

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра хімії та фармації

ФІЗИЧНА ТА КОЛОЇДНА ХІМІЯ

*ЛАБОРАТОРНИЙ ЗОШИТ
(ПРАКТИКУМ)*

Студента (ки) _____

Спеціальність _____

ПІМ _____

Херсон – 2020

УДК 544.615.57

Пилипчук Л.Л., Рябінина Г.О., Іванищук С.М.

Фізична та колоїдна хімії: Лабораторний зошит (практикум) для здобувачів ступеня вищої освіти «бакалавр» спеціальностей 226 Фармація, промислова фармація, 091 Біологія, 014 Середня освіта (Біологія) денної, заочної та дистанційної форм здобуття освіти. Лабораторний зошит (практикум) може бути використаний студентами хімічних спеціальностей для самопідготовки / Л.Л. Пилипчук, Г.О. Рябінина, С.М. Іванищук – Херсон: ФОП Вишемірський В.С., 2020. – 120 с.

В лабораторному зошиті (практикумі) наведено теми, методичні поради по вивченню, завдання для самостійної роботи з теоретичним матеріалом, підготовчі та контрольні запитання до тем, методичні вказівки до лабораторних занять.

Мета курсу: формування комплексу наукових знань з сучасної фізичної та колоїдної хімії.

Рецензенти:

доцент кафедри хімії, екології та техніки безпеки Херсонського національного технічного університету, кандидат технічних наук О.О. Семенченко

доцент кафедри ботаніки Херсонського державного університету, кандидат біологічних наук Р.П. Мельник

Протокол науково-методичної ради Херсонського державного університету №1 від 16.09.2020

Протокол Вченої ради Херсонського державного університету №3 від 28.09.2020

ЗМІСТ

ЗМІСТ КУРСУ	4
РОЗДІЛ 1. ФІЗИЧНА ХІМІЯ	7
Тема 1. Основні поняття термодинаміки	7
Лабораторна робота. 1. Визначення теплових ефектів	12
Тема 2. Хімічна кінетика. Швидкість хімічних реакцій. Каталіз.	
Хімічна рівновага	24
Лабораторна робота. 2. Швидкість хімічних реакцій. Каталіз.	
Хімічна рівновага	32
Тема 3. Розчини. Колігативні властивості розчинів. Буферні системи...	40
Лабораторна робота. 3. Колігативні властивості розчинів. Буферні	
системи	48
Тема 4. Електропровідність	53
Лабораторна робота. 4. Визначення електропровідності розчинів	58
Тема 5. Електрохімія	69
РОЗДІЛ 2. КОЛОЇДНА ХІМІЯ	78
Тема 6. Абсорбція. Адсорбція. Екстракція	78
Лабораторна робота. 6. Абсорбція. Поверхневі явища	85
Тема 7. Колоїдні системи. Методи одержання та очистки	
колоїдних систем	92
Лабораторна робота. 7. Методи одержання колоїдних систем	98
Тема 8. Розчини високомолекулярних сполук	110
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	119

ЗМІСТ КУРСУ

Змістовий модуль 1. Термодинаміка. Кінетика. Фазові рівноваги.

Предмет і зміст фізичної хімії. Місце фізичної хімії в природознавстві. Фізична хімія як теоретична основа хімії. Колоїдна хімія і її зв'язок з фізичною хімією. Розвиток фізичної і колоїдної хімії як науки. Вклад в розвиток науки вітчизняних вчених. Роль фізичної і колоїдної хімії в біології та фармації.

Хімічна термодинаміка.

Історична довідка. Предмет хімічної термодинаміки. Роль термодинаміки у вивченні хімічних процесів.

Основні поняття: "тіло", "система", "стан", "процес". Форми існування матерії. Форми енергії. Формула Ейнштейна.

Рівняння стану ідеального газу Менделєєва-Клапейрона. Суміш газів. Закон Дальтона. Основне рівняння кінетичної теорії газів.

Теплота і робота. Теплоємність.

Перший закон термодинаміки. Поняття про внутрішню енергію. Процеси при постійному об'ємі, при постійному тиску. Ентальпія. Математичний вираз першого закону термодинаміки.

Застосування I-го закону термодинаміки до хімічних процесів. Поняття про тепловий ефект. Термодинамічні і термохімічні позначення. Закон Гесса. Термохімічні рівняння. Визначення теплових ефектів.

Другий закон термодинаміки. Ентропія. Процеси рівноважні і нерівноважні. Поняття про оборотні і необоротні процеси. Математичний вираз II-го закону термодинаміки.

Застосування другого закону термодинаміки до ізольованої системи. Критика теорії "теплової смерті Всесвіту" і концепції про невідкорення біологічних об'єктів другому закону термодинаміки.

Термодинамічні потенціали Гіббса і Гельмгольца. Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Характеристичні функції. Стандартні значення термодинамічних величин. Умови самодовільного протікання процесів і досягнення рівноваги. Залежність потенціалу Гіббса від температури і тиску.

Термодинаміка хімічної рівноваги.

Закон діючих мас. Константи рівноваги K_p і K_c . Зміщення хімічної рівноваги. Залежність константи рівноваги від температури. Приклади рівноваги.

Фазові рівноваги.

Основні поняття: фаза, фазова рівновага. Правило фаз Гіббса.

Тиск пари твердих і рідких тіл. Фазові рівноваги в однокомпонентних системах. Діаграма стану чистої речовини.

Двокомпонентні рідкі і тверді системи. Діаграма склад-температура кристалізації двокомпонентних систем. Термічний аналіз.

Хімічна кінетика. Каталіз.

Кінетика хімічних реакцій. Задачі хімічної кінетики і механізм хімічних реакцій. Швидкість хімічних реакцій. Гомогенні та гетерогенні реакції. Методи дослідження швидкості реакцій. Особливості кінетики оборотних реакцій. Залежність швидкості хімічної реакції від температури. Енергія активації. Теорія молекулярних зіткнень і її застосування до бімолекулярних реакцій. Теорія активованого комплексу. Ентальпія і ентропія активації.

Каталіз. Особливості і класифікація каталітичних процесів. Гомогенний каталіз. Кислотно-основний каталіз. Теорія проміжних продуктів в гомогенному каталізі.

Біокаталізатори. Приклади ферментативних реакцій.

Розчини неелектролітів.

Загальна характеристика розчинів. Міжмолекулярна взаємодія в розчинах. Термодинаміка процесу розчинення. Склад розчинів. Розчини типу рідина-газ. Залежність розчинності газу від тиску (закон Генрі), його природи, природи розчинника і температури.

Тиск насиченої пари. Закон Рауля. Закони Коновалова. Азеотропні розчини.

Залежність розчинення твердих речовин від їх природи та температури. Властивості розведених розчинів. Тиск насиченої пари розчинника над розчином, залежність від температури. Температура замерзання і кипіння розведених розчинів. Кріоскопія і ебуліоскопія. Осмос і осмотичний тиск. Фізична суть осмосу. Закон Вант-Гоффа. Роль осмосу в біопроцесах.

Розчини електролітів.

Слабкі електроліти. Ізотонічний коефіцієнт, його зв'язок зі ступенем дисоціації. Закон розведення Освальда. Механізм електролітичної дисоціації. Гідратація йонів. Розчини сильних електролітів. Основні положення теорії сильних електролітів.

Електрохімія.

Рівновага в електролітичних системах. Загальна характеристика електрохімічних процесів. Електрохімічні системи, їх визначення. Термодинамічне співвідношення між напругою (ЕДС) гальванічного елемента і хімічною енергією.

Рівноважні електродні потенціали. Скачки потенціалу на межі фаз в електрохімічних системах. Будова подвійного електричного шару. Воднева шкала електродних потенціалів. Стандартні електродні потенціали. Електрохімічний ряд напруг.

Хімічне джерело струму. Акумулятори. Роль електрохімії в народному господарстві.

Поверхневі явища і адсорбція.

Поверхневі явища на поверхні поділу фаз рідина-газ і рідина-рідина. Поверхнева енергія. Поверхневий натяг. Адсорбція на поверхні поділу фаз розчин-газ. Рівняння Гіббса. Ізотерма адсорбції Ленгмюра. Поверхнево-активні речовини.

Адсорбція газів і пари на твердих тілах. Адсорбенти: активоване вугілля, гелі, цеоліти. Полімолекулярна адсорбція. Залежність адсорбції від температури і властивостей адсорбента і адсорбтива. Хемосорбція.

Поверхневі явища на межі тверда речовина–рідина. Змочування. Капілярні явища (капілярне підняття рідини, капілярна конденсація).

Адсорбція на твердих тілах. Йоннообмінна адсорбція. Іоніти і їх застосування.

Колоїдні системи.

Характеристика і властивості колоїдно-дисперсних систем. Класифікація за ступенем дисперсності і за агрегатним станом. Ліофобні мікро гетерогенні системи і ліофільні гомогенні розчини високомолекулярних речовин. Колоїдно-дисперсні системи в природі.

Електричні властивості колоїдних систем. Електричні явища: електрофорез, електроосмос. Електрокінетичний потенціал. Будова колоїдних частинок. Правило Фаянса і Соді до будови кристалічних ґраток.

Методи одержання колоїдних розчинів: диспергування, конденсація, пептизація.

Стійкість і коагуляція ліофобних золів. Кінетична і агрегативна стійкість. Коагуляція під дією електролітів. Поріг коагуляції. Критичний потенціал. Коагуляція сумішшю електролітів. Явища синергізму і антагонізму. Взаємна коагуляція колоїдних розчинів. Явище звикання. Перезарядка золів. Кінетика коагуляції. Теорія коагуляції.

Високомолекулярні системи.

Розчини високомолекулярних сполук. Загальна характеристика розчинів високомолекулярних сполук. Термодинамічна стійкість розчинів високомолекулярних сполук. Білки як амфотерні високомолекулярні електроліти. Вплив рН на властивості розчинів білків. Ізоелектричний стан. Денатурація, висолювання, коацервація. Ліотропні ряди. Захист гідрофобних золів високомолекулярних сполук. Застосування явища захисту.

Аерозолі. Загальна характеристика. Тумани. Дими і пил. Захист атмосфери від забруднення аерозолями. Колоїдно-дисперсні системи ґрунту.

Розділ 1. ФІЗИЧНА ХІМІЯ

Тема 1

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТЕРМОДИНАМІКИ

Живі організми та навколишнє середовище весь час обмінюються речовинами та енергією. Багато хімічних процесів супроводжуються поглинанням або виділенням енергії у вигляді теплоти. Обмін енергії пов'язаний з руйнуванням існуючих зв'язків та утворенням нових. Енергетику хімічних процесів вивчає термодинаміка. Закони термодинаміки дозволяють визначати стабільність хімічних речовин, теплову цінність різних видів палива, калорійність харчових продуктів, напрямленість та можливість проходження хімічних та біохімічних процесів.

