

**УМАНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ПАВЛА ТИЧИНИ**

**Галушко С.М.**

**ФІЗИЧНА І КОЛОЇДНА ХІМІЯ  
ПРАКТИКУМ**

Навчально-методичний посібник для студентів  
природничо-географічного факультету

**Умань – 2016**

УДК 539.1  
ББК 28.072  
Г- 49

**С.М. Галушко. Фізична і колоїдна хімія: Практикум: Навчально-методичний посібник. –Умань: АЛМІ, 2016. – 55 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 курсів фізичної та 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 31 серпня 2015 року).*

© Галушко С.М.

Курс фізичної і колоїдної хімії має за мету забезпечити необхідну теоретичну основу при формуванні майбутніх вчителів біології та 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 та найбільш типові лабораторні роботи, які представляють основні її розділи: хімічну термодинаміку, кінетику, фазові рівноваги, електрохімію, поверхневі явища дисперсних систем. 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.

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

Курс: Підготовка бакалаврів.	Напря́м, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни
<p>Кількість кредитів, відповідних ЄКТС: <b>3</b></p> <p>Кількість модулів: <b>2</b> Загальна кількість годин: <b>90</b> год.</p>	<p>Галузь знань 0401 Природничі науки Напря́м підготовки: <b>6.040102 Біологія</b> Спеціалізація: <b>6.040101 Хімія</b></p> <p>Освітній ступінь: <b>Бакалавр</b></p>	<p>Обов'язковий Семестр: <b>4</b></p> <p>Лекції(теоретична підготовка): <b>14</b> год.</p> <p>Лабораторні роботи: <b>28</b> год.</p> <p>Самостійна робота: <b>48</b> год.</p> <p>Вид контролю: <b>екзамен.</b></p>

## СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ КУРСУ «ФІЗИЧНА І КОЛОЇДНА ХІМІЯ»

Тема	Кількість відведених годин на:		
	Лекції	Лабор. заняття	Самос. робота
1	2	3	4

### Змістовий модуль 1. Фізична хімія

<p><b>Тема 1.</b> Предмет, завдання та методи фізичної хімії. Основи хімічної термодинаміки (2 год).</p> <p><b>Тема 2.</b> Хімічна рівновага (2 год).</p> <p><b>Тема 3.</b> Фазові рівноваги і розчини неелектролітів. Розчини електролітів. Електрохімія (2 год).</p> <p><b>Тема 4.</b> Хімічна кінетика та каталіз (2 год).</p>	8	16	28
---	---	----	----

### Змістовий модуль 2. Колоїдна хімія

<p><b>Тема 5.</b> Предмет колоїдної хімії. Ознаки об'єктів колоїдної хімії. Класифікація поверхневих явищ. Класифікація дисперсних систем (2 год).</p> <p><b>Тема 6.</b> Властивості дисперсних систем, що визначаються наявністю поверхні поділу між фазами. Адсорбція (2 год).</p> <p><b>Тема 7.</b> Одержання колоїдних систем та їх очищення. Властивості дисперсних систем, що визначаються кривизною поверхні (2 год).</p>	6	12	20
<i>Усього годин</i>	14	28	48

## ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ТА СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

### Змістовий модуль 1. Фізична хімія

1.	Основні поняття хімічної термодинаміки. Хімічна рівновага. Семінар.	4 год.
2.	Визначення активності йоду методом розподілу. Лабораторна робота.	4 год.
3.	Визначення ступеня та константи дисоціації слабкого електроліту методом вимірювання електропровідності розчинів. Лабораторна робота.	4 год.
4.	Вивчення кінетики інверсії цукру. Лабораторна робота.	4 год.

### Змістовий модуль 2. Колоїдна хімія

5.	Визначення розміру часточок «білих золів» оптичним методом. Лабораторна робота.	4 год.
6.	Адсорбція оцтової кислоти на вугіллі. Лабораторна робота.	2 год.
7.	Визначення ізоелектричної точки білка. Лабораторна робота.	2 год.
8.	Вивчення кінетики обмеженого набухання полімерів. Лабораторна робота.	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 пожежогасіння 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 сильній кровотечі перетягнути 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.

## Програма

**Тема 1. Основи хімічної термодинаміки**

Предмет і методи фізичної хімії. Основні розділи курсу. Термодинамічні, кінетичні, статистичні методи вивчення хімічних процесів. Історія розвитку фізичної хімії.

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 2. Хімічна рівновага**

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

**Тема 3. Фазові рівноваги і розчини неелектролітів. Розчини електролітів. Електрохімія**

Фази і компоненти системи. Умови фазової рівноваги. Правило фаз Гіббса.

Розчини, їх природа і способи вираження концентрацій. Закон Рауля та наслідки з нього. Кипіння та замерзання розчинів. Осмотичний тиск розчинів. 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.

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

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.

