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ ) в рідкому стані.

Відповідь:  $-277,8$  кДж.

15. Розрахуйте теплоту утворення оксиду  $Fe_2O_3$ , якщо відомо, що при реакції



на кожні 80 г відновлюваного заліза (III) оксиду виділяється 424,1 кДж.

Відповідь:  $-822,7$  кДж/моль.

16. Визначити теплоту розчинення солі  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , якщо теплота розчинення безводної солі при  $18^\circ C$  рівна  $-85$  кДж, а теплота гідратації цієї солі рівна  $-101,1$  кДж/моль.

Відповідь:  $16,1$  кДж/моль.

17. Теплота розчинення солі  $NH_4NO_3$  рівна  $26,8$  кДж. Визначте, як і на скільки градусів зміниться температура при розчиненні 20 г солі в 180 г води. Питома теплоємність отриманого розчину рівна  $3,77$  Дж/г.

Відповідь:  $-9^\circ C$ .

18. Генераторний газ містить(у об.%)  $CO_2 - 7,12$ ;  $CO - 21,85$ ;  $H_2 - 13,65$ ;  $CH_4 - 3,25$ ;  $O_2 - 0,9$ ;  $N_2 - 53,23$ . Визначити кількість теплоти при згорянні  $1m^3$  газу, приведенного до стандартних умов, вважаючи, що водяна пара не конденсується, а теплоти утворення  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2O$  і  $CH_4$  відповідно дорівнюють  $393,8$ ;  $110,6$ ;  $242,1$  і  $74,9$  МДж·кмоль $^{-1}$ .

Відповідь:  $4,948$  МДж·м $^{-3}$ .

19. Яку кількість тепла необхідно для ізохорного нагрівання 50 г вуглекислого газу в інтервалі температур від  $300$  до  $400^\circ C$ , якщо

$$C_v = 40,2 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

Відповідь:  $4,56$  кДж.

20. Азот (5 моль) при  $100^{\circ}\text{C}$  займав об'єм  $0,025 \text{ м}^3$ . При нагріванні газу до  $200^{\circ}\text{C}$  було витрачено  $14650 \text{ Дж}$ . Визначте  $c_p$  і кінцевий об'єм, якщо тиск газу при цьому не змінився.

Відповідь:  $29,3 \text{ Дж}$ .

21. Визначити максимальну роботу, яку можна отримати, якщо до води при  $100^{\circ}\text{C}$  підводиться  $4000 \text{ Дж}$  теплоти, а температура конденсату  $20^{\circ}\text{C}$ .

Відповідь:  $858 \text{ Дж}$ .

22. Порівняйте термодинамічну ефективність парової машини і машини, що працює на ртутній парі, якщо котел першої має температуру  $200^{\circ}\text{C}$ , другої  $460^{\circ}\text{C}$ , а холодильник кожної з цих машин має температуру  $30^{\circ}\text{C}$ .

Відповідь:  $1,6$ .

23. Розрахувати зміну ентропії при плавленні  $63,5 \text{ г}$  міді рівна  $12980 \text{ Дж/моль}$ , а температура плавлення міді  $1089^{\circ}\text{C}$ .

Відповідь:  $9,57 \text{ Дж}\cdot\text{K}^{-1}$ .

24. Знайдіть зміну ентропії в процесі оборотного ізотермічного стискання одного моля кисню від  $1,013\cdot 10^5$  до  $10,13\cdot 10^5 \text{ Па}$ .

Відповідь:  $-19,12 \text{ Дж}\cdot\text{K}^{-1}$ .

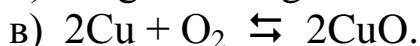
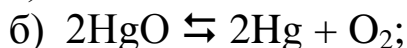
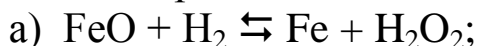
25. Обчислити зміну  $H, U, F, G, S$  при одночасному охолодженні від  $2000 \text{ К}$  до  $200 \text{ К}$  і розширенні від  $0,5 \text{ м}^3$  до  $1,35 \text{ м}^3$   $0,7 \text{ моль}$  азоту ( $c_v = 5/2 R$ ). Ентропія газу у вихідному стані рівна  $150 \text{ Дж/моль}$ , газ можна вважати ідеальним.

Відповідь:  $\Delta H = -36,65 \text{ кДж}$ ;  $\Delta U = -26,18 \text{ кДж}$ ;  $\Delta F = 249,4 \text{ кДж}$ ;  $\Delta G = 238,9 \text{ кДж}$ ;  $\Delta S = -27,71 \text{ Дж/К}$ .

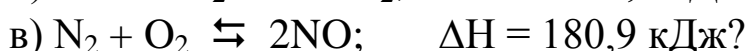
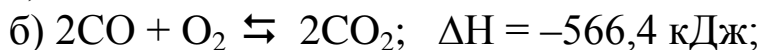
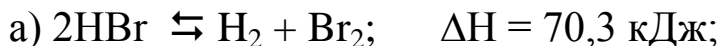
26. В якому напрямку зміщується рівновага  $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2$ ;  $\Delta H = -566,4 \text{ кДж}$  при зміні тиску і температури?

27. В яку сторону зміститься рівновага реакції  $\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2\text{CO}$ ;  $\Delta H = 172,6 \text{ кДж}$  при підвищенні температури? Що відбудеться в системі при збільшенні тиску?

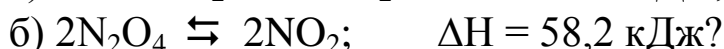
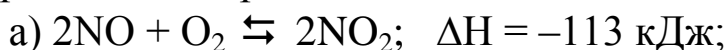
28. Виразити математично  $K_p$  для наступних реакцій, що протікають за рівняннями:



29. Як вплине підвищення тиску при незмінній температурі на рівновагу наступних систем:



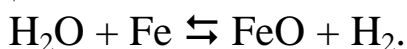
30. Яким шляхом можна підвищити вихід  $\text{NO}_2$  при реакціях, що протікають за рівняннями:



31. Константа рівноваги реакції утворення  $\text{HCl}$  при деякій температурі рівна одиниці. Визначити склад (в мольних процентах) рівноважної реакційної суміші, отриманої з 2 л водню і 3 л хлору.

Відповідь: 24%  $\text{H}_2$ ; 44%  $\text{Cl}_2$ ; 32%  $\text{HCl}$ .

32. Залізо-паровий спосіб виробництва водню заснований на реакції:



При температурі  $700^\circ\text{C}$  і тиску  $1,013 \cdot 10^5$  Па в рівноважній суміші міститься 63%  $\text{H}_2$ . Визначити  $K_p$ .

Відповідь: 1,7.

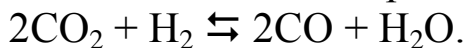
33. Обчислити  $K_p$  реакції  $\text{FeO} + \text{CO} \rightleftharpoons \text{Fe} + \text{CO}_2$  при  $1000\text{ K}$  і тиску  $1,013 \cdot 10^5$  Па, якщо рівноважна суміш газів містить 29%  $\text{CO}_2$ .

Відповідь: 0,64.

34. В закритій посудині при сталій температурі змішано 2 моль азоту і 6 моль водню. В наслідок реакції на момент настання рівноваги прореагувало 10% вихідної кількості азоту. Як зміниться в цьому випадку тиск в порівнянні з початковим?