Основним джерелом енергії для організму є хімічна енергія продуктів харчування. Вона витрачається на внутрішні процеси: дихання, кровообіг, підтримування сталої температури, метаболізм, секрецію, на виконання зовнішньої роботи. Закони і методи термодинаміки застосовуються для вивчення теплових ефектів біохімічних реакцій.

Контрольні питання.

1. Що вивчає термохімія? Охарактеризуйте поняття «теплота» і «робота».
2. Дайте визначення поняттю «тепловий ефект реакції». Назвіть типи хімічних реакцій за тепловими ефектами?
3. Сформулюйте закон Гесса та його наслідки.
4. Що таке ентальпія?
5. Як визначити тепловий ефект реакції за стандартними змінами ентальпій утворення?
6. Від чого залежить тепловий ефект реакції?
7. Які параметри стандартних умов?
8. Що характеризує ентропія? Як розрахувати ентропію?
9. За значенням якої термодинамічної функції можна визначити напрямок перебігу процесу?
10. Як визначити основні термодинамічні функції хімічної реакції за висновками з закону Гесса?
11. Що характеризує енергія Гіббса?

До заняття: вивчити теоретичний матеріал за підручниками та посібниками. Письмово дати визначення термінів, понять, законів.

Термодинаміка – _____

Перший закон термодинаміки – _____

Енергія – _____

Матерія – _____

Теплота та робота – це форми передачі енергії, у цьому їх спільність. Але вони мають свої особливі властивості.

Теплота – _____

"Хаотичний" ("тепловий") рух мікрочастинок – _____

Робота – _____

Хімічна енергія – _____

Зверніть увагу на те, що при утворенні будь-якого зв'язку енергія випромінюється, а енергетичний ефект реакції може бути як екзо- так і ендотермічним.

Тепловий ефект реакції – _____

Екзотермічні хімічні процеси – _____

Ендотермічні хімічні процеси – _____

Термохімія – _____

Закон Гесса – _____

Термохімічні рівняння – _____

Внутрішня енергія – _____

Ізохорні процеси – _____

Ізобарні процеси – _____

Тепловий ефект хімічної реакції в ізохорному процесі дорівнює зміні внутрішньої енергії системи.

Стандартний стан у термодинаміці – _____

Ентальпія – _____

Тепловий ефект ізобарного процесу дорівнює зміні ентальпії системи.

Ентальпії різних процесів – _____

Розрахунок ентальпії за допомогою закону Гесса – _____

Стандартна зміна ентальпії реакції – _____

Стандартна зміна ентальпії утворення – _____

Стандартна зміна ентальпії згоряння – _____

Закон Лавуаз'є-Лапласа – _____

Калориметрія – _____

Температура – _____

Теплоємність – _____

Теплоємність калориметричної системи – _____

Другий закон термодинаміки – _____

Ентропія – _____

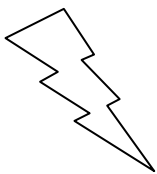
Розрахунок ентропії хімічних процесів за допомогою закону Гесса – _____

Енергія Гіббса – _____

Ізобарно-ізотермічний потенціал – _____

Що визначає напрямок проходження самочинних хімічних реакцій – _____

Калориметрична бомба – _____



Космос це система, яка розкладається. Це пояснюється тим, що концентрована енергія перетворюється на тепло. Під час цієї конверсії матерія теж змінюється. Наприклад вугілля з його високоорганізованими кристалічними ґратками при згорянні втрачає цю організацію, утворюється багато молекул карбон (IV) оксиду, які хаотично розсіюються в атмосфері. Тобто замість порядку утворюється невпорядкованість і ентропія збільшується.

У Космосі ентропія зростає. Кількість ймовірностей з часом збільшується, але в середині хаосу існують острівці порядку. Одним

з найважливіших є життя. Живі системи з безладдя утворюють порядок. Наприклад, рослини, поглинаючи вуглекислий газ з атмосфери, об'єднують його під час фотосинтезу в складні, організовані органічні сполуки.

Сонячна енергія, яку використовують рослини, щоб утворити порядок на Землі, продукується завдяки поступовій деградації, розпаду Сонця. Сонце поступово розсіюється, продукуючи енергію. Але порядку, який створюють на Землі живі системи набагато менше, ніж безладу, що виникає при розсіюванні Сонця. У балансі переважає невпорядкованість.

В екосистемах відбувається необоротне розсіювання енергії. Цей процес може йти двома шляхами: звичайні втрати тепла через різницю температур між біотою, ґрунтом та навколишнім середовищем, або втрати тепла організмами та їх біоценозами в процесі дихання та бродіння у зв'язку з вивільненням енергії в екзотермічних реакціях. Закони термодинаміки регулюють життя – від найменшої бактерії до велетенського кита. Так біомаса першого трофічного рівня майже всіх екосистем – це величезна кількість потенційної (хімічної) енергії та речовини (ресурс) для будівництва другого трофічного рівня. Але порівняння біомаси та енергії першого та другого трофічних рівнів в екосистемах суттєво відрізняється. Велика кількість біомаси та енергії при переході з першого на другий трофічний рівень розсіюється, витрачається на підтримку температури тіл організмів.

Термодинамічні особливості відкритих систем, характерні для живих організмів, пояснюють їх стійкість, яка дозволяє їм тривалий час зберігати певний рівень працездатності, а також відносну сталість внутрішнього середовища, що в біології називається гомеостазом.

Гомеостаз – відносна динамічна сталість складу та властивостей внутрішнього середовища організму, які зумовлюють стійкість його фізіологічних функцій.

Загальні закони біохімічної термодинаміки дають біологу, фармацевту, лікарю, екологу шлях до розуміння енергетичної сторони біохімічних реакцій в організмі, процесів ембріогенезу, регенерації та старіння тканин, аналогічних процесів, які відбуваються у біосфері, а також дають можливість регулювати ці процеси здійсненням профілактичних або коригуючих (лікувальних) засобів.

Таблиця 1.1

Теплоємності деяких матеріалів

Речовина	Питома теплоємність, Дж/(г·К)	Речовина	Питома теплоємність, Дж/(г·К)
Латунь	0,394	Скло	0,42–0,84
Мідь	0,385	Вода і розчини електролітів	4,218

Таблиця 1.2

Теплота згоряння основних видів поживних речовин

Поживні речовини	Середня теплота згоряння 1 г продукту, ккал	
	у калориметрі	в організмі людини
Вуглеводи	4,1	4,1
Жири	9,3	9,3
Білки	5,7	4,3

Лабораторна робота № 1 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ЕФЕКТІВ

Мета роботи: Засвоїти основні поняття та закони термодинаміки. Одержати навички визначення та розрахунку теплових ефектів розчинення та нейтралізації. Навчитись проводити термохімічні розрахунки для оцінки калорійності харчових продуктів і визначення теплових ефектів хімічних і біохімічних процесів за висновками із закону Гесса та прогнозувати можливість протікання хімічних реакцій.

Дослід 1. Визначення теплоти розчинення кристалічних речовин

Розчинення кристалічних сполук – це складне фізико-хімічне явище, яке залежить від природи розчиненої речовини та розчинника, температури та концентрації розчину, який при цьому утворюється. При розчиненні кристалічних сполук у воді відбуваються два основних процеси: перший – ендотермічний, пов'язаний з руйнуванням кристалічної решітки, другий – екзотермічний, зумовлений взаємодією частинок розчиненої речовини з молекулами розчинника та утворенням гідратованих йонів. В залежності від того, який з двох процесів має більшу енергію, тепловий ефект розчинення може бути величиною як позитивною (ендотермічний), так і негативною.

Тому речовини, що мають міцну кристалічну ґратку і слабо гідратуються в розчині, будуть розчинятися з поглинанням теплоти. Речовини ж з неміцною кристалічною ґраткою, що утворюють у розчині сильно гідратовані йони Гідрогену або гідроксильні йони, будуть розчинятися з виділенням теплоти.

Окрім того, якщо речовини розчиняють в органічних розчинниках, то переважає перший процес (руйнування кристалічної ґратки). Практична витрата

енергії в цьому випадку дорівнює теплоті плавлення твердого тіла. Наприклад, теплота розчинення нафталіну у бензені $\Delta H = 4,6$ ккал/моль, а теплота плавлення $\Delta H_{\text{пл.}} = 4,56$ ккал/моль. Навпаки, при розчиненні електролітів у воді виникають значні сили взаємодії між розчинником і йонами електроліту.

Теплота розчинення речовин збільшується зі збільшенням кількості розчинника, що припадає на 1 моль розчиненої речовини. Якщо ж на 1 моль речовини припадає більше 100-300 моль розчинника, то подальше розведення розчину дуже слабо змінює величину теплоти розчинення.

Теплота розчинення (або інтегральна теплота розчинення) – це кількість теплоти, що поглинається або виділяється при розчиненні одного моль речовини у такій кількості розчинника, коли подальше його додавання не супроводжується тепловим ефектом, який можна виміряти.

Властивість речовин розчиняти з виділенням або поглинанням теплоти доволі широко використовується у техніці. Так, речовини з високим позитивним тепловим ефектом використовуються в хімічних грілках, а речовини з від'ємним тепловим ефектом застосовуються для одержання низьких температур у холодильній промисловості у вигляді так званих криогідратних сумішей.

Виконання досліду

Обладнання та реактиви: пробірки, термометр, шпатель для пробірок, шпатель, кристалічні натрій гідроксид NaOH , амоній нітрат NH_4NO_3 , амоній хлорид NH_4Cl , амоній сульфат $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, калій хлорид KCl , натрій нітрат NaNO_3 , сечовина NH_2CONH_2 .

В пронумеровані пробірки налити дистильовану воду і визначити її температуру за допомогою термометра. В першу пробірку за допомогою чистого і сухого шпателя внести кристали натрій гідроксиду NaOH . (Увага! Кристали натрій гідроксиду не можна брати руками! Слідкувати, щоб кристали NaOH не потрапили на шкіру і в очі. При потраплянні луку в очі або на шкіру, промивати проточною водою поки не зникне відчуття мильності, шкіру обробити розведеним розчином борної або ацетатної (оцтової) кислоти). Обережно перемішувати термометром слідкуючи за температурою до того, як вона не перестане змінюватись. Дані занести у табл. 1.2.

Аналогічно провести інші досліди, розчиняючи в пронумерованих пробірках кристалічні NH_4NO_3 , NH_4Cl , KCl , NaNO_3 , NH_2CONH_2 . Відмітити послідовно температуру після повного розчинення солей. Відмітити найвищу та найнижчу температуру розчинення. Перед кожним визначенням ретельно ополоснути термометр проточною та дистильованою водою. Кристалічні речовини брати сухим шпателем.