Загальна характеристика електрохімічних процесів електродний потенціал. Трансформація хімічної енергії в електричну. Рівняння Нернста. Типи потенціалів. Гальванічні елементи. Позначення електродів і елементів. Типи електродів. Потенціометрія.

#### ***Тема 4. Хімічна кінетика та каталіз***

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 Ареніуса.

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

# ЗАНЯТТЯ № 1

## Семінар 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.

Хімічна рівновага. Оборотної реакції. Гомогенні та гетерогенні рівноваги. Закон діючих мас. Рівняння ізотерми хімічної реакції. Принцип зміщення рівноваги Ле-Шательє. Вплив температури на константу хімічної рівноваги (рівняння ізобари та ізохори реакції).

### Запитання і вправи для самоконтролю

1. Що таке термодинаміка і які явища вона вивчає?
2. Що є предметом хімічної термодинаміки ?
3. Що таке система? Наведіть приклади.
4. Дайте визначення і наведіть приклади термодинамічних процесів: ізотермічного, ізобаричного, ізохоричного і адіабатичного.
5. 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?
6. Чому термодинаміка розглядає не абсолютні значення внутрішньої енергії, а лише її зміну?
7. 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?
8. Які можливі способи передачі енергії від однієї системи до іншої?
9. Що таке теплота і робота? Чи можна сказати: „скільки теплоти міститься в стакані гарячої води?“
10. Наведіть декілька формулювань першого закону термодинаміки і покажіть, що вони не протирічать одна іншій, запишіть його аналітичне вираження.
11. Напишіть рівняння, що виражають максимальну роботу розширення ідеального газу при ізотермічному, ізобаричному, ізохоричному і адіабатичному процесі.
12. Що називається тепловим ефектом хімічної реакції?

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

34. Коли і при яких умовах настає стан хімічної рівноваги?
35. Як формулюється закон дії мас? Яке його значення?
36. В чому полягає кінетичне виведення закону дії мас?
37. Запишіть рівняння для констант  $K_p$  і  $K_c$  та рівняння для співвідношення цих констант.
38. Запишіть рівняння ізотерми хімічної реакції та вкажіть які величини в нього входять.
39. Яка залежність константи рівноваги від температури? Запишіть рівняння ізобари та ізохори.
40. Дайте визначення принципу рухливої рівноваги і покажіть застосування цього принципу на конкретних прикладах.

## ЗАНЯТТЯ № 2

### *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:

$$K = \frac{a_{org}}{a_{H_2O}}$$

Коефіцієнт розподілу  $K$  визначають із граничних умов. Оскільки при безмежному розведенні:  $a = C_{org}$  і  $a_{H_2O} = C_2$ , 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:

$$C_{орг} = C_1 - C_2 ,$$

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

Коефіцієнт розподілу йоду визначають для дуже розведених розчинів за рівнянням:

$$K = \frac{C_{орг}}{C_2}$$

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

$$a_{орг} = K \cdot C_2$$

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.»).



## 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
	$V_1^I$	$C_1^I$		$V_2^I$	$C_2^I$
	$V_1^{II}$	$C_1^{II}$		$V_2^{II}$	$C_2^{II}$
	$V_1^{III}$	$C_1^{III}$		$V_2^{III}$	$C_2^{III}$
	$V_1^{IV}$	$C_1^{IV}$		$V_2^{IV}$	$C_2^{IV}$
	$V_1^V$	$C_1^V$		$V_2^V$	$C_2^V$
		$C_1(сеп)$			$C_2(сеп)$

**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 № 3

**Лабораторна робота № 2.** Визначення ступеня та константи дисоціації слабкого 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>)

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

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

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

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  $1 \text{ см}^3$  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  $1 \text{ см}^2$ :

$$\mu = 1000 \cdot \chi / C$$

Часто користуються еквівалентною електропровідністю

$$\lambda = 1000 \cdot \chi / C^1,$$

де  $C^1$  - концентрація, моль(екв)/л.

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

$$\alpha = \lambda / \lambda_0$$

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



константа дисоціації має вигляд:

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

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

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

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.

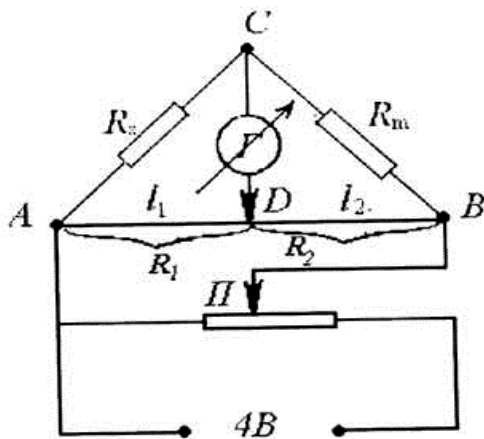


Рис. Схема містка Уїтстона  
 АВ - реохорд;  
 D - пересувний контакт;  
 Г - нуль-інструмент;  
 $l_1, l_2$  - плечі містка;  
 $R_m$  - магазин опорів;  
 $R_x$  - посуд з розчином електроліту