Відповідь: зменшиться на  $\frac{1}{20}$ .

35. При нагріванні суміші вуглекислого газу і водню в закритій посудині встановлюється рівновага:



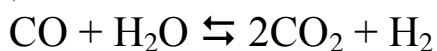
Константа рівноваги при  $850^\circ\text{C}$  рівна одиниці. Скільки процентів вуглекислого газу піддається перетворенню в вуглець (II) оксид при  $850^\circ\text{C}$ , якщо змішати 1 моль  $\text{CO}_2$  і 5 моль  $\text{H}_2$ ?

Відповідь: 83,3%.

36. Рівновага реакції  $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightleftharpoons 2\text{HBr}$  встановилось при деякій температурі за наступних рівноважних концентрацій:  $[\text{H}_2] = 0,5$  моль/л;  $[\text{Br}_2] = 0,1$  моль/л;  $[\text{HBr}] = 1,6$  моль/л. Знайдіть  $K_c$ . Визначити вихідні концентрації водню і бромоводню.

Відповідь: 51,2;  $[\text{H}_2] = 1,3$ ;  $[\text{Br}_2] = 0,9$  моль/л.

37. Обчислити максимальну роботу (хімічне споріднення) реакції



при температурі 960 К і при 1160 К, якщо константи рівноваги при цих температурах відповідно рівні  $K_{p960} = 1,78$  і  $K_{p1160} = 0,83$ . Визначте напрямки реакції.

Відповідь: 4,6 кДж; – 1,8 кДж.

38. Визначити хімічне споріднення міді до кисню при температурі  $500^\circ\text{C}$ , якщо константа рівноваги реакції при цій температурі рівна  $1 \cdot 10^{15} \text{ атм}^{-1}$ .

Відповідь: 222 кДж.

39. Обчислити константу рівноваги реакції  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$  при температурі  $227^\circ\text{C}$ , якщо максимальна робота її при цій температурі рівна 19290 Дж.

Відповідь: 103.

40. Визначити тепловий ефект реакції дисоціації природного магнезиту

$\text{MgCO}_3 \rightleftharpoons \text{MgO} + \text{CO}_2$ , якщо тиск дисоціації при  $487^\circ\text{C}$  рівний 1720 Па, а при  $537^\circ\text{C}$  рівний 2410 Па.

Відповідь: 34,4 кДж/моль.

## До модулю 2

1. В 200мл води розчинено 50 г калій броміду. Густина розчину рівна  $1,16 \text{ г/см}^3$ . Виразити концентрацію розчину: а) у відсотках; б) в мольних частках; в) через молярність; г) в моль-екв/л.

Відповідь: 20%; 0,03643; 2,101 (на 1000 г  $\text{H}_2\text{O}$ ); 1,95 моль-екв/л.

2. Сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (97,2 г) розчинена в 300 мл води. Густина отриманого розчину  $1,094 \text{ г/см}^3$ . Який склад розчину: а) у відсотках (за масою); б) у мольних відсотках; в) молярностях; г) в моль-екв. на літр розчину.

Відповідь: 9,061%; 1,664%; 0,941 (на 1000г  $\text{H}_2\text{O}$ ); 1,871 моль-екв/л.

3. Густина 1,582 моль (на 1000 г  $\text{H}_2\text{O}$ )  $\text{MgSO}_4$  рівна  $1,172 \text{ г/см}^3$ . Визначити концентрацію розчину: а) у відсотках за масою; б) у мольних частках; в) об'ємну концентрацію; г) в моль-екв/л.

Відповідь: 16%; 0,2771; 1,557 моль/л; 3,1111 моль-екв/л.

4. До 200 мл води прибавили 50 г метилового спирту і 75 г етилового. Визначити мольні частки і мольні відсотки компонентів.

Відповідь: 0,7769; 77,69%; 0,1091; 10,91%; 0,1139; 11,39%.

5. Є 7,2 моль-екв/л розчин  $\text{NaOH}$ , густина якого рівна  $1,252 \text{ г/см}^3$ . Виразити концентрацію цього розчину у масових відсотках.

Відповідь: 23,00%.

6. Обчислити молярність і молярність 47,00%-ного (за масою) водного розчину етилового спирту. Густина розчину вказаної концентрації  $0,9204 \text{ г/см}^3$ .

Відповідь: 19,3 моль/1000г  $\text{H}_2\text{O}$ ; 9,4 моль/л.

7. Є розчин сульфатної кислоти, що містить  $\text{H}_2\text{SO}_4$  577 г/л. Густина розчину  $1,335 \text{ г/см}^3$ . Обчислити: а) вміст сульфатної кислоти у вагових відсотках; б) молярність і молярність розчину; в) вміст сульфатної кислоти у молярних відсотках.

Відповідь: а) 43,2%; б) 5,88 моль/л; 7,76 моль/1000г  $\text{H}_2\text{O}$ ; в) 12,3%.



8. Амоніачно-повітряна суміш, що використовується для отримання нітрозних газів, готується змішуванням повітря і амоніаку. Визначити склад у відсотках отриманої суміші (у об'ємних відсотках), вважаючи, що повітря складається з 78% азоту, 21% кисню і 1% інертних газів і що на 1 моль амоніаку припадає 1,9 моль кисню.

Відповідь: 70,72%  $N_2$ ; 18,92%  $O_2$ ; 0,9% інертних газів; 9,91%  $NH_3$ .

9. Парціальні тиски найважливіших складових частин сухого повітря рівні: азоту 79060,164 Па, кисню 21278,25 Па і інертних газів 986,586 Па. Обчислити мольні частки і мольні відсотки компонентів.

Відповідь: 0,7803; 78,03%  $N_2$ ; 0,21; 21%  $O_2$ ; 0,0097; 0,97% інертних газів.

10. Чи однаковим буде тиск парів розчинів, що містять на 100 г води 1 г гліцерину, 1 г фруктози або 1 г бурякового цукру? Дайте умотивовану відповідь без проведення розрахунків.

11. При 303 К тиск пари етилового ефіру рівний 86379,56 Па. На скільки знизиться тиск пари при цій температурі, якщо в 300 г ефіру розчинити 2,79 г аніліну?

Відповідь: 635,28 Па.

12. Тиск пари води при 323 К рівний 12332,32 Па. Скільки грамів глюкози необхідно розчинити в 270 г води, щоб тиск пари над розчином знизився на 66,66 Па?

Відповідь: 14,6 г.

13. Обчислити тиск пари 20%-ного розчину глюкози ( $C_6H_{12}O_6$ ) при 298 К. Тиск парів води при даній температурі рівний 3167,73  $H/m^2$ .

Відповідь: 3090  $H/m^2$ .

14. Скільки грамів гліцерину ( $C_3H_8O_3$ ) потрібно розчинити в 90 г води при 303 К, щоб знизити тиск пари на 266,5  $H/m^2$ .

Відповідь: 30,84 г.

15. В якій кількості бензолу ( $C_6H_6$ ) необхідно розчинити 8,90 г антрацену ( $C_{14}H_{10}$ ), щоб при 293 К тиск пари знизити на  $379,7 \text{ Н/м}^2$ ?  
 $p(C_6H_6) = 9954 \text{ Н/м}^2$ .