За зміною температури після розчинення використаних речовин встановити характер теплового ефекту. Дані занести у таблицю 1.3.

Таблиця 1.3

Дослідні дані щодо визначення теплового ефекту процесу розчинення кристалічних речовин

№ пробірки	Температура дист. води, $t_b, ^\circ\text{C}$	Речовина для розчинення	Температура розчину, $t_p, ^\circ\text{C}$	Зміна температури $\Delta t = t_p - t_b, ^\circ\text{C}$ (↑ або ↓)	Тепловий ефект (екзо- або ендотермічний)	ΔH , (>0 або <0)	Співвідношення ($E_1 > E_2$ або $E_1 < E_2$)
1.		NaOH					
2.		NH ₄ NO ₃					
3.		NH ₄ Cl					
4.		KCl					
5.		NaNO ₃					
6.		NH ₂ CONH ₂ (сечовина)					

Висновок: _____

Дослід 2. Визначення теплового ефекту утворення алюмінату (перевірка закону Гесса)

Обладнання та реактиви: циліндри мірні на 25, 50 см³, мірні пальчики, стакани хімічні на 50 та 100 см³, шпателі, ваги, термометри, розчин хлоридної кислоти з масовою часткою $\omega(\text{HCl})=10\%$, розчин натрій гідроксиду з масовою часткою $\omega(\text{NaOH})=25\%$, алюміній (порошок).

Виконання дослідів

Реакція взаємодії металічного алюмінію з хлоридною кислотою HCl з подальшим одержанням алюмінату проводиться двома шляхами.

1 шлях. В хімічний стакан на 50 см³ або 100 см³ додають спочатку:

а) 15 см³ 10 % розчину хлоридної кислоти HCl та 0,25 г алюмінію Al (порошок) і визначають збільшення температури Δt_1 ;

б) у той же стакан додають 25 см³ 25 % розчину натрій гідроксиду NaOH і знову визначають зміну температури Δt_2 . Сума $\Delta t_1 + \Delta t_2 = A$.

2 шлях. У такому ж хімічному стакані реакцію проводять за іншою послідовністю:

а) спочатку розчиняють 0,25 г алюмінію Al (порошок) в 25 см³ 25 % розчину натрій гідроксиду NaOH і вимірюють Δt_3 ;

б) далі у той же стакан додають 15 см³ 10% розчину хлоридної кислоти HCl і визначають Δt_4 . Сума $\Delta t_3 + \Delta t_4 = B$.

Перевірити, чи рівні A та B ($A=B$). Сформулювати висновок і записати хімічні реакції двох шляхів. Замалювати термохімічну схему процесів, що досліджуються.

В роботі можна обмежитись порівнянням Δt обох шляхів без розрахунку ентальпії процесу, оскільки теплоємність системи однакова в обох випадках. Температуру вимірюють з точністю до $0,1^\circ\text{C}$.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 3. Визначення теплового ефекту при змішуванні рідин

Змішування двох взаємно розчинних рідин часто не є тільки фізичним процесом, а й супроводжується також хімічною взаємодією, яка проявляється у тепловому ефекті розчинення, зміні сумарного (загального) об'єму рідин та інші.

Виконання дослідів

Обладнання та реактиви: пробірки, штативи для пробірок, гумові пробки, термометри, скляні палички, дистильована вода, етиловий спирт.

В пробірку налити на $1/3$ об'єму дистильованої води і визначити її температуру за допомогою термометра. Дані занести у таблицю 1.4. В пробірку швидко влити такий же об'єм етилового спирту, пробірку закрити гумовою пробкою, енергійно перемішати і швидко виміряти температуру термометром. Дані занести у таблицю 1.4.

За зміною температури після розчинення двох взаєморозчинних рідин, води і етилового спирту, встановлюють характер теплового ефекту.

Таблиця 1.4

Дослідні дані щодо визначення теплового ефекту процесу розчинення двох рідин

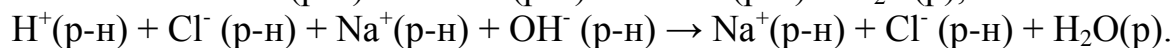
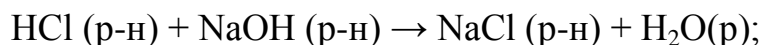
Температура дист. води, $^\circ\text{C}$	Речовина для розчинення	Температура розчину, $^\circ\text{C}$	Зміна температури Δt , $^\circ\text{C}$ (\uparrow або \downarrow)	Тепловий ефект (екзо- або ендотермічний)	ΔH , (>0 або <0)
	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$				

Висновок: _____

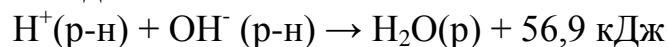
Дослід 4. Визначення теплового ефекту хімічної реакції

Експериментальне визначення теплового ефекту реакції на прикладі реакції нейтралізації сильної основи (натрій гідроксиду) сильною кислотою

(хлоридною). Згідно з теорією електролітичної дисоціації Арреніуса реакція між достатньо розведеними розчинами сильних електролітів може бути записана як реакція між йонами



Запис йонного рівняння реакції нейтралізації у скороченій формі для всіх сильних електролітів є однаковим:



$$\Delta H = -56,9 \text{ кДж/моль} = -13,6 \text{ ккал/моль}$$

Тобто незалежно від природи сильних електролітів процес нейтралізації – це утворення зв'язку між О та Н у молекулі води.

Виконання досліду

Обладнання та реактиви: *мірні циліндри, термометри, стакани (50 та 100 см³), мірні пальчики, розчин натрій гідроксиду NaOH з молярною концентрацією еквіваленту 6 моль/дм³, розчин хлоридної кислоти HCl з молярною концентрацією еквіваленту 0,4 моль/дм³.*

1. У сухий стакан, зважений на терезах, залити точно відміряний за допомогою циліндра об'єм (75 см³) розчину хлоридної кислоти з молярною концентрацією еквіваленту 0,4 моль/дм³ і визначити температуру з точністю до 0,5°C.
2. Відміряти за допомогою мірного пальчика 5 см³ розчину натрій гідроксиду з молярною концентрацією еквіваленту 6 моль/дм³ і внести розчин у пробірку. Ополоснути термометр дистильованою водою і виміряти температуру розчину лугу з точністю до 0,5°C.
3. Швидко влити розчин лугу у стакан із кислотою і спостерігати за зміною температури. Максимальну температуру розчину записати.
4. Зважити стакан з розчином.
5. Отримані дані занести у таблицю 1.5
6. Виконати розрахунки:

- 6.1. Якщо процес проводити в калориметрі, теплоту, що виділяється або поглинається в калориметрі, розраховують за формулою:

$$Q = (m_p \cdot C_p + m_{ск} \cdot C_{ск}) \cdot \Delta t ,$$

де m_p – маса розчину (г),

C_p – питома теплоємність розчину дорівнює питомій теплоємності води, тобто 4,184 Дж/(г·К),

$m_{ск}$ – маса склянки (г),

$C_{ск}$ – питома теплоємність скла дорівнює 0,753 Дж/(г·К).

Таблиця 1.5

Дослідні дані щодо визначення теплового ефекту хімічної реакції

Маса склянки (m _{скл.}), г	Об'єм розчину, см ³		Температура, °C				Маса стакану з розчином (m _{заг.}), г	Загальна маса розчину (m _р), г m _р = m _{заг.} - m _{скл.}
	HCl	NaOH	початкова розчинів		кінцева розчину (HCl + NaOH), t _{max}	Δt = t _{max} - t _{поч}		
			HCl, t _{поч}	NaOH, t _{поч}				

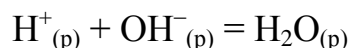
6.2. Обчислюють кількість еквівалентів (ν(1/z реч.)) речовини (кислоти та лугу), що приймають участь в реакції

$$C(1/z \text{ реч.}) = \text{—————}$$

6.3. Обчислюють теплоту нейтралізації для 1 моль еквівалента кислоти (чи лугу).

$$\Delta H = - Q$$

6.4. Обчислюють теоретичні значення теплового ефекту реакції нейтралізації одного моль еквівалента сильної кислоти (або лугу) за висновком із закону Гесса відповідно до схеми:



за стандартними величинами зміни ентальпії утворення речовин

$$\Delta H^0_{\text{H}_2\text{O}(р)} = -286,0 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^0_{\text{OH}^- (р)} = -230,2 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H^0_{\text{H}^+ (р)} = 0.$$

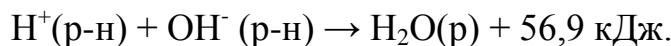
7. Визначають відносну похибку досліду за формулою:

$$\varepsilon = \frac{|\Delta H_{\text{теор.}} - \Delta H_{\text{практ.}}|}{\Delta H_{\text{теор.}}} \cdot 100 \%$$

Дослід 5. Визначення теплового ефекту дисоціації слабкої основи або слабкої кислоти

Теплота нейтралізації еквівалентних кількостей сильних кислот і основ при достатньому розведенні однакова, оскільки реакція зводиться до з'єднання одного еквівалента вільних йонів H^+ (зазвичай у гідратованій формі H_3O^+) з одним еквівалентом гідроксильних йонів OH^- .

Для реакції



$$\Delta H_{\text{утв.}}(H_2O) = +56,9 \text{ кДж} = -13,6 \text{ ккал.}$$

Теплота нейтралізації – кількість теплоти, що виділяється при взаємодії одного еквіваленту кислоти з одним еквівалентом основи.

Якщо кислота або основа або обидва компоненти є слабкими електролітами, то в цьому випадку протікають два процеси: процес дисоціації слабого електроліту і процес нейтралізації. Тому процес нейтралізації слабкої кислоти можна записати так:



Додаючи рівняння 1 та 2, одержимо



де A^- – аніон слабкої кислоти.

Отже

$$\Delta H_x = \Delta H_{\text{дис.}} + \Delta H_{\text{нейтр.}} \quad (4)$$

Величина ΔH_x – теплота нейтралізації слабкої кислоти сильною основою зазвичай більша або менша 56,9 кДж/моль, оскільки $\Delta H_{\text{дис.}}$ може бути додатньою або від'ємною величиною в залежності від природи кислоти. Визначивши ΔH_x і знаючи $\Delta H_{\text{нейтр.}}$, можна за формулою (4) розрахувати $\Delta H_{\text{дис.}}$.

Теплота дисоціації – кількість теплоти, що виділяється при розпаданні одного моль електроліту на йони.

Таким чином при розгляді величини теплового ефекту реакції нейтралізації необхідно враховувати концентрацію кислоти і основи, їх хімічну природу і температуру, при якій іде процес. Аналогічно можна визначити теплоту нейтралізації слабкої основи (наприклад, NH_4OH).