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:

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

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  $S$ :

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

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

$$\chi = \frac{1}{\rho} = \frac{k}{R_x}, \quad \text{де } k = \frac{\beta \cdot L}{S} - \text{ стала сосуду.}$$

### ***Порядок роботи***

Для визначення сталої електродів необхідно виміряти опір  $R$  стандартних розчинів електролітів. Як правило, це 0,5 або 0,02н 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 сосуду приступають до вимірювань. Сосуд 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 сосуду  $k$  за рівнянням  $k = \chi \cdot R_x$  беруть середнє з розрахованих значень  $R_x$ .

Після закінчення вимірювань для визначення сталої посуду розчин КСІ виливають, посуд ретельно промивають і заповнюють досліджуванним розчином. Сосуд 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.

Таблиця 2

**Результати вимірювань електропровідності розчинів і розрахунків константи дисоціації**

$C, \text{ н.}$	$R, \text{ Ом}$	$\chi, \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$	$\lambda, \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль-екв}^{-1}$	$\alpha$	$1/\lambda$	$K_{\text{дис}}$

Визначають ступінь дисоціації та константу електролітичної дисоціації для кожної концентрації слабкого електроліту. Порівнюють розраховану  $K_{\text{дис}}$  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. Ареніуса.
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 їдкого натру?
9. Що таке кондуктометричне титрування?
10. Запишіть математичний вираз закону розведення Оствальда.
11. Що таке ізотонічний коефіцієнт Вант-Гоффа?
12. В чому суть процесу сольватації йонів в розчині?
13. Властивості розчинів сильних електролітів.
14. Записати рівняння для розрахунку йонної сили розчину електроліту.
15. Сучасна кількісна теорія сильних електролітів.
16. Протолітична теорія кислот і основ.
17. Розкрити суть гідролізу.
18. Буферні розчини та їх властивості.
19. Що таке гальванічні елементи?
20. Що таке електрорушійна сила гальванічного елемента?
21. Які електроди оборотні і які необоротні?
22. Що називають нернстівським потенціалом?
23. Виведіть рівняння Нернста для розрахунку електрорушійних сил елементів.
24. Розкрити причини виникнення стрибка потенціалу та будову подвійного електричного шару на межі розчин – метал.

25. Виведіть рівняння Нернста для розрахунку величини електродного потенціалу.
26. Дайте характеристику електродів першого і другого роду та окисно-відновних електродів.
27. Що таке водневий стандартний електрод?
28. Зробіть аналіз таблиці стандартних електродних потенціалів металів.
29. Наведіть приклади електродів другого роду. Внаслідок яких електрохімічних процесів виникає електродний потенціал?
30. За допомогою яких електродів вимірюють рН розчинів? Дайте характеристику скляного електроду.

## ЗАНЯТТЯ № 4

### *Лабораторна робота № 3. Вивчення кінетики інверсії цукру*

Швидкість гомогенної реакції слід виразити у вигляді

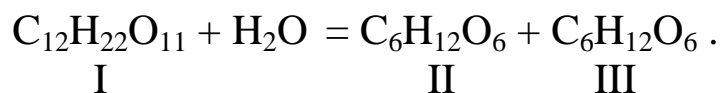
$$\omega = -\frac{dC}{dt}$$

де  $C$  - концентрація вихідних речовин. Також

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

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:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{C_0}{C}$$

де  $t$ - 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

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

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).

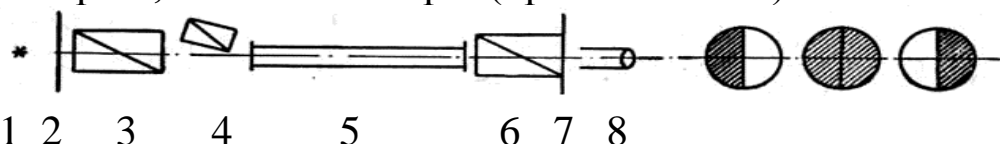
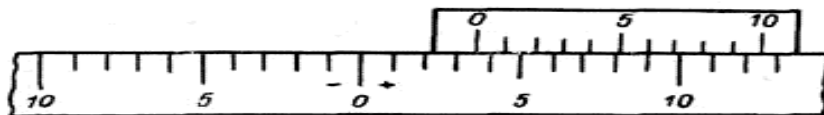


Рис. Схема поляриметра: 1- джерело світла; 2- світлофільтр; 3 та 4- поляризатори; 5- трубка з розчином; 6- аналізатор; 7- шкала; 8- окуляр.