Відповідь: 98,33 г.

16. Визначити кількість цукру ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), що розчинений у 270 г води, якщо тиск пари розчину при 343 К рівний  $30470 \text{ Н/м}^2$ . Тиск пари води при заданій температурі рівний  $31157,4 \text{ Н/м}^2$ .

Відповідь: 116,1 г.

17. При якій температурі замерзне розчин, якщо в 100 г його розчинено 0,022 моль мальтози. Кріоскопічна стала води 1,86.

Відповідь:  $-0,442 \text{ }^\circ\text{C}$ .

18. Розчин, що містить 7,252 г глюкози в 200 г води, замерзає при  $-0,378 \text{ }^\circ\text{C}$ . Кріоскопічна стала води 1,86. Визначити молекулярну масу глюкози і відносну похибку у відсотках у порівнянні з величиною, що знайдена у довіднику.

Відповідь: 178,4;  $\approx 1\%$ .

19. Визначити температуру замерзання розчину, що містить  $1,205 \cdot 10^{23}$  молекул неелектроліту в 1 л води. Кріоскопічна стала води 1,86.

Відповідь:  $-0,372 \text{ }^\circ\text{C}$ .

20. Температура замерзання бензолу  $5,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , а розчину, що містить у 25,04 г бензолу 0,4678 г невідомої речовини,  $4,872 \text{ }^\circ\text{C}$ . Кріоскопічна стала бензолу 5,12. Обчислити молекулярну масу невідомої речовини.

Відповідь: 152,3.

21. В 100 г ефіру розчинено 0,625 г бензойної кислоти. Обчислити підвищення температури кипіння отриманого розчину в порівнянні з чистим ефіром. Ебуліоскопічна стала ефіру рівна 2.

Відповідь:  $0,1025 \text{ }^\circ\text{C}$ .

22. Скільки грамів нафталіну розчинено в 50 г хлороформу, якщо отриманий розчин кипить при  $62,234 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Температура кипіння хлороформу  $61,2 \text{ }^\circ\text{C}$ , а ебуліоскопічна стала його 3,76.

Відповідь: 1,76.

23. Скільки грамів глюкози необхідно розчинити в 100 г води, щоб підвищення температури кипіння було рівне  $1^{\circ}\text{C}$ ? Вважати, що в цьому випадку можна застосувати закон Рауля. Ебуліоскопічна стала води 0,512.

Відповідь: 35,16 г.

24. Осмотичний тиск розчину гліцерину при 273 К рівний 133322,37 Па. Знайти осмотичний тиск цього розчину при 291 К.

Відповідь: 142121,64 Па.

25. При 290 К осмотичний тиск розчину сечовини рівний 119990,13 Па. Яким буде осмотичний тиск, якщо розчин розбавити в 3 рази, а температуру підвищити до 303 К?

Відповідь: 41783,23 Па.

26. Яка молярність розчину сечовини, якщо при 290 К осмотичний тиск його рівний 8665,95 Па?

Відповідь: 0,036 моль/л.

27. Скільки грамів бурякового цукру повинно міститись в 1 л розчину, щоб він був ізотонічним розчину, що містить в 300 мл 3,064 г гліцерину, при тій же температурі?

Відповідь: 37,96 г.

28. При 293 К осмотичний тиск розчину, що містить в 1 л 71,19 г невідомої речовини, рівний 513291,12 Па. Обчислити молекулярну масу невідомої речовини.

Відповідь: 338.

29. Температура замерзання водного розчину глюкози рівна  $-0,184^{\circ}\text{C}$ . Обчислити осмотичний тиск розчину при  $0^{\circ}\text{C}$ . Кріоскопічна стала води 1,86.

Відповідь: 224514,87 Па.

30. В 0,036 л води при 303 К і тиску 101325 Па розчиняється 0,0814 л сірководню. Обчислити коефіцієнт розчинності і коефіцієнт абсорбції.

Відповідь: 2,26; 2,04.

31. Коефіцієнт розчинності хлору у воді при 283 К рівний 3,26. Обчислити, скільки грамів хлору розчиняється в 15 л води при 283 К і тиску 405300 Па.

Відповідь: 598 г.

32. Визначити склад повітря, що розчиняється у воді при 273 К, у об'ємних відсотках, якщо атмосферне повітря складається із наступних найважливіших частин (в об'ємних відсотках): азоту – 78,04%, кисню – 21%, аргону – 0,93%, вуглекислого газу – 0,03%. Вода, в якій розчиняється повітря, знаходиться у відкритому посуді; початковий і рівноважний тиски однакові і рівні 101325 Па. Коефіцієнти розчинності при 273 К рівні: азоту – 0,024, кисню – 0,049, аргону – 0,058, вуглекислого газу – 1,71.

Відповідь: 62,3% N<sub>2</sub>; 22% O<sub>2</sub>; 1,794% Ar; 1,706% CO<sub>2</sub>.

33. Тиск пари розчину, що містить 0,0529 кг Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в 0,1 кг води, при 293 К дорівнює 2000 Па, а тиск пари над водою при цій же температурі – 2338 Па. Обчислити уявний ступінь дисоціації натрій сульфату.

Відповідь: 0,76.

34. Тиск пари розчину, що містить 11,05 г CaCl<sub>2</sub> в 0,5 кг води при 293 К дорівнює 2319,8 Па, а тиск пари води при цій самій температурі – 2338,5 Па. Обчислити уявну молекулярну масу і позірний ступінь дисоціації кальцій хлориду.

Відповідь: 49,4; 62,34%.

35. Осмотичний тиск 0,05 М розчину електроліту дорівнює 272500 Па при 273 К. Позірний ступінь дисоціації електроліту становить 70%. На скільки йонів дисоціює молекула електроліту?

Відповідь: 3.

36. Розчин нікель(II) сульфату і молібден(IV) броміду мають однакові молярні концентрації. Який із цих розчинів матиме більший осмотичний тиск, якщо ступені дисоціації обох солей однакові? Відповідь мотивуйте.

37. Константа дисоціації мурашиної кислоти при 298 К дорівнює  $4,7 \cdot 10^{-4}$ . Обчислити концентрацію  $\text{НСООН}$ , при якій ступінь її дисоціації становитиме 4,5%, і молярну концентрацію  $\text{H}^+$ -іонів в цьому розчині.

Відповідь: 2,22 моль/л; 0,1 моль/л.

38. Обчислити концентрацію  $\text{ОН}^-$ -іонів і ступінь дисоціації основи, що містить 93,13 г аніліну в  $0,1 \text{ м}^3$  розчину. Константа дисоціації  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$  дорівнює  $4,2 \cdot 10^{-10}$ .

Відповідь:  $2,05 \cdot 10^{-6}$  моль/л;  $2,05 \cdot 10^{-4}$ .

39. Обчислити активність цинк сульфату і активність йонів  $\text{Zn}^{2+}$  і  $\text{SO}_4^{2-}$ , якщо  $\gamma_{\pm} = 0,148$ ,  $c = 0,1$  моль/л,  $T = 298\text{К}$ .

Відповідь:  $2,19 \cdot 10^{-4}$ ;  $1,48 \cdot 10^{-2}$ .