Обладнання та реактиви: циліндри мірні на 25, 50 або 100см³, мірні пальчики, стакани хімічні на 50 та 100см³, термометри, розчин з молярною концентрацією еквіваленту натрій гідроксиду $C(1/2 NaOH)=6 \text{ моль/дм}^3$, розчин з молярною концентрацією ацетатної (оцтової) кислоти $C(1/2 CH_3COOH)=0,4 \text{ моль/дм}^3$.

Виконання дослідів

Спочатку визначають теплоту нейтралізації розчину слабкої кислоти (наприклад, *ацетатної*) розчином сильної основи (натрій гідроксиду) ΔH_x . Роботу проводять так само, як і в попередньому досліді, але замість розчину хлоридної кислоти (HCl) з молярною концентрацією еквіваленту 0,4 моль/дм³ використовують розчин *ацетатної* кислоти CH₃COOH такої ж концентрації.

Знаючи $\Delta H_{\text{нейтр.}}$ сильної кислоти сильною основою (результати розрахунків попередньої роботи), розраховують $\Delta H_{\text{дис.}}$ за рівнянням 4. Методика проведення роботи, порядок розрахунків і форма звіту по роботі аналогічні попередньому досліді.

Спостереження: _____

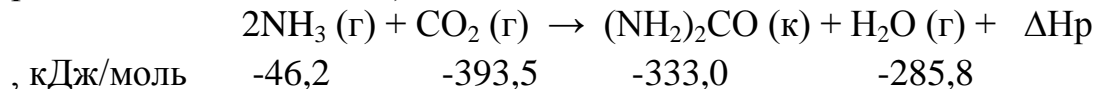
Висновок: _____

Приклади розв'язку задач

Задача 1. Обчисліть тепловий ефект реакції утворення сечовини з амоніаку і карбон (IV) оксиду за стандартних умов.

Розв'язок

1. Записують рівняння реакції, вказавши агрегатні стани реагентів та продуктів реакції і значення відповідних стандартних змін ентальпій утворення (скориставшись довідником):



2. Підставляють значення стандартних змін ентальпій утворення вихідних речовин і продуктів реакції у формулу для визначення теплового ефекту (ентальпії) реакції, враховуючи стехіометричні коефіцієнти:

$$\Delta H_p = \sum v_{\text{прод.}} \cdot \Delta H_{\text{утв(прод.)}}^0 - \sum v_{\text{вих.}} \cdot \Delta H_{\text{утв(вих.)}}^0$$

$$\Delta H_p = -333,0 + (-285,8) - (2 \cdot (-46,2) + (-393,5)) = -132,9 \text{ кДж}$$

3. **Відповідь:** $\Delta H_p = -132,9 \text{ кДж}$

Задача 2. Розрахувати калорійність продукту, який містить 26 г вуглеводів, 20 г білків та 14 г жирів у 100 г.

Розв'язок

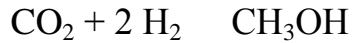
1. Обчислюємо калорійність $\Delta H^\circ_{\text{згор.}}$, виходячи з теплот окиснення харчових продуктів в умовах фізіологічного середовища:

$\Delta H^{\circ}_{\text{згор.}}(\text{жирів}) = 37,8 \text{ кДж/г}$; $\Delta H^{\circ}_{\text{згор.}}(\text{вугл.}) = 19,8 \text{ кДж/г}$;
 $\Delta H^{\circ}_{\text{згор.}}(\text{білк.}) = 16,8 \text{ кДж/г}$.

$\Delta H^{\circ}_{\text{згор.}} = 26 \cdot 19,8 + 20 \cdot 16,8 + 14 \cdot 37,8 = 1380 \text{ (кДж)}$

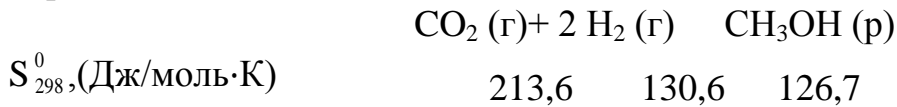
2. **Відповідь:** калорійність продукту становить **1380 кДж**.

Задача 3. Обчисліть зміну ентропії в реакції за стандартних умов



Розв'язок

1. Записати термохімічне рівняння даної реакції, вказавши агрегатні стани реагуючих речовин і стандартні ентропії (з довідника) під формулами речовин.



2. Записати формулу для обчислення ΔS_x° реакції і підставляємо значення:

$$\Delta S_x^{\circ} = \sum \nu_{\text{прод.}} \cdot S_{(\text{прод.})}^{\circ} - \sum \nu_{\text{вих.}} \cdot S_{(\text{вих.})}^{\circ}$$

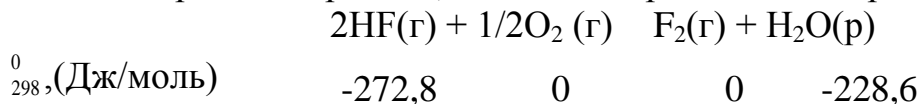
$$\Delta S_x^{\circ} = 126,7 - (213,6 + 2 \cdot 130,6) = -348,1 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$$

3. **Відповідь:** $\Delta S_x^{\circ} = -348,1 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$.

Задача 4. Чи може за стандартних умов відбуватись реакція окиснення гідрогенфториду з киснем?

Розв'язок

1. Запишемо рівняння реакції, вказавши агрегатні стани реагуючих речовин:



2. Розраховуємо зміну енергії Гіббса реакції, використовуючи табличні значення стандартних ізобарно-ізотермічних потенціалів речовин Δ

$$\Delta G_p^{\circ} = \sum \nu_{\text{прод.}} \cdot \Delta G_{(\text{прод.})}^{\circ} - \sum \nu_{\text{вих.}} \cdot \Delta G_{(\text{вих.})}^{\circ}$$

$$\Delta G_p^{\circ} = -228,6 - 2 \cdot (-272,8) = 317 \text{ (кДж)}$$

3. **Висновок:** дана реакція за стандартних умов не може відбуватись, тому що $\Delta G_p^{\circ} > 0$

Завдання для самопідготовки

1. Визначте стандартну ентальпію утворення фосфіну PH_3 , користуючись рівнянням:



2. Обчисліть значення ΔH_{298}^0 реакцій перетворення глюкози:
- $C_6H_{12}O_6$ (к.) = $2C_2H_5OH$ (р.) + $2CO_2$ (г.);
 - $C_6H_{12}O_6$ (к.) + $6O_2$ (г.) = $6CO_2$ (г.) + $6H_2O$ (р.)
- Яка з цих реакцій поставляє організму більше енергії?
3. Визначте ΔH_{298}^0 утворення етену, використовуючи дані теплових ефектів реакцій:
- C_2H_4 (г.) + $3O_2$ (г.) = $2CO_2$ (г.) + $2H_2O$ (г.); $\Delta H_{298}^0 = -1323$ кДж.
 - C (графіт) + O_2 (г.) = CO_2 (г.); $\Delta H_{298}^0 = -393,5$ кДж.
 - H_2 (г.) + $\frac{1}{2}O_2$ (г.) = H_2O (г.) $\Delta H_{298}^0 = -241,8$ кДж.
4. Обчисліть значення ΔG_{298}^0 реакцій та визначте, які з них можливі у стандартних умовах:
- Cu (кр.) + ZnO (кр.) = CuO (кр.) + Zn (кр.);
 - $4HCl$ (г.) + O_2 (г.) = $2Cl_2$ (г.) + $2H_2O$ (р.);
 - N_2 (г.) + $\frac{1}{2}O_2$ (г.) = N_2O (г.);
 - Fe_2O_3 (кр.) + $3CO$ (г.) = $2Fe$ (кр.) + $3CO_2$ (г.)
5. Обчисліть значення ΔG_{298}^0 та визначте, які з оксидів можуть бути відновлені алюмінієм при 298К: CaO , FeO , CuO , PbO , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 .
6. Визначте реальну енергетичну цінність (в кДж) 200 г продукту, що містить 48 % води, 9 % білка, 40 % засвоюваних вуглеводів, 2 % жиру і 1 % кухонної солі, якщо коефіцієнт засвоювання дорівнює 0,92.
7. Обчисліть, скільки енергії витрачено вами у процесі написання контрольної роботи (80 хв.), якщо під час написання студент витрачає 6,3 кДж енергії за одну годину на 1 кг маси.
8. Скільки енергії витратить велосипедист за 20 хв., якщо його маса тіла дорівнює 50 кг, а витрати енергії під час їзди за одну годину на 1 кг маси становить 30 кДж?
9. Домінуюча роль вуглеводів в енергозабезпеченні характерна лише для клітин головного мозку, де ліпіди не використовуються у вигляді джерела енергії. При окисненні 1 г вуглеводів виділяється в середньому 19,8 кДж енергії, а при окисненні 1 г жиру – 37,8 кДж. Скільки енергії отримує організм 100 г шоколаду, який містить 61 г жиру та 31 г вуглеводів?
10. Знаючи, що при споживанні 1г білків та 1г вуглеводів в організмі звільняється 16,8 та 19,8 кДж енергії відповідно, порівняйте енергетичну цінність 150 г картоплі і стільки ж яблук, якщо в 100г картоплі міститься 1,3% білків, 14% вуглеводів, а у 100 г яблук – 0,4% білків, 15% вуглеводів. Чи погоджуєтесь ви із твердженням, що картопля спричинює надмірну вагу тіла?