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 обернути аналізатор до затемнення протилежної сторони поля, то освітиться 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 НСІ 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  $(\alpha_t - \alpha_\infty)$ , де  $\alpha_t$  - кут обертання на момент часу  $t$ .

Тому слід використовувати для розрахунків константи швидкості інверсії цукру рівняння:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha_t - \alpha_\infty}$$

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

Дані оформлюють у вигляді таблиці.

*Таблиця 3*

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

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

## 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. Що таке каталіз?
14. Навести приклади каталітичних реакцій.
15. Суть каталітичної дії каталізаторів.
16. Що таке промотори та інгібітори?
17. В чому суть гомогенного каталізу?
18. Дати характеристику кислотно-основного типу каталізу.
19. Охарактеризувати окисно-відновний каталіз.
20. Дати характеристику гетерогенного каталізу.

**Програма**

**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.

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.

**Тема 2.** Властивості дисперсних систем, що визначаються наявністю поверхні поділу між фазами.

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. Поверхневий тиск. Адгезія і змочування. Розтікання.

Адсорбція на поверхні рідини. Приклади застосування адсорбційного рівняння Гіббса. 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.

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.

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.

Структурно – механічні властивості дисперсних систем. Типи структур: конденсаційно – кристалізаційні та коагуляційні. Загальна характеристика гелів. Гелеутворення. Крижкі гелі. Еластичні гелі. Чинники, що впливають на желатинування. Тиксотропія.

***Тема 3. Одержання колоїдних систем та їх очищення. Властивості дисперсних систем, що визначаються кривизною поверхні.***

Вплив дисперсності на внутрішній тиск тіл. Рівняння Лапласа. Загальна характеристика колоїдних систем. Конденсаційні та диспергаційні методи їх одержання. Методи очищення колоїдних розчинів.

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. Їх значення.

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.

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.

## ЗАНЯТТЯ № 5

**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:

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

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

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

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

$$\tau = k_I \cdot \lambda^{-X} \quad (3)$$

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

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

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 ( $I_n$ ), 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

$$\ln I_0 / I_n = \varepsilon \cdot L, \quad (5)$$

де  $\varepsilon$  - коефіцієнт екстинкції.

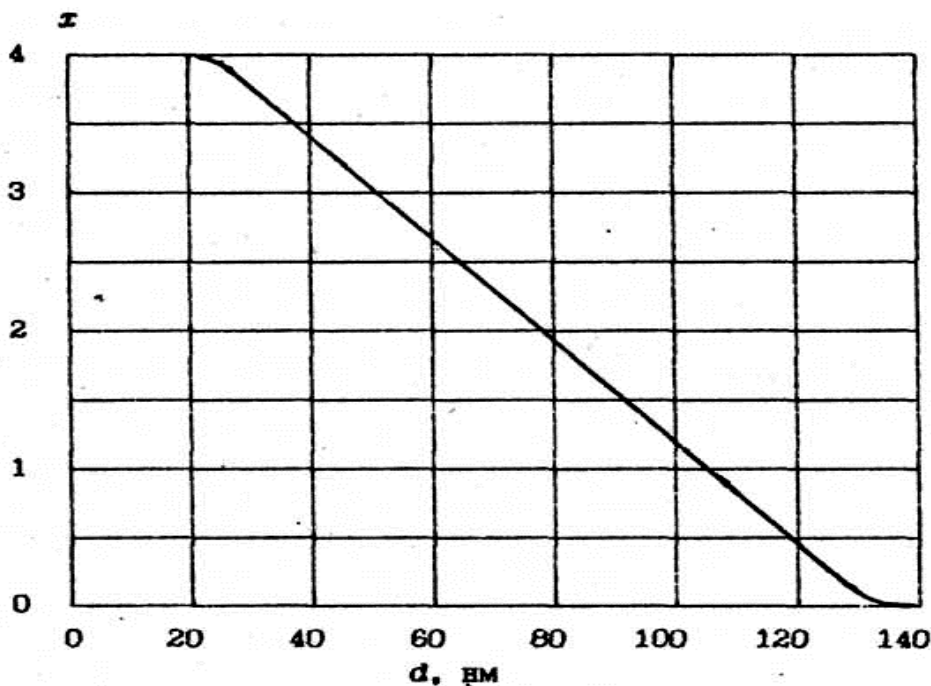


Рис.1. Залежність  $X$  від розміру часточок  $d$ .