40. Обчислити йонну силу розчинів, що містять на 1 кг води: а) 0,1 моль  $\text{HCl}$ ; б) 0,001 моль  $\text{CaCl}_2$ ; в) 0,01 моль  $\text{Ti}_2\text{SO}_4 + 0,1$  моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; г) 0,1 моль  $\text{KCl} + 0,1$  моль  $\text{HCl}$ ; д) 0,01 моль  $\text{CaCl}_2 + 0,01$  моль  $\text{HCl}$ ; е) 0,01 моль  $\text{CaCl}_2 + 0,1$  моль  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Відповідь: а) 0,1; б) 0,03; в) 0,33; г) 0,2; д) 0,04; е) 0,33.

41. Обчислити рН розчинів електролітів, вважаючи їх повністю дисоційованими: 0,00015 М  $\text{HClO}_4$ ; 0,0004 М  $\text{HCl}$ ; 0,0005 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 0,00075 М  $\text{KOH}$ ; 0,00006 моль-екв/л  $\text{Ca(OH)}_2$ ; 0,000004 М  $\text{Ba(OH)}_2$ .

Відповідь: 3,82; 3,4; 3,3; 10,86; 9,78; 8,9.

42. Розчинність барій гідроксиду при 273 К дорівнює  $1,65 \cdot 10^{-3}$  кг на 0,1 кг води. Вважаючи, що густина розчину дорівнює  $1 \text{ кг/дм}^3$ , а дисоціація повна, визначити рН цього розчину.

Відповідь: 12,98.

43. Константа дисоціації амоній гідроксиду при 298 К дорівнює  $1,77 \cdot 10^{-5}$ . Обчислити концентрацію йонів  $\text{ОН}^-$  і  $\text{H}^+$  і рН 0,1 М  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

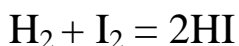
Відповідь:  $1,33 \cdot 10^{-3}$  моль/л;  $0,75 \cdot 10^{-11}$  моль/л; 11,12.

44. Скільки кг твердого натрію ацетату необхідно розчинити в  $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$  0,04 М розчину оцтової кислоти, щоб рН утвореного розчину становив 5,43? Константа дисоціації оцтової кислоти дорівнює  $1,7 \cdot 10^{-5}$ .

Відповідь:  $7,5 \cdot 10^{-6}$  кг.

### До модулю 3

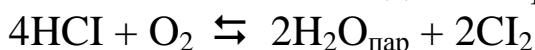
1. Реакція йде за рівнянням:



При 508 °С константа швидкості цієї реакції рівна 0,16 л·моль<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup>. Обчислити початкову швидкість реакції, якщо вихідні концентрації реагуючих речовин були: [H<sub>2</sub>] = 0,04 моль/л; [I<sub>2</sub>] = 0,05 моль/л. Якою буде швидкість цієї реакції, коли [H<sub>2</sub>] знизиться до 0,03 моль/л?

Відповідь: 3,2·10<sup>-4</sup> і 1,92·10<sup>-4</sup> моль·л<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup>.

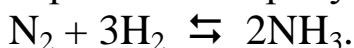
2. Як зміниться швидкість прямої і зворотної реакції



при збільшенні тиску в два рази і незмінній температурі?

Відповідь: швидкість прямої реакції збільшиться в 32 рази, а зворотної – в 16 раз.

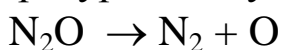
3. В закритій посудині знаходиться суміш газів, що складається з одного моль азоту і трьох моль водню. Реакція між газами протікає при нагріванні і в присутності каталізатора за рівнянням



В скільки разів зменшиться швидкість прямої реакції після того як прореагує 0,65 моль азоту?

Відповідь: В 22,2 раз.

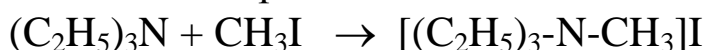
4. Розклад нітроген (I) оксиду на поверхні золота при високих температурах відбувається за рівнянням



Константа швидкості даної реакції рівна 0,0005 при 900 °С. Початкова концентрація нітроген (I) оксиду 3,2 моль/л. Визначити швидкість реакції при вказаній температурі в початковий момент і коли відбудеться розклад 78% нітроген оксиду.

Відповідь: 5,4; 0,0844.

5. Швидкість реакції



в нітробензолі визначалась при 298 К, при цьому знайдено, що

t, с	1200	1800	2400	3600	4500	5400
x, моль·л <sup>-1</sup>	0,00876	0,01066	0,01208	0,01392	0,01476	0,01538

Тут  $x$  – кількість триетиламіну або йодистого метилу, що прореагували за час  $t$ . Початкові концентрації аміну і йодистого алкілу дорівнюють 0,0198 моль/л. Розглядувана реакція – другого порядку. Визначити константу швидкості.

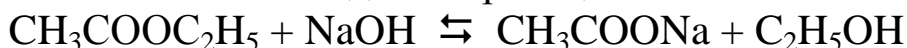
Відповідь:  $0,0329 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ .

6. Бімолекулярна реакція, для якої  $c(A) = c(B)$ , відбувається за 10 хв на 25%.

Скільки часу необхідно, щоб реакція відбулася на 50% при тій самій температурі?

Відповідь: 30,3 хв.

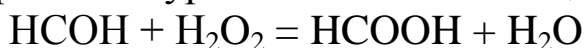
7. Константа швидкості реакції



дорівнює  $5,4 \text{ кмоль}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{м}^3$ . Скільки процентів ефіру прореагує за 10 хв, якщо вихідні концентрації луку і ефіру однакові і дорівнюють  $0,02 \text{ кмоль/м}^3$ ?

Відповідь: 52%.

8. Мурашиний альдегід реагує з гідроген-пероксидом з утворенням мурашиної кислоти і води. Реакція



є двомолекулярною. При змішуванні рівних об'ємів одномолярних розчинів гідроген-пероксиду і мурашиного альдегіду через 2 години при  $60^\circ\text{C}$  концентрація мурашиної кислоти стає рівною  $0,215 \text{ моль/л}$ . Обчислити константу швидкості реакції і визначити, через який час прореагує половинна кількість вихідних речовин.

Відповідь:  $k = 0,7544 \text{ год}^{-1}$ ; 2 год 39,1 хв.

9. При взаємодії бромю і етилового спирту добуто такі дані:

$t$ , хв.	0	4
$c_1$ , моль	0,00814	0,00610
$c_2$ , моль	0,00424	0,00314

Визначити порядок реакції.

Відповідь: перший порядок.

10. Для визначення розкладу щавлевої кислоти в концентрованій сульфатній кислоті при  $323 \text{ K}$  готували розчин  $1/40 \text{ M}$  щавлевої кислоти в 99,5%-ній сульфатній кислоті. Через певні проміжки часу  $t$  з суміші відбирали проби і визначали об'єм розчину перманганату

калію V, що необхідний для титрування аліквоти в 10 мл.

Одержані такі дані:

t, хв.	0	120	240	420	600	900	1440
V, мл	11,45	9,63	8,11	6,22	4,79	2,97	1,44

Визначити порядок реакції відносно шавлевої кислоти і константу швидкості.

Відповідь: перший порядок,  $0,00145 \text{ хв}^{-1}$ .