11. Вкажіть, не проводячи розрахунків, для яких з наведених процесів ентропія зростає?
- A. $2\text{CO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{г})$
 - B. $\text{H}_2(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{г})$
 - C. $\text{C}(\text{графіт}) + \text{CO}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{CO}(\text{г})$
 - D. $2\text{SO}_2(\text{г}) + 2\text{NO}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{SO}_3(\text{г}) + \text{N}_2(\text{г})$
 - E. $4\text{HCl}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{Cl}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$
 - F. $\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{г})$
12. При складанні теплових балансів хімічних процесів у виробництві ліків часто неможливо експериментально визначити тепловий ефект процесу. У такому випадку для розрахунків застосовують закон:
- A. Фарадея
 - B. Вант-Гофа
 - C. Нернста
 - D. Рауля
 - E. Гесса
13. В технології синтезу фармацевтичних препаратів багато процесів відбувається при сталих температурі і тиску. Яка термодинамічна функція має бути обрана як критерій перебігу самочинного процесу в цих умовах?
- A. Енергія Гельмгольца
 - B. Ентальпія
 - C. Внутрішня енергія
 - D. Енергія Гіббса
 - E. Ентропія
14. Основні енергетичні затрати організму людини покриваються за рахунок:
- A. Білків
 - B. Вітамінів і мінералів
 - C. АТФ
 - D. Вуглеводів
 - E. Жирів
15. ККД перетворення хімічної енергії харчових продуктів в роботу м'язів дуже високий в порівнянні з відомими на даний час двигунами. Чим це пояснюється?
- A. Високою калорійністю харчових продуктів
 - B. Перетворення енергії відбувається безпосередньо без виділення її в формі теплоти
 - C. Зумовлений перебуванням біосистем у стаціонарному стані
 - D. Механізми перетворення енергії в живих організмах на даний час не до кінця з'ясовані
 - E. Наявністю в організмі великої кількості ферментів
16. В живому організмі швидкість зростання ентропії обумовлена протіканням незворотних процесів та має значення:

- А. Позитивне і мінімальне
 В. Позитивне і максимальне
 С. Негативне і мінімальне
 Д. Стале
 Е. Негативне і максимальне
17. Макроергічні сполуки є формою:
 А. Покращення обміну речовин в організмі
 В. Розсіювання енергії Гіббса та ентропії в організмі
 С. Прискорення біохімічних реакцій і процесів
 Д. Переведення біополімерів у мономери
 Е. Акумуляція енергії в організмі

Таблиця 1.5

Термодинамічні властивості хімічних сполук

Речовина	ΔH_{298}^0 , кДж/моль	ΔG_{298}^0 , кДж/моль	Речовина	ΔH_{298}^0 , кДж/моль	ΔG_{298}^0 , кДж/моль
Al ₂ O ₃	-1676,0	-1582,0	Fe ₂ O ₃ (к)	-822,2	-740,3
Al ₂ S ₃	-509,0	-23,0	HCl(г)	-92,3	-95,2
Al(OH) ₃	-1315,0	-1157,0	H ₂ S(г)	-21,0	-33,8
P ₂ O ₅ (к)	-1492	-1348,8	N ₂ O(г)	82,0	104,1
CO(г)	-110,5	-137,1	NO(г)	90,3	80,6
CO ₂ (г)	-393,5	-394,4	NO ₂ (г)	33,0	51,5
CS ₂ (р)	+88,7	+64,4	NH ₄ Cl	-314,2	-203,2
H ₂ O(р)	-285,8	-237,3	NH ₃	-46,2	-16,7
H ₂ O(г)	-242,0	-228,8	KCl	-435,9	-408,8
C ₂ H ₄ (г)	52,3	68,1	KClO ₃	-391,2	-289,9
CaO	-635,5	-604,2	KBr	-392,2	-379,2
CaCO ₃	-1207,7	-1129,6	PbO	-219,3	-189,1
C ₆ O ₁₂ O ₆ (к)	-1273	-919,5	PbO ₂	-276,6	-218,3
C ₂ H ₅ OH(р)	-277,6	-174,8	ZnO(к)	-350,6	-320,7
CuO(к)	-162,0	-129,9	ZnS(к)	-205,6	-200,9
Cr ₂ O ₃	-1440,6	-1050,0	SO ₂ (г)	-297,2	-300,4
FeO	-264,8	-244,3	SnO ₂	-580,8	-519,3

Значення ΔH_{298}^0 і ΔG_{298}^0 для простих речовин дорівнюють нулю.

Тема 2

ХІМІЧНА КІНЕТИКА. ШВИДКІСТЬ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ. КАТАЛІЗ. ХІМІЧНА РІВНОВАГА

Хімічна кінетика вивчає швидкість протікання та механізми хімічних процесів, які відбуваються в різних умовах, у тому числі в живих тканинах та біологічних рідинах. Більшість процесів у біології, фармації та медицині відбуваються у часі і характеризуються власною динамікою протікання (обмін речовин у живих організмах, процеси розмноження та загибелі бактерій і вірусів, клітин тощо). Основне завдання кінетики – з'ясувати можливість регульованого впливу різних факторів (середовища, ліків, лікувальних прийомів та методик) на динаміку перебігу подібних процесів. Біохімічні процеси в організмах досить складні та обумовлені багатьма факторами, зокрема ферментами. Дія багатьох лікарських препаратів підлягає кінетичним закономірностям.

Дослідження швидкостей біохімічних реакцій дозволяють визначити активність ферментів, що допомагає встановити правильний діагноз. Користуючись методами хімічної кінетики, можна визначити швидкість надходження лікарських речовин у кров та виведення їх з організму. Знання періоду напівперетворення потрібне для встановлення терміну зберігання лікарських засобів, швидкості накопичення у довкіллі радіонуклідів, пестицидів, інших шкідливих речовин. Методи хімічної кінетики дають змогу обрати оптимальні умови для нейтралізації та утилізації шкідливих викидів промислових підприємств, контролювати рівень забруднення водосховищ і водоймищ стічними водами та нафтопродуктами, а повітря – отруйними газами.

У живій природі, промисловості, повсякденному житті велику роль відіграють каталітичні процеси. Каталізатори дозволяють значно прискорити швидкість реакції, одержати такий вихід продукту, який робить ефективним його промислове добування. Необхідними для життя є біологічні каталізатори-ферменти, активність яких набагато більша, ніж активність неорганічних каталізаторів. Практично всі біохімічні реакції, як у найпростіших одноклітинних організмах, так і в організмі людини, мають ферментативний характер. Обмін речовин на клітинному рівні обумовлений каталітичною активністю ферментів. Визначення ферментативної активності все ширше застосовується у діагностиці захворювань внутрішніх органів. Наприклад, визначення активності фермента аспартат-аміотрансферази (АсАТ) у сироватці крові дозволяє з точністю до 96% діагностувати інфаркт міокарда. Ферменти, їх активатори та інгібітори застосовують з лікувальною метою (ферментотерапія) та для вивчення патогенезу ряду захворювань.

Життєдіяльність організмів базується на протіканні великої кількості біохімічних процесів. Більшість цих реакцій є рівноважними, або окремі стадії складних процесів – оборотні реакції. Наприклад, згідно з сучасною теорією кінетики ферментативних реакцій, утворення фермент-субстратного комплексу і його розклад на фермент і продукт реакції є оборотними процесами. Чітке усвідомлення особливостей рівноважного стану дуже важливе для розуміння поняття "стаціонарний стан відкритої системи", якою є живий організм. Знання теорії хімічної рівноваги необхідне для вивчення дії в організмі людини лікарських засобів та шкідливих речовин. Уявлення про хімічну рівновагу, константу рівноваги, вплив різних факторів на рівновагу потрібні студенту для розуміння інших видів рівноваги в біологічних системах.

Вивчення теоретичних положень хімічної кінетики дозволить студентам засвоїти відповідні розділи біохімії, фармакології, гігієни. Уявлення про каталізатори і особливо ферменти, їх значення для живого організму необхідні студенту для засвоєння біохімії, фармакології, нормальної та патологічної фізіології, спеціальних дисциплін.

Контрольні запитання

1. Що вивчає хімічна кінетика? Як визначається швидкість реакцій?
2. Які фактори впливають на швидкість реакції і константу швидкості реакції?
3. Приведіть математичний вираз закону діючих мас.
4. В чому полягає фізичний зміст константи швидкості реакції?
5. Приведіть математичний вираз залежності швидкості реакції від температури.
6. Що показує температурний коефіцієнт швидкості реакції?
7. Надати визначення енергії активації. Як визначити енергію активації?
8. Які процеси називаються оборотними?
9. Що є критерієм перебігу самодовільних хімічних реакцій?
10. Як змінюється рівноважний вихід продуктів реакції в залежності від зміни температури та тиску? Приведіть приклади.

До заняття: вивчити теоретичний матеріал за підручниками та посібниками. Письмово дати визначення термінів та понять.

Хімічна кінетика – _____

Механізми хімічних реакцій – _____

Швидкість фізико-хімічного процесу – _____

Гомогенні процеси – _____

Гетерогенні процеси – _____

Швидкість гомогенної реакції – _____

Швидкість гетерогенних реакцій – _____

Від чого залежить швидкість хімічної реакції – _____

Закон діючих мас (ЗДМ) – _____

Залежність швидкості реакції від концентрації реагуючих речовин – _____

Константа швидкості реакції – _____

Для реакції $aA + bB \rightarrow dD + fF$ математичний вираз закону діючих мас – _____

Від чого залежить константа швидкості реакції – _____

Від чого не залежить константа швидкості реакції – _____

Як впливають парціальні тиски газів на швидкість реакції – _____

Концентрації яких речовин не впливають на швидкість реакції – _____

Як впливає площа поверхні на швидкість гетерогенних процесів – _____

Як для складних реакцій діє ЗДМ – _____

За якою стадію визначають швидкість складних реакцій – _____

Коли ЗДМ справедливий в складних та багатостадійних реакціях – _____

Як швидкість реакції залежить від температури – _____

Правило Вант-Гоффа – _____

Математичний вираз правила Вант-Гоффа – _____

Температурний коефіцієнт швидкості (γ) – _____

Активні молекули – _____

Енергія активації реакції (E_a) – _____

Від чого залежить енергія активації – _____

Одиниці вимірювання енергії активації – _____

Рівняння Арреніуса – _____

Висновок з рівняння Арреніуса – _____

Каталіз – _____

Каталізатор – _____

Активний комплекс – _____

Позитивний каталіз – _____

Активатор – _____

Інгібітор – _____

Промотор – _____

Гомогенний каталіз – _____

Гетерогенний каталіз – _____

Адсорбція – _____

Автокаталітичні реакції – _____

Механізми дії каталізатора – _____

Теорія проміжних сполук – _____

Як каталізатори впливають на енергію активації – _____

Модель Міхаеліса-Ментен – _____

Як на гомогенні каталітичні реакції, що протікають у рідкій фазі впливають йони H^+ , OH^- – _____

Мікрогетерогенний каталіз – _____

Вимоги до каталізаторів – _____

Механізми зменшення енергії активації каталізаторами – _____

Фактори, що впливають на каталіз – _____

Хімічна рівновага – _____

Принцип мінімуму вільної енергії – _____

Термодинамічна рівновага – _____

Оборотні реакції – _____

Необоротні реакції – _____

Динамічний стан хімічної рівноваги – _____

Рухливість стану хімічної рівноваги – _____

Константа хімічної рівноваги – _____

Фізичний зміст константи рівноваги – _____

Константа рівноваги K_c реакції $aA + bB \rightleftharpoons dD + fF$ виражена за допомогою рівноважних концентрацій (C_i) реагуючих речовин – _____

Константа рівноваги K_p реакції $aA + bB \rightleftharpoons dD + fF$ виражена за допомогою парціальних тисків (P_i) реагуючих речовин – _____

Константа рівноваги K_x реакції $aA + bB \rightleftharpoons dD + fF$ виражена за допомогою мольних часток (X_i) реагуючих речовин – _____

Від чого залежить величина константи рівноваги – _____

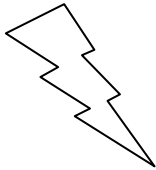
Вплив тиску на зміщення рівноваги – _____

Вплив концентрації на зміщення рівноваги – _____

Вплив температури на зміщення рівноваги – _____

Принцип Ле-Шательє-Брауна – _____

Як визначити напрямок зміщення рівноваги – _____



Модель Міхаеліса-Ментен:

_____ , де

v – швидкість ферментативної реакції;

v_{max} – максимальна швидкість, при максимальній концентрації субстрату;

$C(S)$ – концентрація субстрату;

K_s – константа Міхаеліса.