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  $I_n = I_0 - I_{\delta}$ , і, підставляючи це в рівняння (5), одержуємо

$$\ln \frac{I_0}{I_0 - I_{\delta}} = \varepsilon \cdot L \quad (6)$$

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

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

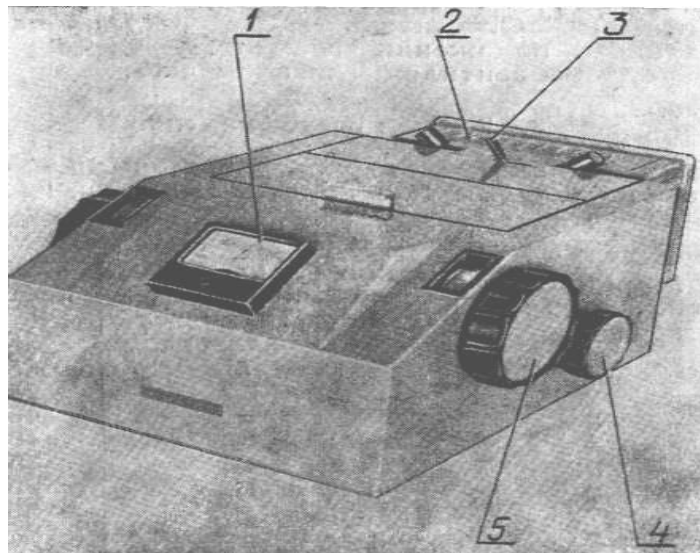
Розкладаючи натуральний логарифм у ряд та відкидаючи другий та наступний члени розкладання як величини другого та наступних ступенів малості, із рівняння одержуємо:

$$\ln \frac{I_0}{I_0 - I_{\delta}} = \frac{I_p}{I_0} = \varepsilon \cdot L \quad (7^1)$$

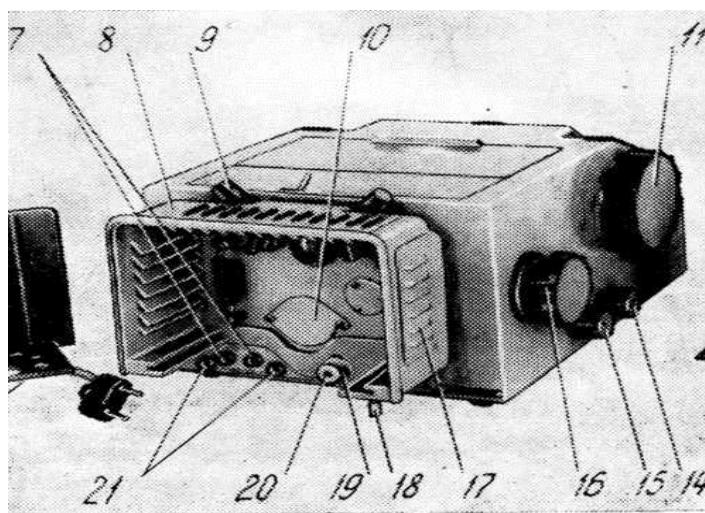
Порівнюючи рівняння (7<sup>1</sup>) із визначенням мутності системи (2), можна побачити, що  $\tau = \varepsilon$ , тобто для систем, у яких поглинення світла відбувається тільки за рахунок розсіювання світла, коефіцієнт екстинкції дорівнює мутності. Таким чином, рівняння (7<sup>1</sup>) можна записати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

$$\tau = \frac{1}{L} \cdot \frac{I_0 - I_n}{I_0} \quad (8)$$

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 мікроамперметру 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 поділку «100» по шкалі світлопропускання. Шляхом обертання лівого барабану (11), виставляємо стрілку мікроамперметру 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 мікроамперметру 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  $I_n$  вимірюють у відносних одиницях, а саме, у відсотках світлопропускання. Таким чином,  $I_0 = 100\%$ , а  $I_n$  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  $I_p = I_o - I_n$ ; мутність розчинів із співвідношення  $\tau \cdot L = I_p / I_o$ , де  $L$  - довжина кювети; довжини хвиль у дисперсній системі із співвідношення ( $\lambda$  у вакуумі/ $n_o$ ), де  $n_o$  - 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.

Таблиця 1

### 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

Таблиця 2

### Мутності латексу при різних довжинах хвиль

Довжина кювети $L = \underline{\hspace{2cm}}$ м								
№ світлофільтру	$I_o, \%$	$I_n, \%$	$I_p = I_o - I_n, \%$	$\tau \cdot L = I_p / I_o$	$\tau, \text{м}^{-1}$	$\lg \tau$	$\lambda, \text{нм}$ (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. Що називають ліофобними і ліофільними колоїдними розчинами?
25. Написати формулу Релея для розрахунку інтенсивності світлорозсіювання.
26. Як можна визначити розміри колоїдних частинок за допомогою нефелометра?
27. Що таке броунівський рух? Записати основне рівняння броунівського руху.
28. Розкрити суть дифузійних і осмотичних явищ в колоїдних розчинах.