11. У скільки разів збільшиться швидкість реакції при підвищенні температури від 283 К до 403 К, якщо температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює 2,5?

Відповідь: 59604,6 раз.

12. При якій температурі певна реакція закінчиться за 1,5 хв, якщо при 356 К вона закінчується за 25 хв? Температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює 2,8.

Відповідь: 380,3 К.

13. Швидкість реакції при охолодженні від 363 до 293 К зменшилась у 8 разів. Визначити температурний коефіцієнт швидкості цієї реакції.

Відповідь: 1,35.

14. У скільки разів збільшиться швидкість реакції при підвищенні температури від 298 до 373 К, якщо енергія активації дорівнює 125,6 кДж/моль.

Відповідь: 26723 рази.

15. В присутності  $\text{CN}^-$ -іонів бензальдегід перетворюється в бензоїл. Визначити енергію активації цього перетворення, якщо відомі такі дані:

T, К	313,2	323,1	333,2
K, $\text{хв}^{-1}$	0,026	0,048	0,089

Відповідь: 57822,88 Дж/моль.

16. Для реакції розкладу парів оцтового альдегіду константа швидкості при температурі 460 °С рівна 0,035, а при 518 °С – 0,343 (концентрація виражена в моль/л, а час – в с). Визначити енергію активації даної реакції і константу швидкості її при 486 °С.



Відповідь: 189800 Дж/моль; 0,1002 хв<sup>-1</sup>.

17. Сіль діазонію у водному розчині розкладається за рівнянням  
 $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{N}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH} + \text{N}_2 + \text{HCl}$

Процес розкладу протікає як реакція першого порядку. Константи швидкості реакції при 24,7 і 30 °С відповідно рівні  $9 \cdot 10^{-3}$  і  $13 \cdot 10^{-3}$  хв<sup>-1</sup>. Обчислити константу швидкості цієї реакції при 35 °С і час, протягом якого при цій температурі розкладається 99,9% солі діазонію.

Відповідь:  $K = 16,37 \cdot 10^{-3}$  хв<sup>-1</sup>; 422,1 хв.

18. Запишіть рівняння реакцій, що протікають на електродах і в колі в цілому, для наступних гальванічних елементів:

а)  $\text{Mg} | \text{MgSO}_4 || \text{NiSO}_4 | \text{Ni}$ ;

б)  $\text{Zn} | \text{ZnCl}_2 || \text{KCl}_{(\text{нас})}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2 | \text{Hg}$ ;

в)  $\text{Cd} | \text{CdSO}_4, \text{Hg}_2\text{SO}_4 | \text{Hg}$ .

19. В якому напрямку будуть переміщуватись електрони в зовнішньому колі наступних гальванічних елементів:

а)  $\text{Mg} | \text{Mg}^{2+} || \text{Pb}^{2+} | \text{Pb}$ ;

б)  $\text{Pb} | \text{Pb}^{2+} || \text{Cu}^{2+} | \text{Cu}$ ;

в)  $\text{Cu} | \text{Cu}^{2+} || \text{Ag}^+ | \text{Ag}$ ,

якщо всі розчини електролітів одномолярні? Який метал буде розчинятись у кожному із цих випадків?

20. Гальванічний елемент складається з срібного електроду, зануреного в 1М розчин  $\text{AgNO}_3$ , і стандартного водневого електроду. Написати рівняння електродних процесів і сумарної реакції, що протікає при роботі елемента. Чому рівна його ЕРС?

Відповідь: 0,80 В.

21. ЕРС гальванічного елемента, що складається із стандартного водневого електроду і свинцевого електроду, зануреного в 1М розчин солі цього металу, рівна 126 мВ. При замиканні елемента електрони в зовнішньому колі переміщуються від свинцевого до водневого електроду. Скласти схему. Які процеси протікають на електродах?

22. Розрахувати електродні потенціали магнію в розчині його солі з концентраціями йону  $\text{Mg}^{2+}$  0,1; 0,01 та 0,001 моль/л.

Відповідь: -2,39 В; -2,42 В; -2,45 В.

23. ЕРС елемента  $\text{Hg} | \text{Hg}_2\text{Cl}_{2(\text{т})}, \text{KCl} (0,1\text{M}) || \text{AgNO}_3 | \text{Ag}$  дорівнює 0,236 В при 298 К. Написати рівняння реакції, що протікає при роботі елемента, і визначити потенціал срібного електрода, якщо потенціал каломельного електрода при 298 К дорівнює 0,334 В.

Відповідь: 0,570 В.

24. При 298 К потенціал золотого електрода  $\text{Au}^{3+}/\text{Au}$  ( $a = x$ ) дорівнює 1,4585 В. Визначити активність іонів золота, якщо стандартний потенціал золота дорівнює 1,498 В.

25. Якою повинна бути концентрація іонів міді в розчині, щоб електродний потенціал міді при 25 °С був рівний нулю? Стандартний електродний потенціал  $\varepsilon^0 (\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34$  В.

Відповідь:  $3,802 \cdot 10^{-12}$  моль-іон/л.

26. ЕРС елемента, що складений з насиченого каломельного електрода і водневого електрода, в досліджуваному розчині при 298 К дорівнює 0,915 В. Обчислити рН розчину, концентрацію іонів водню і гідроксид-іонів. Потенціал насиченого каломельного електрода дорівнює 0,2438 В.

Відповідь: 11,37;  $4,27 \cdot 10^{-12}$  моль/л;  $2,344 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

27. Обчислити ЕРС при 298 К для таких елементів:

$\text{Cu} | \text{Cu}^{2+} (a = 0,001) || \text{Cu}^{2+} (a = 0,1) | \text{Cu}$

$\text{Cu} | \text{Cu}^{2+} (a = 0,01) || \text{Cu}^{2+} (a = 0,1) | \text{Cu}$

$\text{Cu} | \text{Cu}^{2+} (a = 0,0001) || \text{Cu}^{2+} (a = 0,1) | \text{Cu}$

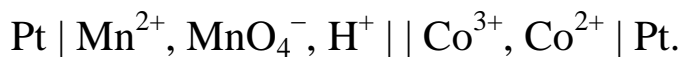
Написати рівняння реакцій, що протікають на позитивному і негативному електродах. Стандартний електродний потенціал  $\varepsilon^0 (\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34\text{В}$ .

Відповідь: 0,0592 В; 0,0298 В; 0,0888 В.

28. Які процеси відбуваються на електродах гальванічного елемента  $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+} (c_1) || \text{Zn}^{2+} (c_2) | \text{Zn}$ ? В якому напрямку переміщуються електрони в зовнішньому колі?

29. ЕРС елемента, що складається з мідного і свинцевого електродів, занурених в 1М розчини солей цих металів, рівна 0,47 В. Чи зміниться ЕРС, якщо взяти 0,001М розчини? Відповідь обґрунтуйте.

30. Написати рівняння хімічної реакції (вказавши її напрямок), що протікає в гальванічному елементі в стандартних умовах при 298К:



31. Для елемента Даніеля при 298 К було знайдено, що ЕРС елемента дорівнює 1,09337 В і  $dE/dT = 0,000429$  В/К. Визначити зміну ентальпії реакції, що протікає в елементі.