Константа Міхаеліса чисельно дорівнює концентрації субстрату, при якій швидкість реакції складає половину від максимальної.

Для мікроорганізмів в якості кінетичної моделі розмноження використовують модель Моно. Залежність швидкості росту популяції від концентрації субстрату виражається формулою, аналогічною до формули Міхаеліса-Ментен.

Екзотермічні реакції: $\Delta H < 0$.

Збільшення температури зменшує величину константи рівноваги, тобто зміщує рівновагу вліво.

Ендотермічні реакції: $\Delta H > 0$.

Збільшення температури збільшує величину константи рівноваги (зміщує рівновагу вправо).

Схематично графіки залежності константи рівноваги від температури для реакцій з різним тепловим ефектом наведені на рис. 2.1.

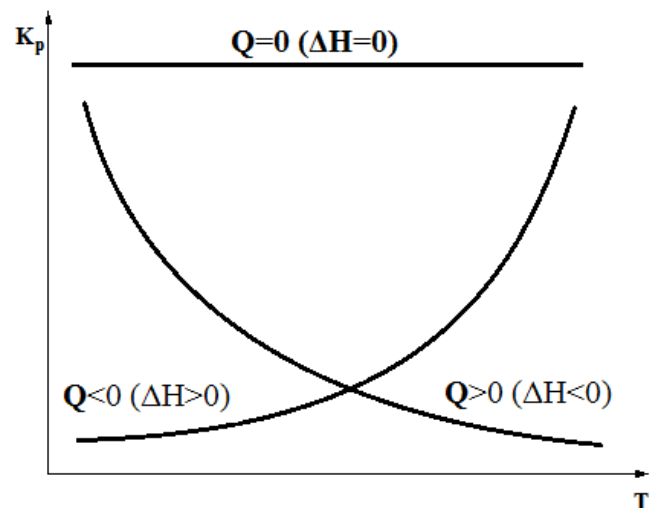


Рис.2.1. Залежність константи рівноваги від температури

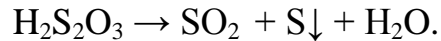
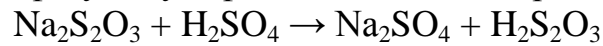
Лабораторна робота № 2

ШВИДКІСТЬ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ. КАТАЛІЗ. ХІМІЧНА РІВНОВАГА

Мета роботи: вивчити вплив різних чинників на швидкість і рівновагу фізико-хімічних процесів. Засвоїти теоретичні положення хімічної кінетики як основи для вивчення механізму і швидкості хімічних і біохімічних реакцій. Експериментально довести залежність швидкості реакції від концентрації та температури. Засвоїти закономірності перебігу рівноважних процесів та можливості зміщення рівноваги в бажаному напрямку.

Дослід 1. Вплив концентрації реагуючих речовин на швидкість реакції

Взаємодія натрій тіосульфату із сульфатною кислотою протікає за рівняннями:



В пробірці з'являється каламуть – осад сірки

Виконання дослідів

Обладнання та реактиви: штатив із пробірками, секундомір, розчин натрій тіосульфату з молярною концентрацією 0,25 моль/дм³, розчин сульфатної кислоти з молярною концентрацією 0,25 моль/дм³.

У три пробірки налейте розчин натрій тіосульфату і дистильовану воду в кількостях, зазначених у таблиці 3. Відміряйте 3 см³ розчину сульфатної кислоти, долийте її в 1 пробірку, перемішайте вміст пробірки і відзначте час від моменту зливання до помутніння.

Дані запишіть у таблицю 2.1. Аналогічно зробіть з другою і третьою пробірками.

Таблиця 2.1

№	Об'єм, см ³			Концентрація Na ₂ S ₂ O ₃ , a/(a+b+v)	Проміжок часу, τ, с	Відносна швидкість реакції, 1/τ, с ⁻¹
	Na ₂ S ₂ O ₃ (а)	H ₂ O (б)	H ₂ SO ₄ (в)			
1	9	0	3			
2	6	3	3			
3	3	6	3			

Спостереження: _____

Висновок: _____

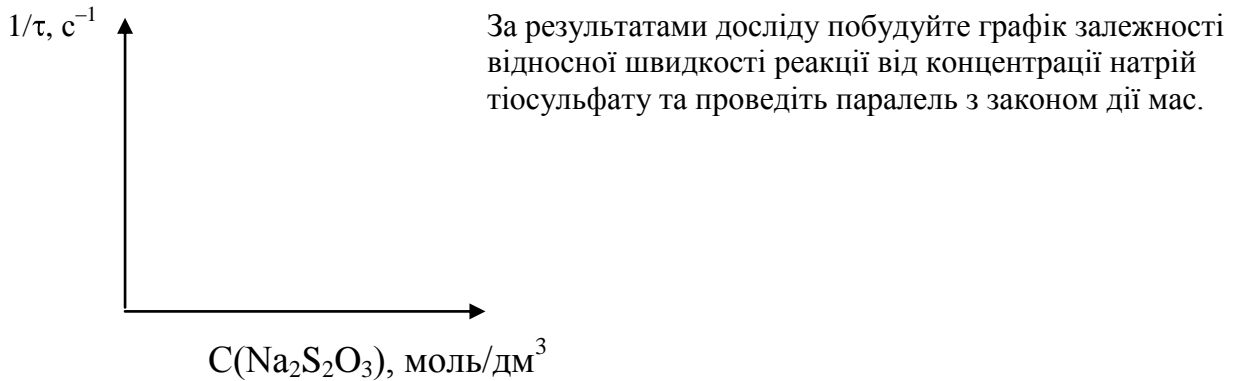


Рис. 2.1. Залежність відносної швидкості реакції від концентрації речовин

Дослід 2. Вплив температури на швидкість реакції

За правилом Вант-Гоффа при збільшенні температури на кожні 10 градусів швидкість більшості реакцій зростає у 2-4 рази.

Виконання дослідів

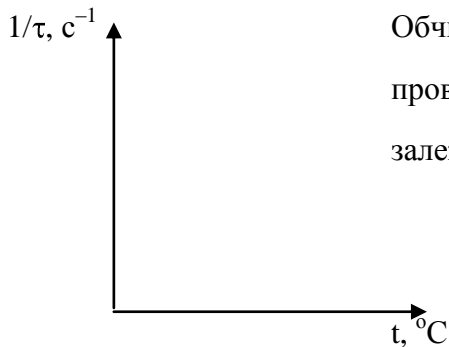
Обладнання та реактиви: штатив із пробірками, секундомір, термометр, склянка з гарячою водою, розчин натрій тіосульфату з молярною концентрацією 0,25 моль/дм³, розчин сульфатної кислоти з молярною концентрацією 0,25 моль/дм³.

У три пробірки налийте по 3 см³ розчину сульфатної кислоти, а в три інші – по 3 см³ розчину натрій тіосульфату. Пробірки з кислотою позначте. Помістіть першу пару пробірок (кислоту з тіосульфатом) в склянку з водою. Виміряйте температуру води в склянці і злийте вміст першої пари пробірок. Відзначте час від моменту зливання до помутніння розчину.

Склянку з другою парою пробірок нагрійте на 10 °С вище кімнатної температури і злийте вміст другої пари пробірок. Останню пару пробірок помістити у склянку з водою і нагріти на 20 °С вище кімнатної температури. Результати зведіть у таблицю 2.2:

Таблиця 2.2

Температура °С	t, с	Проміжок часу τ, с	Відносна швидкість реакції, 1/τ, с ⁻¹	$\gamma; \gamma^{10} = v_{t_2} / v_{t_1}$
t кімнатна =				
t кімнатна + 10 =				
t кімнатна + 20 =				



Обчисліть середнє значення температурного коефіцієнту γ та проведіть паралель з правилом Вант-Гоффа. Побудуйте графік залежності швидкості реакції від температури.

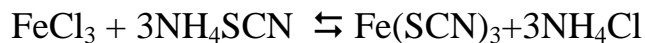
Рис. 2.2. Залежність відносної швидкості реакції від температури

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 3. Вплив концентрації реагенту на хімічну рівновагу

Досліджуємо реакцію:



Ферум (III) роданід $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ забарвлено в криваво-червоний колір, інші речовини – безбарвні чи слабо забарвлені, тому зміна концентрації $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ позначиться на зміні забарвлення розчину. Це дозволяє спостерігати за зсувом рівноваги.

Виконання досліду

Обладнання та реактиви: штатив із пробірками, розчин ферум (III) хлориду (FeCl_3) з молярною концентрацією еквіваленту $0,1 \text{ моль/дм}^3$, розчин амоній роданіду (NH_4SCN) з молярною концентрацією еквіваленту $0,1 \text{ моль/дм}^3$, насичений розчин ферум (III) хлориду, насичений розчин амоній роданіду, кристалічний амоній хлорид (NH_4Cl).

До 15 см^3 дистильованої води додати $1,5 \text{ см}^3$ розчину ферум (III) хлориду з молярною концентрацією еквіваленту $0,1 \text{ моль/дм}^3$ і $0,5 \text{ см}^3$ розчину амоній роданіду з молярною концентрацією еквіваленту $0,1 \text{ моль/дм}^3$. Отриманий розчин перемішати і розлити у 4 пробірки. Додати в першу насичений розчин FeCl_3 , у другу – насичений розчин NH_4SCN , у третю – кристалічний амоній хлорид. Четверта пробірка – стала для порівняння забарвлення. Результати занести у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3

№ пробірки	Розчин, що доданий	Зміна інтенсивності забарвлення (посилення чи ослаблення)	Напрямок зміщення рівноваги (вліво, вправо)
1	насич. FeCl ₃		
2	насич. NH ₄ S CN		
3	кр. NH ₄ Cl		

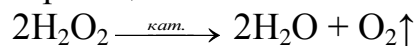
Порівнюючи інтенсивність забарвлення з кольором розчину в контрольній пробірці, використовуючи правило Ле-Шательє, поясніть зміну забарвлення розчинів.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 4. Гетерогенний каталіз

Розклад H₂O₂ відбувається за реакцією:



Виконання дослідів

Обладнання та реактиви: штатив із пробірками, розчин гідроген пероксиду з масовою часткою 30%, манган (IV) оксид, плюмбум (IV) оксид, мікрошпатель.