## ЗАНЯТТЯ № 6

*Лабораторна робота № 5. 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  $A$  і  $K$ .
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:

$$c_k \cdot V_k = c_l \cdot V_l$$

де  $c_k$  і  $c_l$  — концентрації розчинів оцтової кислоти і  $\text{NaOH}$  (моль/л);  $V_k$  — об'єм кислоти, що був взятий для титрування;  $V_l$  — об'єм лугу, 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:

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

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

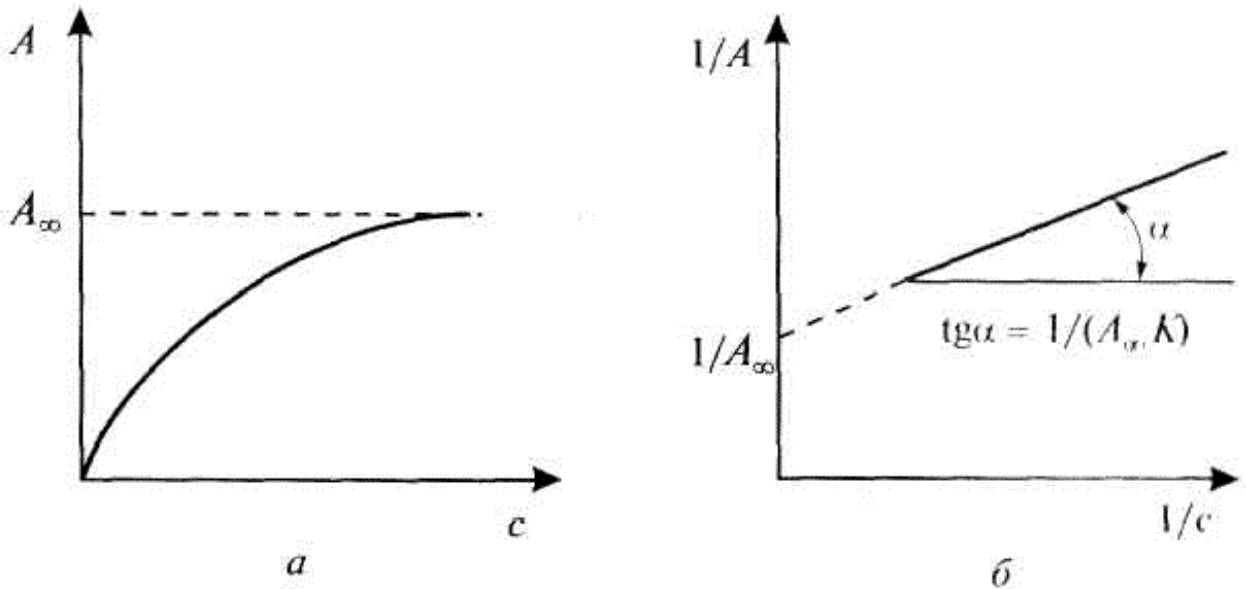


Рис. 2.1. Ізотерми адсорбції Ленгмюра: а) в координатах  $A - c$ ; б) лінійна форма в координатах  $1/A - 1/c$

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.

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

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

За рівнянням розраховують питому поверхню адсорбенту,  $s_{\text{пнт}}$ , 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 Фрейндрліха 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.  
Що таке сорбція, адсорбція, хемосорбція, адсорбент, адсорбат?
13. Якими рівняннями описується процес адсорбції газів і пари на твердих адсорбентах при постійній температурі?
14. Які поверхні твердих тіл називають гідрофільними, а які гідрофобними? Як можна покращити змочуваний гідрофобної поверхні водним розчином?
15. Що таке обмінна адсорбція? Які адсорбційні процеси відбуваються в ґрунтах і яке їх значення в життєдіяльності рослин?
16. Які адсорбенти називають іонітами, катіонітами, аніонітами? Де і як їх застосовують?

## ЗАНЯТТЯ № 7

### *Лабораторна робота № 6. 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 №5. 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.

Роблять висновок.



## 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. Які типи коагуляції Вам відомі? Коли у системі протікає концентраційна коагуляція, а коли – нейтралізаційна?

## ЗАНЯТТЯ № 8

*Лабораторна робота № 7.* 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.

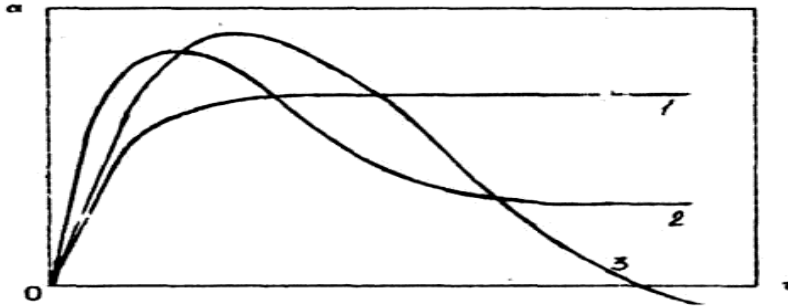


Рис.1. Кінетичні криві набухання полімерів

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

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

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  $d\alpha / d\tau - \alpha$  (рис. 2), де відрізок, що відсікає пряма на осі ординат, дорівнює  $k \cdot \alpha_{\max}$ , а тангенс кута нахилу прямої —  $-k$ . При цьому відрізок, що відсікає пряма на осі абсцис, дорівнює  $\alpha_{\max}$ .