Відповідь: 186,35 кДж/моль.

32. Обчислити ізобарний потенціал, теплоту утворення і ентропію  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  ( $T = 298$  К,  $p = 1$  атм.), побудувавши такий гальванічний ланцюг:



якщо відомо, що  $E = 0,0455$  В,  $dE/dT = 3,38 \cdot 10^{-4}$  В/К при 298 К,  $\Delta G^0$  ( $\text{AgCl}$ ) =  $-109348,8$  Дж/моль,  $\Delta H^0$  ( $\text{AgCl}$ ) =  $126654$  Дж/моль,  $\Delta S^0$  ( $\text{AgCl}$ ) =  $96,0146$  Дж/К;  $\Delta S^0_{(\text{реак})} = 32,604$  Дж/К;  $S^0$  ( $\text{Hg}$ ) =  $76,076$  Дж/моль·К;  $S^0$  ( $\text{Ag}$ ) =  $42,636$  Дж/моль·К.

Відповідь:  $\Delta G^0 = -209919,6$  Дж/моль;  $\Delta H^0 = -263967$  Дж/моль;  $\Delta S^0 = 194,955$  Дж/моль·К.

33. Реакція відновлення трьохвалентного заліза двоховалентним оловом  $2\text{FeCl}_3 + \text{SnCl}_2 \rightleftharpoons 2\text{FeCl}_2 + \text{SnCl}_4$  при  $T = 298$  К протікає в гальванічному елементі:



Визначити  $\Delta G^0$  і константу рівноваги реакції.

Відповідь: 119274 Дж;  $1 \cdot 10^{23}$ .

#### До модулю 4

1. Схематично зобразити будову міцели срібла йодиду з додатним і з від'ємним зарядами та зазначити умови, від яких залежить знак заряду міцели.

2. Написати формули золів  $\text{AgI}$ , стабілізованого  $\text{AgNO}_3$  і  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , стабілізованого  $\text{FeCl}_3$ . Як заряджені частинки цих золів?

3. Золь залізо(III) гідроксиду добуто в результаті додавання до  $8,5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup> киплячої дистильованої води  $1,5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup> 2%-го розчину  $\text{FeCl}_3$ . При цьому залізо(III) хлорид частково гідролізує:



Написати формулу міцели золю  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , враховуючи, що при утворенні часточок залізо (III) гідроксиду в розчині присутні йони  $\text{FeO}^+$ ;  $\text{H}^+$ ;  $\text{Cl}^-$ .

4. Золь срібло броміду добуто змішуванням однакових об'ємів 0,008 М розчину калій броміду і 0,0096 М розчину срібло нітрату. Визначити знак заряду частинок золю і написати формулу міцели золю.

Відповідь: позитивний;  $[(\text{AgBr})_m \cdot n\text{Ag}^+(n-x)\text{NO}_3^-]^{x+} \cdot x\text{NO}_3^-$ .

5. Який об'єм 0,029%-го  $\text{NaCl}$  і 0,001 М  $\text{AgNO}_3$  слід змішати, щоб добути незаряджені частинки золю срібло хлориду? Густину розчину натрій хлориду вважати такою, що дорівнює  $1 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

Відповідь:  $4,96 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup> 0,001 М  $\text{AgNO}_3$  і  $10^{-6}$  м<sup>3</sup> 0,029%  $\text{NaCl}$ .

6. Золь барій сульфату добуто змішуванням однакових об'ємів розчинів барій нітрату і сульфатної кислоти. Написати формулу міцели золю. Чи однакові вихідні концентрації електролітів, якщо в електричному полі гранула переміщується до аноду?

Відповідь:  $[(\text{BaSO}_4)_m \cdot n\text{SO}_4^{2-}(n-2x)\text{H}^+]^{2x-} \cdot 2x\text{H}^+$ ; в надлишку сульфатна кислота.

7. При розгляді золота(III) гідрозолю під ультрамікроскопом у видимому об'ємі  $12 \cdot 10^{-19}$  м<sup>3</sup> нараховано 5 частинок. Вважаючи частинки сферичними, обчислити їх середній радіус. Концентрація золю становить  $30 \cdot 10^{-2}$  кг/м<sup>3</sup> густина –  $19,3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

Відповідь:  $9,644 \cdot 10^{-9}$  м.

8. Знайти середнє зміщення частинок диму амоній хлориду з радіусом  $10^{-6}$  м при 273 К за 5 с. В'язкість повітря вважати такою, що дорівнює  $1,7 \cdot 10^{-5}$  Па·с. Чи зміниться зміщення, якщо радіус частинок диму зменшиться до  $10^{-7}$  м?

Відповідь:  $4,85 \cdot 10^{-6}$  м; 3,16.

9. Використовуючи рівняння Релея, порівняти інтенсивності світлорозсіювання двох емульсій з однаковими радіусами частинок і концентраціями: бензол у воді (показник заломлення дорівнює 1,50) і н-пентан у воді (показник заломлення 1,36). Показник заломлення води становить 1,33.

Відповідь:  $I_1/I_2 = 30,85$ .

10. Обчислити коефіцієнт дифузії золю миш'як(III) сульфіді з радіусом часточок  $20 \cdot 10^{-9}$  м, якщо в'язкість середовища становить  $1,8 \cdot 10^{-3}$  Па·с, а температура 288 К.

Відповідь:  $5,86 \cdot 10^{-12}$  м<sup>2</sup>/с.

11. Осмотичний тиск гідрозолі золота (форма часточок сферична) з концентрацією 2 г/л при 293 К рівний 3,74 Па. Розрахувати коефіцієнт дифузії частинок гідрозолі при тих же умовах, якщо густина золота – 19,3 г/см<sup>3</sup>, а в'язкість дисперсного середовища –  $1 \cdot 10^{-3}$  Па·с.

Відповідь:  $7,17 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/с.

12. Визначити висоту, на якій після встановлення дифузійно-седиментаційної рівноваги концентрація частинок гідрозолі SiO<sub>2</sub> зменшиться вдвоє. Часточки золю сферичні, дисперсність частинок: а) 0,2 нм<sup>-1</sup>; б) 0,1 нм<sup>-1</sup>; в) 0,01 нм<sup>-1</sup>. Густина SiO<sub>2</sub> – 2,7 г/см<sup>3</sup>, густина води – 1 г/см<sup>3</sup>, температура 298 К.

Відповідь: 2,61 м; 32,6 см; 0,326 мм.

13. У три колби налито по  $5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup> золю залізо(III) гідроксиду. Щоб викликати коагуляцію золю, треба додати: в першу колбу –  $5,3 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup> 1 М розчину калій хлориду; в другу –  $3,15 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup> 0,01 н розчину натрій сульфату; в третю –  $1,87 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup> 0,001 н розчину натрій фосфату. Обчислити поріг коагуляції кожного електроліту і визначити знак заряду частинок золю.

Відповідь:  $9,58 \cdot 10^{-2}$ ;  $3,865 \cdot 10^{-3}$ ;  $2,72 \cdot 10^{-4}$  моль/м<sup>3</sup>.

14. Під дією електричного струму напругою 180 В золь за 1200 с перемістився на 0,036 м. Відстань між електродами становить 0,3 м. В'язкість води – 0,001 Па·с, а діелектрична стала середовища – 81. Обчислити електрокінетичний потенціал золю.