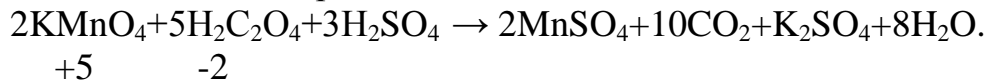
У дві пробірки налити по 10 крапель 30%-ного гідроген пероксиду. В одну мікрошпателем внести порошок манган (IV) оксиду, у другу – таку ж кількість плюмбум (IV) оксиду. Зробити висновок про швидкість розкладання H₂O₂ за інтенсивністю виділення бульбашок газу. Довести, що у обох випадках газ, що виділяється, є киснем. Написати рівняння реакцій. За інтенсивністю виділення бульбашок газу у пробірках, з'ясувати який з двох каталізаторів є найефективнішим.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 5. Автокаталіз

Реакція протікає відповідно до рівняння:



Реакція відбувається повільно, тому спочатку при додаванні розчину калій перманганату розчин у пробірці може забарвитись у рожевий колір, який через деякий час зникає. А вже потім знебарвлення розчину калій перманганату у пробірці буде відбуватися швидше. Утворений у результаті реакції MnSO_4 є каталізатором реакції, тому при подальшому додаванні крапель KMnO_4 , реакція відбувається швидше.

Виконання досліду

Обладнання та реактиви: штатив із пробірками, секундомір, піпетка, розчин щавлевої кислоти $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ з масовою часткою 5%, розчин сульфатної кислоти з молярною концентрацією 2 моль/дм³, розчин калій перманганату KMnO_4 , розчин манган сульфату MnSO_4

В пробірку внести 3 см³ 5%-ного розчину щавлевої кислоти і 2 краплі розчину сульфатної кислоти концентрацією 2 моль/дм³. Суміш перемішати скляною паличкою.

У крапельну піпетку набрати розведений розчин калій перманганату і по краплям додавати його у пробірку з підкисленою щавлевою кислотою. За допомогою секундоміра відмітити час знебарвлення від додавання першої краплі, другої, третьої. Наступну краплю додавати після того, як зникне забарвлення від попередньої краплі.

Повторити дослід у іншій пробірці, попередньо додавши до суміші щавлевої та сульфатної кислоти 4 краплі розчину манган сульфату MnSO_4 . Пояснити, чому у другому випадку реакція протікає швидко, а в першому вона поступово прискорюється? Каталізатором цієї реакції є йони Mn^{2+} , які утворюються в результаті її протікання. Складіть рівняння реакції, враховуючи, що щавлева кислота окиснюється до карбон (IV) оксиду.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Приклади розв'язку задач

Задача 1. У скільки разів зміниться швидкість реакції $2A + B \rightarrow A_2B$, якщо концентрацію речовини А збільшити у 2 рази, а концентрацію речовини В зменшити у 3 рази?

Розв'язок

Записують формулу для розрахунку швидкості реакції v_1 :

$$v_1 = k_1 \cdot C_1^2(A) \cdot C_1(B)$$

При зміні концентрації реагуючих речовин, змінюється і швидкість реакції v_2 :

$$v_2 = k_1 \cdot C_2^2(A) \cdot C_2(B) = k_2 \cdot 2^2 C_1^2(A) \cdot C_1(B)$$

Знаходимо зміну швидкості реакції

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{k_2 \cdot 2^2 C_1^2(A) \cdot C_1(B)}{k_1 \cdot C_1^2(A) \cdot C_1(B)}$$

$k_1 = k_2$, бо речовини та процес однакові, то після скорочення отримуємо:

$$\frac{v_2}{v_1} = 4$$

Відповідь: швидкість реакції збільшиться у 4 рази

Задача 2. Визначте, у скільки разів зменшиться швидкість реакції, що протікає у газовій фазі, якщо підвищити температуру від 80 до 120°C. Температурний коефіцієнт швидкості реакції 2.

Розв'язок

Записують формулу для розрахунку швидкості реакції v_1 :

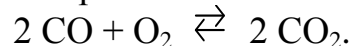
$$v_2 = v_1 \cdot Q^{\frac{1}{n}}$$

Підставляємо дані задачі:

$$v_2 = v_1 \cdot 2^{\frac{1}{2}} = v_1 \cdot 1,414 = 1,414 v_1$$

Відповідь: швидкість реакції збільшиться у 1,414 рази

Задача 3. Реакція відбувається за рівнянням



Концентрації вихідних речовин до початку реакції були: $C_{\text{вих}}(\text{CO}) = 0,019$ моль/дм³; $C_{\text{вих}}(\text{O}_2) = 0,03$ моль/дм³. Розрахувати концентрації цих речовин в стані рівноваги, якщо $C_{\text{рівн}}(\text{CO}_2) = 0,005$ моль/дм³. Розрахувати константу рівноваги.

Розв'язок

1. Константу рівноваги в цій задачі знаходимо за формулою:

$$K_{\text{рівн.}} = \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

2. Так як $C_{\text{рівн.}}(\text{CO}_2) = 0,005$ моль/дм³, то можна розрахувати скільки використано CO та O₂.

$$C_{\text{викор.}}(\text{CO}) = 0,005 \text{ моль/дм}^3 = C_{\text{рівн.}}(\text{CO}_2) = 0,005 \text{ моль/дм}^3$$

$$C_{\text{викор.}}(\text{O}_2) = 0,005 \text{ моль/дм}^3 \cdot 1/2 = 0,0025 \text{ моль/дм}^3$$

3. Розраховуємо рівноважні концентрації CO та O₂.

$$C_{\text{рівн.}}(\text{CO}) = 0,019 - 0,005 = 0,014 \text{ моль/дм}^3$$

$$C_{\text{рівн.}}(\text{O}_2) = 0,03 - 0,0025 = 0,0275 \text{ моль/дм}^3$$

4. Знаходимо константу рівноваги:

$$K_{\text{рівн.}} = \frac{\text{---}}{\text{---}} = 0,216$$

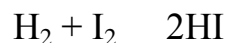
Відповідь: рівноважні концентрації: $C_{\text{рівн.}}(\text{CO}) = 0,014$ моль/дм³
 $C_{\text{рівн.}}(\text{O}_2) = 0,0275$ моль/дм³, $K_{\text{рівн.}} = 0,216$

Завдання для самопідготовки

- Обчисліть значення константи швидкості реакції $2A + B \rightarrow A_2B$, якщо при концентраціях речовин A і B, що дорівнюють відповідно 0,05 і 0,02 моль/дм³, швидкість реакції становить $5 \cdot 10^{-5}$ моль/(дм³·хв.).
- У скільки разів зміниться швидкість реакції $2A + B \rightarrow A_2B$, якщо концентрацію речовини A збільшити у 3 рази, а концентрацію речовини B зменшити у 2 рази?
- Як зміниться швидкість реакції $2\text{NO}(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{г.})$, якщо:
 - збільшити тиск у системі у 4 рази;
 - зменшити об'єм системи у 2 рази;
 - збільшити концентрацію NO у 3 рази?
- Обчисліть температурний коефіцієнт швидкості реакції, якщо при збільшенні температури на 30 °C швидкість реакції зросла у 15,6 рази.
- Окиснення сірки та сульфур (IV) оксиду відбувається за рівняннями:
 - $\text{S}(\text{к}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{к})$;
 - $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{SO}_3(\text{г})$

Як зміняться швидкості цих реакцій, якщо об'єм кожної системи зменшити в три рази?

6. Константа швидкості реакції



при певній температурі дорівнює 0,16. Вихідні концентрації реагуючих речовин: $C_{\text{вих.}}(\text{H}_2) = 0,04$ моль/дм³; $C_{\text{вих.}}(\text{I}_2) = 0,05$ моль/дм³. Розрахувати початкову швидкість реакції та її швидкість, коли $C(\text{H}_2) = 0,03$ моль/дм³.

7. Визначте, у скільки разів зменшиться швидкість реакції, що протікає у газовій фазі, якщо понизити температуру від 120 до 80°C. Температурний коефіцієнт швидкості реакції 3.
8. Як зміниться швидкість реакції, що проходить у газовій фазі, при підвищенні температури на 60°C, якщо температурний коефіцієнт швидкості даної реакції 2?
9. Як вплине на рівновагу наступних реакцій
- зменшення тиску,
 - збільшення температури
 - зменшення концентрації газоподібних продуктів?
 - $2\text{H}_2(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{г.}) \quad \Delta H^\circ = -483,6 \text{ кДж};$
 - $\text{CaCO}_3(\text{кр.}) \rightarrow \text{CaO}(\text{кр.}) + \text{CO}_2(\text{г.}) \quad \Delta H^\circ = 179 \text{ кДж}$
10. У гомогенній системі $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{COCl}_2$ концентрацію CO збільшили від 0,05 до 0,12 моль/дм³, а концентрацію хлору – від 0,04 до 0,08 моль/дм³. У скільки разів зросла швидкість прямої реакції?
11. Температурний коефіцієнт швидкості деякої реакції дорівнює 2,3. У скільки разів збільшиться швидкість цієї реакції, якщо підвищити температуру на 40 градусів?
12. У стані рівноваги в системі
- $$\text{N}_2(\text{г.}) + 3\text{H}_2(\text{г.}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{г.}); \quad \Delta H = -92,4 \text{ кДж}$$
- концентрації речовин, що беруть участь у реакції, становлять: $C_{\text{рівн}}(\text{N}_2) = 2 \text{ моль/дм}^3$; $C_{\text{рівн}}(\text{H}_2) = 7 \text{ моль/дм}^3$; $C_{\text{рівн}}(\text{NH}_3) = 3 \text{ моль/дм}^3$.
Визначте:
- вихідні концентрації H_2 і N_2 ;
 - у якому напрямку зміститься рівновага зі зменшенням температури?
 - у якому напрямку зміститься рівновага, якщо зменшити об'єм реакційної посудини?
13. Написати вираз для константи рівноваги гомогенної системи
- $$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3.$$
- Розрахувати як зміниться швидкість прямої реакції, якщо збільшити концентрацію водню в три рази?
14. Реакція відбувається за рівнянням
- $$\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}.$$
- Концентрації вихідних речовин до початку реакції були: $C_{\text{вих}}(\text{N}_2) = 0,049 \text{ моль/дм}^3$; $C_{\text{вих}}(\text{O}_2) = 0,01 \text{ моль/дм}^3$. Розрахувати концентрації цих речовин в стані рівноваги, коли $C_{\text{рівн}}(\text{NO}) = 0,005 \text{ моль/дм}^3$. Розрахувати константу рівноваги.

Тема 3

ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ. РОЗЧИНИ. КОЛІГАТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ. БУФЕРНІ СИСТЕМИ

Колігативні властивості розчинів (дифузія, осмос та ін.) обумовлюють найважливіші аспекти життєдіяльності організму. Осмотичний тиск обумовлює розподіл води і поживних речовин між різними органами і тканинами організму. Механізм осмосу залежить від природи мембран. За рахунок вибіркової проникності мембран відбувається перенесення поживних речовин і виведення продуктів метаболізму. Всередині клітини осмотичний тиск більший, ніж у позаклітинній рідині. Методи осмометрії, кріометрії та ебуліометрії використовуються для дослідження біологічних рідин, визначення їх осмоляльності, середньої молекулярної маси білка та молекулярних мас інших фізіологічно активних сполук.