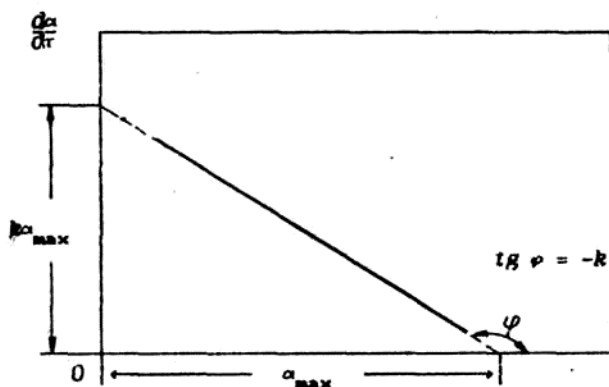


Рис. 2. Залежність швидкості набухання полімеру від ступеня набухання

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.

*Таблиця 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  $da/d\tau$  для різних  $\alpha$ , які взяті через рівні інтервали часу. Будують залежність  $da/d\tau$  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	$\alpha$	$da/d\tau$

Таблиця 3

### Константи набухання желатину

рН	$k, c^{-1}$	$\alpha_{max}$
рН <sub>1</sub>		
рН <sub>2</sub>		
рН <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 лізоль 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?
28. Які сполуки відносяться до ВМС? Які методи одержання ВМС вам відомі?
29. Яка структура макромолекул ВМС? Що таке конформація ланок макромолекул?
30. Як розрахувати молярну масу ВМС?

31. Особливі властивості розчинів ВМС.
32. В чому особливості обмеженого і необмеженого набухання? Що таке ступінь набухання і від яких факторів залежить її значення? Які стадії включає процес набухання? Дайте їх характеристику.
33. Які властивості мають білки, як амфоліти? Що таке ізоелектричний стан білка? Що таке денатурація білка?
34. В чому проявляється старіння полімерів?
35. Який процес називається драглюванням?
36. Висолювання і фактори, що впливають на цей процес.
37. Яка різниця між процесами висолювання і коагуляції?

# ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

## Змістовий модуль 1. Фізична хімія

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 (2 год.).

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

3. Використовуючи загальні умови рівноваги, метод термодинамічних потенціалів, рівняння ізотерми, ізобари та ізохори хімічної реакції, розраховувати константи рівноваги в різних умовах. Використовуючи результати експерименту, закон дії мас, встановлювати вплив на рівновагу реакцій різних факторів (2 год.).

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

5. Використовуючи теорію молекулярних розчинів, закони Коновалова, побудувати діаграми стану двохкомпонентних систем «тиск пари – температура» (2 год.).

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

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

8. Використовуючи теорію електролітичної дисоціації, знаходити ступінь та константу дисоціації, давати оцінку сили електроліту, розраховувати рН різних розчинів електролітів (2 год.).

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

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

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

12. На основі електродної рівноваги, рівняння Нернста, класифікації електродів розрахувати потенціали електродів різних типів (2 год.).

13. На основі вимірювання електродних потенціалів, розраховувати електрорушійні сили гальванічних елементів, акумуляторів (2 год.).

14. Використовуючи закон дії мас та порядок реакції, розраховувати швидкість та константу швидкості для встановлення механізму хімічної реакції (2 год.).

## **Змістовий модуль 2. Колоїдна хімія**

15. На основі теорії колоїдних систем враховувати можливість протікання процесів коагуляції та пептизації при проведенні аналізу (2 год.).

16. На основі особливостей колоїдних систем одержувати колоїдні розчини різними методами та вивчати їх властивості (2 год.).

17. На основі оптичних властивостей колоїдних розчинів встановлювати форму, розміри колоїдних частинок та визначати їх концентрацію (2 год.).



18. На основі вивчення електричних властивостей колоїдних частинок, встановлювати їх будову з метою обґрунтування особливостей колоїдних розчинів (2 год.).

19. 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 (2 год.).

20. Використовуючи рівняння Гіббса, визначати особливості поверхневої активності та адсорбції на межі “розчин – газ” (2 год.).

21. 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 (2 год.).

22. На основі теорії розчинів високомолекулярних сполук вивчати особливості цих систем, визначати молярну масу з метою використання в лабораторній практиці, промисловості, біології (2 год.).

23. На основі особливостей та властивостей емульсій одержувати та руйнувати ці системи, з'ясовувати їх практичне значення в природі, промисловості, медицині, біології (2 год.).

24. 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 (2 год.).

## НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЕКТ

(Індивідуальне навчально-дослідне завдання)

- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Перший закон термодинаміки».
- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Другий закон термодинаміки».
- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Характеристичні функції (співвідношення Максвелла)».
- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Хімічна рівновага».
- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Фазові рівноваги і розчини неелектролітів».
- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Розчини електролітів».
- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Електрохімія».
- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Хімічна кінетика та каталіз».
- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Ознаки об'єктів колоїдної хімії. Класифікація поверхневих явищ. Класифікація дисперсних систем».
- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Основні уявлення про високомолекулярні сполуки. Одержання колоїдних систем та їх очищення».
- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Властивості дисперсних систем, що визначаються кривизною поверхні».
- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Властивості дисперсних систем, що визначаються наявністю поверхні поділу між фазами».
- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Грубодисперсні та мікрогетерогенні системи. Системи з довільним міцелоутворенням».
- Складання *тексту завдання тестового контролю* з теми «Фізико – хімічні властивості розчинів ВМС».

***Текст завдання тестового контролю розробляти за такими вихідними даними:***

- В завданні повинно бути розроблено 5 блоків по 8 питань в кожному.
- Питання кожного блоку повинні стосуватися матеріалу певної теми модуля.
- На кожне питання повинна бути тільки одна правильна відповідь.
- На кожен блок питань необхідно скласти 10 альтернативних відповідей, серед яких повинні бути і всі правильні відповіді на питання блоку.
- На декілька питань блоку може бути однакова відповідь.
- Неправильні відповіді повинні мати фізичний зміст.
- Питання в блоці і відповіді на них повинні бути пронумеровані, відповідно, від 1 до 8 і від 0 до 9. Розміщення питань в блоці і нумерація відповідей складається за кодом виданим викладачем.
- Питання в завданні повинні бути диференційовані за складністю, тобто в ньому потрібно використовувати і легкі, і середні і важкі для виконання проблеми.

## РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЩО ПРИСВОЮЮТЬСЯ СТУДЕНТАМ

<b>Модуль I</b> Поточне тестування та самостійна робота							<b>Модуль II</b> <b>(ІНДЗ)</b>	<b>Підсумковий</b> <b>контроль</b>	<b>Сума</b>
<b>Змістовий модуль I</b>				<b>Змістовий модуль II</b>			10	20	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7			
10	10	10	10	10	10	10			

### Шкала оцінювання

Рейтинг з дисципліни	Оцінка ЄКТС	Традиційна оцінка
90-100 балів	A	Відмінно
82-89 балів	B	Добре
75-81 балів	C	Добре
69-74 балів	D	Задовільно
60-68 балів	E	Задовільно
35-59 балів	FX	Незадовільно
менше 34 балів	F	Незадовільно

## 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. Мороз А. С. Фізична та колоїдна хімія / А. С. Мороз, А. Г. Ковальова – Львів: Світ, 1994. – 280 с.
3. Каданер Л. І. Фізична та колоїдна хімія / Л. І. Каданер – Київ: Вища школа, 1983. – 288 с., іл.
4. Білий О. В. Фізична хімія / О. В. Білий – Київ: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2002. – 364 с.
5. Воловик Л. С. Колоїдна хімія / Л. С. Воловик, Є. І. Ковалевська, В. В. Манк і ін. – К., 1999. – 238 с.

## Інформаційні ресурси

1. <http://library.chem.univ.kiev.ua> – Велика бібліотека підручників з хімії хімічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка.
2. <http://www.websib.ru/noos/chemistry.htm>. Хімічна література.
3. <http://www.chemistryenc.h11.ru/statiorg/spiorg.htm>. Хімічна енциклопедія.
4. <http://www.anriintern.com/chemistry>. Хімічна література.
5. <http://www.chemport.ru> Хімічний портал. Довідники.
6. <http://chemister.fannet.ru/Books/Chembooks> Хімічна література.
7. <http://chembook.narod.ru>. Хімічна література.

## Зміст

Передмова	3
Техніка безпеки в хімічній лабораторії і заходи для надання першої медичної допомоги	7
Заняття №1. Основи хімічної термодинаміки	12
Заняття №2. Визначення активності йоду методом розподілу	15
Заняття №3. Визначення ступеня та константи дисоціації слабкого електроліту методом вимірювання електропровідності розчинів	18
Заняття №4. Вивчення кінетики інверсії цукру	24
Заняття №5. Визначення розміру часточок "білих золів" оптичним методом	30
Заняття №6. Адсорбція оцтової кислоти на вугіллі	37
Заняття №7. Визначення ізоелектричної точки білка	40
Заняття №8. Вивчення кінетики обмеженого набухання полімерів	41
Завдання для самостійної роботи	47
Завдання для індивідуальної роботи	50
Література	53

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 10.01.2016 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)