Відповідь: 0,0696 В.

15. Обчислити градієнт потенціалу, якщо електрокінетичний потенціал частинок золю залізо(III) гідроксиду дорівнює 0,0525 В, а електрофоретична швидкість часточок –  $3,74 \cdot 10^{-6}$  м/с. В'язкість середовища становить 0,001 Па·с, а діелектрична стала – 81. Частинки вважати циліндричними.

Відповідь: 99,4 В/м.

16. В скільки разів зменшиться сумарне число частинок  $\sum v$  диму мартенівських печей через 1, 10, 100 с після початку коагуляції? Середній радіус частинок 20 нм, концентрація  $1 \cdot 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup>, густина частинок 2,2 г/см<sup>3</sup>. Константа швидкої коагуляції, за Смолуховським, дорівнює  $3 \cdot 10^{-16}$  м<sup>3</sup>/с.

Відповідь: В 5 і 409 разів.

17. Розрахувати число первинних частинок гідрозолу золота при коагуляції електролітом на момент часу  $\tau = 150$  с, якщо початкове число частинок в 1 м<sup>3</sup> було  $v_0 = 1,93 \cdot 10^{14}$ , а константа швидкості швидкої коагуляції дорівнює  $0,2 \cdot 10^{-17}$  м<sup>3</sup>/с.

Відповідь:  $1,7 \cdot 10^{14}$  част/м<sup>3</sup>.

18. Написати формулу золя золота, стабілізованого KAuO<sub>2</sub>. У якого з електролітів: NaCl, BaCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub> поріг коагуляції матиме менше значення?

Відповідь:  $[(Au)_m \cdot nAuO^-(n-x)K^+]^{x+} xK^+$ ; FeCl<sub>3</sub>.

19. Скільки розчину Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, концентрація якого 0,01 кмоль/м<sup>3</sup>, потрібно для коагуляції  $1 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup> золю As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>? Поріг коагуляції становить  $96 \cdot 10^{-6}$  кмоль/м<sup>3</sup>.

Відповідь:  $96 \cdot 10^{-7}$  м<sup>3</sup>.

20. Золь срібло хлориду добуто змішуванням однакових об'ємів 0,0095 М розчину калій хлориду і 0,012 М розчину срібло нітрату. Який з електролітів: K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>], K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] чи MgSO<sub>4</sub> матиме більший поріг коагуляції для цього золю?

Відповідь: MgSO<sub>4</sub>.

21. Написати рівняння реакцій, що відбуваються при добуванні золю залізо(III) гідроксиду методом гідролізу, та формулу міцели золю.

22. Характеристична в'язкість розчину зразка синтетичного каучуку СКУ-3 в толуолі при 293 К дорівнює  $4,62 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/моль. Розрахувати середню молярну масу цього каучуку в умовах дослідження. Стала K і  $\alpha$ , відповідно дорівнюють  $5,14 \cdot 10^{-5}$  моль/м<sup>3</sup> і 0,67.

Відповідь: 824,0 кг/моль.

23. Для позитивно заряджених частинок золю  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  коагулюючими йонами є аніони. Пороги коагуляції солей з однозарядними аніонами близькі між собою і становлять у середньому  $10,69 \cdot 10^{-3}$  кмоль/м<sup>3</sup>. Солі з двохзарядними аніонами мають також близькі між собою пороги коагуляції –  $2 \cdot 10^{-4}$  кмоль/м<sup>3</sup> золю. У скільки разів коагулююча здатність двохзарядних аніонів більша, ніж однозарядних?

Відповідь: 53,45 раз.

24. З якою швидкістю осідатимуть краплини водяного туману з радіусами частинок  $10^{-4}$  м?  $10^{-6}$  м? В'язкість повітря становить  $1,8 \cdot 10^{-5}$  Па·с. Густиною повітря знехтувати.

Відповідь: 1,21;  $1,21 \cdot 10^{-4}$  м/с.

25. Коагуляція негативно зарядженого золю миш'як(III) сульфіді викликається катіонами. Пороги коагуляції для електролітів  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$  відповідно дорівнюють: 50; 0,72; 0,093 ммоль на 1 л золю. Як відносяться між собою коагулюючі здатності катіонів з різною величиною заряду?

Відповідь: 1:69,45:537,6.

26. Зразок вулканізованого каучуку об'ємом  $11,2 \text{ см}^3$  за 5 год витримування в тетрахлорметані збільшився до  $51,3 \text{ см}^3$ . Розрахувати ступінь набухання цього матеріалу. До якого типу відноситься це набухання, якщо при подальшому витримуванні зразка його об'єм не змінюється?

Відповідь: 3,58.

27. Визначити в'язкість машинного масла, якщо через капіляр довжиною 6 см і діаметром 1 мм воно протікає із швидкістю  $2,043 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3/\text{с}$  під тиском в 100 Па.

Відповідь:  $2 \cdot 10^{-2}$  Па·с.

28. В'язкість гліцерину при 298 К дорівнює 0,954 Па·с. Розрахувати, за який час через капіляр, радіусом  $1 \cdot 10^{-3}$  м і довжиною 0,1 м протече  $16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  гліцерину при різниці тисків  $0,05$ - $1,013 \cdot 10^5$  Па.

Відповідь: 768 с.

29. Визначити діаметр перетину капілярного віскозиметра довжиною 5 см, якщо 3 мл ньютонівської рідини з в'язкістю  $1 \cdot 10^{-3}$  Па·с протікають через нього під тиском в  $100 \text{ Н/м}^2$  за 61 с.

Відповідь:  $1 \cdot 10^{-3}$  м.

### До модулю 5

1. Визначити поверхневу активність  $\left(\frac{d\sigma}{dc}\right)$  вказаних нижче кислот, якщо поверхневий натяг їх 0,12 М розчинів має такі значення, Н/м : мурашина –  $72,6 \cdot 10^{-3}$ ; оцтова –  $70,8 \cdot 10^{-3}$ ; пропіонова –  $66,2 \cdot 10^{-3}$ ; масляна –  $56,0 \cdot 10^{-3}$ ; ізовалеріанова –  $44,7 \cdot 10^{-3}$ . Поверхневий натяг води дорівнює  $73 \cdot 10^{-3}$  Н/м.

Відповідь:  $3,33 \cdot 10^{-3}$ ;  $18,33 \cdot 10^{-3}$ ;  $56,7 \cdot 10^{-3}$ ;  $141,7 \cdot 10^{-3}$ ;  $235,8 \cdot 10^{-3}$ .

2. Побудувати ізотерму адсорбції карбон(IV)оксиду активованим вугіллям при 231 К і визначити константи емпіричного рівняння Фрейндліха, використовуючи такі експериментальні дані:

Рівноважні

тиски, Па.	10,0	44,8	100,0	144,0	250,0	452
------------	------	------	-------	-------	-------	-----

Величина

адсорбції Г,	0,734	1,51	2,186	2,664	3,295	4,023
--------------	-------	------	-------	-------	-------	-------

моль/кг.

3.  $25 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  0,198 моль/л  $\text{CH}_3\text{COOH}$  збовтували з  $3 \cdot 10^{-3}$  кг вугілля. Після досягнення рівноваги на титрування  $5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  розчину  $\text{CH}_3\text{COOH}$  пішло  $11 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  0,05 моль/л NaOH. Визначити величину адсорбції.

Відповідь: 0,733 моль/кг.

4. За константами рівняння Ленгмюра  $\Gamma_{\infty} = 182 \cdot 10^{-3}$  л/кг і  $b = 1 \cdot 10^{-3}$ . Обчислити адсорбцію і побудувати ізотерму адсорбції вуглець(IV) оксиду активованим вугіллям при рівноважних тисках газу в інтервалі  $10^3 - 4 \cdot 10^4$  Па.

5. Одержані такі дані з адсорбції на деревному вугіллі оцтової кислоти з водних розчинів ( у всіх випадках об'єм розчину з вугіллям був сталим, 0,2 л)



Концентрація оцтової кислоти в розчині до добавляння вугілля, моль/л	Концентрація оцтової кислоти, що є в розчині при рівновазі, моль/л	Вага вугілля m, г
0,503	0,434	3,96
0,252	0,202	3,94
0,126	0,0899	4,00
0,0628	0,0347	4,12
0,0314	0,0113	4,04
0,0157	0,00333	4,00

Показати, що ці дані задовольняють ізотермі адсорбції Фрейндліха  $\frac{x}{m} = a \cdot c^{\frac{1}{n}}$ , де  $x$  – кількість грамів адсорбованої оцтової кислоти. Оцінити сталі  $a$  і  $n$ .

Відповідь:  $a = 0,28$ ;  $n = 2,82$ .

## РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЩО ПРИСВОЮЮТЬСЯ СТУДЕНТАМ

<b>Модуль I</b>																<b>Модуль II (ІНДЗ)</b>	<b>Підсумко- вий контроль</b>	<b>Сума</b>
Змістовий модуль I				Змістовий модуль II			Змістовий модуль III		Змістовий модуль IV			Змістовий модуль V		Змістовий модуль VI		20	20	200
T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T1	T2	T1	T2	T3	T1	T2	T1	T2			
5	5	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			

### Шкала оцінювання:

<b>Σ балів</b>	<b>%</b>	<b>За національною шкалою</b>	<b>За шкалою ЄКТС</b>
180 - 200	90 - 100	відмінно	<b>A</b>
164 - 179	82 - 89	добре	<b>B</b>
150 - 163	75 - 81	добре	<b>C</b>
138 - 149	69 - 74	задовільно	<b>D</b>
120 - 137	60 - 68	задовільно	<b>E</b>
70 - 119	35 - 59	незадовільно з можливістю повторного складання	<b>FX</b>
1-69	1 - 34	незадовільно з обов'язковим повторним курсом	<b>F</b>

## ЛІТЕРАТУРА

1. Фізична та колоїдна хімія: Навч. пос. / А. І. Костржицький, О. Ю. Калінков, В. М. Тищенко, О. М. Берегова – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 496 с.
2. Мушкамбаров Н. Н. Физическая и коллоидная химия / Н. Н. Мушкамбаров – М.: Геотар – мед, 2001.
3. Стромберг А.Г. Физическая химия / А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко – М.: Высшая школа, 2001.
4. Даниельс Ф., Альберти Р. Физическая химия / Ф. Даниельс, Р. Альберти – М.: Высшая школа, 1967.
5. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии / Ю. Г. Фролов – М.: Химия, 1982.
6. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии / Д. А. Фридрихсберг – М.: Химия, 1984.
7. Практикум по физической и коллоидной химии. Под редакцией Воробьева Н.К. – М.: Химия, 1984.
8. Практические работы по физической химии. Под ред. К.П. Мищенко, А.А. Равделя. – Л.: Химия, 1982.
9. Мороз А. С. Фізична та колоїдна хімія / А. С. Мороз, А. Г. Ковальова – Львів: Світ, 1994. – 280 с.
10. Каданер Л. І. Фізична та колоїдна хімія / Л. І. Каданер – Київ: Вища школа, 1983. – 288 с., іл.
11. Білий О. В. Фізична хімія / О. В. Білий – Київ: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2002. – 364 с.
12. Воловик Л. С. Колоїдна хімія / Л. С. Воловик, Є. І. Ковалевська, В. В. Манк і ін. – К., 1999. – 238 с.

### Информационные ресурсы

1. <http://www.websib.ru/noos/chemistry.htm>. Химическая литература.
2. <http://www.chemistryenc.h11.ru/statiorg/spiorg.htm>. Химическая энциклопедия.
3. <http://www.anriintern.com/chemistry>. Химическая литература.
4. <http://www.chemport.ru>. Химический портал. Словарь.
5. <http://chemister.fannet.ru/Books/Chembooks>. Химическая литература.
6. <http://chembook.narod.ru>. Химическая литература.

## Зміст

Передмова	3
Техніка безпеки в хімічній лабораторії і заходи для надання першої медичної допомоги	13
Заняття № 1. Газові закони. Агрегатний стан речовин.	16
Заняття №2. Основи хімічної термодинаміки	17
Заняття №3. Фазові рівноваги	20
Заняття №4. Визначення активності йоду методом розподілу	21
Заняття №5. Визначення ступеня та константи дисоціації слабого електроліту методом вимірювання електропровідності розчинів	24
Заняття №6. Розчини сильних електролітів	29
Заняття №7. Електрохімія	30
Заняття №8. Вивчення кінетики інверсії цукру	32
Заняття №9. Кінетика та каталіз	36
Заняття №10. Визначення розміру часточок "білих золів" оптичним методом	38
Заняття №11. Визначення крайового кута змочування листків рослин водою та водними розчинами ПАР	45
Заняття №12. Колоїдні розчини та їх властивості	48
Заняття №13. Адсорбція оцтової кислоти на вугіллі	50
Заняття №14. Розділення пігментів хлорофілу методом адсорбційної хроматограми	53
Заняття №15. Вивчення коагуляції колоїдних розчинів електролітами	56
Заняття №16. Визначення ізоелектричної точки білка	60
Заняття №17. Вивчення кінетики обмеженого набухання полімерів	62
Заняття №18. Фізико-хімічні властивості розчинів ВМС	67
Завдання для самостійної роботи	69
Завдання для індивідуальної роботи	74
Література	100

Навчальне видання

Галушко С.М.

# ФІЗИЧНА І КОЛОЇДНА ХІМІЯ ПРАКТИКУМ

*(за кредитно-трансферною системою навчання)*

Навчальний посібник для студентів  
природничо-географічного факультету

*Адреса редакції: Уманський державний педагогічний університет  
імені Павла Тичини, природничо-географічний факультет  
вул. Садова, 2, м. Умань, 20300, Україна*

Підписано до друку 28.08.2017 р. Формат 60x90/16.  
Ум.друк. арк. 2,6. обл.-вид.арк. 3,6  
Папір офісний. Гарнітура Times.  
Наклад 100 прим.

Віддруковано Видавництво „АЛМІ”  
Свід.ДК – 74 від 01.06.2000 р.  
20300, м.Умань, вул..Садова,4; тел/факс (04744) 5-26-70  
e-mail: [almi@ck.ukrtel.net](mailto:almi@ck.ukrtel.net)