Рідини живого організму – кров, сеча, внутрішньо-клітинна рідина, лімфа та інші, містять буферні системи для підтримування постійного значення рН. При багатьох захворюваннях спостерігається зміщення рН або у кислу область (ацидоз), або в лужну (алкалоз). Відомо, що тривале зміщення рН крові на 0,3-0,4 одиниці рН може призвести до смерті хворого. Тому буферна ємність є дуже важливою характеристикою буферної системи або сукупності систем, бо характеризує здатність до нейтралізації речовин, що можуть змінити величину рН. Для точного визначення буферної ємності застосовується потенціометричний метод, який дає змогу чітко зафіксувати зміну рН.

Контрольні запитання

1. Класифікація дисперсних систем
2. Дифузія в розчинах і її значення для біологічних систем.
3. Осмос і осмотичний тиск.
4. Закон Вант-Гоффа для осмотичного тиску.
5. Осмотичні властивості розчинів неелектролітів.
6. Осмотичні властивості розчинів електролітів. Коефіцієнт Вант-Гоффа.
7. Гіпер-, гіпо- і ізотонічні розчини.
8. Процеси плазмолізу і гемолізу.
9. Значення осмосу і осмотичного тиску для біологічних систем.
10. Ізотонічні розчини (фізіологічні) як медичні препарати.
11. Дати визначення буферних систем, вказати їх хімічний склад.
12. Механізм дії буферної системи на прикладі ацетатного буферу.
13. Фактори від яких залежить *pH* буферних систем.
14. Вплив розведення буферних систем на *pH*.
15. Формули для визначення активної кислотності або лужності буферних розчинів.

16. Механізм дії буферних розчинів:
а). гідрокарбонатного буферу;
б) фосфатної буферної системи;
в) білкових буферних систем.
17. Приготування буферних розчинів за даним значенням pH і розрахунок pH буферу за відомим співвідношенням компонентів буферної системи.
18. Буферні системи крові.

До заняття: вивчити теоретичний матеріал за підручниками та посібниками. Письмово дати визначення термінів та понять.

Дисперсні системи – _____

Дисперсійне середовище – _____

Дисперсна фаза – _____

В залежності від розміру частинок дисперсної фази дисперсні системи ділять на

Суспензії – _____

Емульсії – _____

Колоїдні розчини – _____

Істинні розчини – _____

Розчин – _____

Розчинники – _____

Розчинена речовина – _____

Якщо всі компоненти розчину мають різний агрегатний стан, то розчинником вважається: _____

Якщо всі компоненти розчину мають однаковий агрегатний стан, то розчинником вважається: _____

Електроліти – _____

Неелектроліти – _____

Електролітична дисоціація – _____

Види дисоціації – _____

Колігативні властивості розчинів неелектролітів – _____

Від чого залежать колігативні властивості розчинів неелектролітів – _____

Тиск пари розчинника над розчином p – _____

Як залежить тиск пари над розчином від концентрації – _____

Перший закон Рауля – _____

Математичний вираз першого закону Рауля – _____

Температурою кипіння рідини слід вважати – _____

Температура кипіння розчинів неелектролітів – _____

Ебуліоскопічна стала – _____

Температурою замерзання рідини слід вважати – _____

Температура замерзання розчинів неелектролітів – _____

Кріоскопічна стала – _____

Другий закон Рауля – _____

Молярна концентрація розчину – _____

Осмо́с – _____

Осмотичний тиск – _____

Дифузія – _____

Напівпроникна перетинка (мембрана) – _____

Закон Вант-Гоффа – _____

Осмотичний тиск за рівнянням Менделєєва-Клапейрона – _____

Капілярні явища в живих організмах – _____

Осмотичні явища в мікроорганізмах – _____

Осмотичні явища в рослинних організмах – _____

Осмотичні явища в тваринних організмах – _____

Рівновага Доннана – _____

Ізотонічні розчини – _____

Гіпотонічні розчини – _____

Гіпертонічні розчини – _____

Гемоліз – _____

Плазмоліз – _____

Закони Рауля та Вант-Гоффа для розчинів електролітів – _____

Ізотонічний коефіцієнт – _____

Буферні системи – _____

Види буферних систем – _____

Буферна ємність – _____

Буферні розчини – _____

Буферна дія – _____

Вплив розведення на рН буферних систем – _____

Формула розрахунку буферної ємності – _____

Від чого залежить буферна ємність – _____

Кисотно-основний стан крові – _____

Гомеостаз внутрішнього середовища організму – _____

За нормальних умов рН крові – _____

Що може порушувати кисотно-основний стан крові – _____

Буферні системи крові – _____

Сольові буферні системи крові – _____

Ацетатна буферна система – _____

Аміачна буферна система – _____

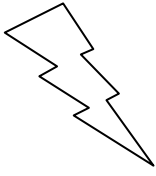
Фосфатна буферна система – _____

Карбонатна буферна система – _____

Кислотний компонент, гліцин або луг (основний компонент) – _____

Гемоглобінова буферна система – _____

Білкова буферна система – _____



Явище осмосу відіграє важливу роль у багатьох хімічних і біологічних системах. Поживні речовини і волога з ґрунту надходять у рослини завдяки капілярним або осмотичним явищам.

У рослинах осмотичний тиск сягає 1-1,5 мПа. Коріння має більш низький осмотичний тиск, ніж надземні частини. Підвищення осмотичного тиску від кореня до листя сприяє руху соків уверх по рослині. В організмах тварин і рослин осмотичний тиск є визначальним фактором щодо розподілення води і поживних речовин між різними органами і тканинами.

Механізм осмосу в організмах тварин залежить від природи мембран. В одних випадках мембрана працює за типом решета, пропускаючи дрібні частинки і затримуючи більші. В інших випадках крізь неї вибірково проходять молекули певних речовин, що пояснюється або розчиненням цієї речовини в ліпідах мембрани, або її взаємодією з мембраною. Прикладом осмотичного приладу є нирки ссавців. У нирки з крові надходять кінцеві продукти обміну. В сечу з нирки (сеча – більш концентрований розчин) значною мірою завдяки осмосу крізь напівпроникну мембрану надходять вода та дрібні йони (наприклад, Na^+ і Cl^-). Ці йони знов активно повертаються в кров крізь мембрану. Виведення води крізь нирки регулюється антидіуретичним гормоном (АДГ), концентрація якого впливає на проникність ниркової мембрани. За його нестачі з сечею виводиться більша кількість води (іноді в 10 разів більше за норму). Надлишок АДГ призводить до зниження проникності клітинної мембрани. Отже, інколи крізь нирки виводиться води вдвічі менше за норму.

Вивчення осмотичних властивостей організму довело, що всередині клітини осмотичний тиск завжди децю вищий, ніж у міжклітинній рідині. Це явище пояснив Ф. Доннан, тому воно відоме під назвою рівноваги Доннана.

У процесі регуляції осмотичного тиску в організмі беруть участь органи виділення, головним чином нирки і потові залози. Завдяки їм вода, що надходить в організм, і продукти метаболізму виводяться із сечею та потом, не спричинюючи суттєвих змін осмотичного тиску.

Розрахунки рН для кислотних буферних систем:

Ацетатний буфер (діапазон рН 3,75-5,6), концентрація кислоти та солі однакова.



_____ , звідси

_____ , тобто _____

тоді _____

Потрібно обчислити концентрацію йонів Гідрогену і рН буферного розчину, враховуючи, що в ньому $C(\text{кислоти}) = C(\text{солі}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$, а $K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,75 \cdot 10^{-5}$

$$\begin{aligned} \frac{\text{_____}}{\text{_____}} &= \frac{\text{_____}}{\text{_____}} = 1,75 \cdot 10^{-5} \\ &= 4,75 \end{aligned}$$

Розрахунки рН для основних буферних систем

_____ ,

тоді _____ - _____

Лабораторна робота № 3

КОЛІГАТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ. БУФЕРНІ СИСТЕМИ

Мета роботи: вивчити види дисперсних систем, їх види та вплив на живі організми. Засвоїти види та властивості розчинів. Вивчити колігативні властивості розчинів, вплив їх на природні процеси, а також види та властивості буферних систем.

Дослід 1. Осмос і осмотичний тиск.

Пробірку без дна із закріпленою на ній напівпроникною мембраною наповнюють 70 %-ним розчином сахарози, закривають корком з отвором, в якому вставлена скляна трубка з зігнутим кінцем. Осмометр закріплюють в штативі, а розчин відділений мембраною опускають в склянку з дистильованою водою. Внаслідок ендоосмосу рідина в трубці підіймається на певну висоту. Стовпчик рідини в трубці показує величину осмотичного тиску.

Намалювати осмометр і зробити відповідні висновки.

Припинення підйому рідини в трубці означає, що в системі встановилася рівновага, яка характеризується однаковим числом молекул розчинника, що проникають у взаємно протилежних напрямках – від розчинника до розчину і від розчину до розчинника.

Таким чином, розчин лише в тому разі може знаходитися в рівновазі з розчинником за наявності напівпроникної перегородки, якщо до останньої з боку розчину буде прикладений деякий надмірний тиск, званий осмотичним.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 2. Ріст "штучної клітини" Траубе.

В пробірку поміщають кілька кристалів калій гексаціано-(II)-феррату (жовта кров'яна сіль) $K_4[Fe(CN)_6]$. Доливають 4-5 см³ 5%-ного розчину купрум сульфату. Кристалики солі, розчиняючись, взаємодіють з купрум сульфатом. При цьому утворюється напівпроникна мембрана купрум гексаціано-(II)-феррату $Cu_2[Fe(CN)_6]$, яка пропускає воду, але не пропускає йони солі. Зобразити малюнком ці утворення і зробити відповідний висновок.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 3. Одержання деревоподібних утворень.

В чотири пробірки наливають по 4-5 см³ розведеного силікатного клею і опускають в кожену пробірку відповідно кристали хлоридів кобальту, мангану, нікелю, купруму. Через деякий час з кристаликів виростають деревоподібні утворення.

Зробити відповідні малюнки і пояснити ці явища.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 4. Приготування буферних розчинів. Приготувати 4 см^3 ацетатного буферного розчину ($\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$) і стільки ж амоніачного буферного розчину ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$) з концентрацією компонентів $0,1 \text{ моль/дм}^3$. Розрахувати рН приготовлених розчинів. Далі в окремих пробірках визначити рН за допомогою паперового індикатора кожного розчину та порівняти з розрахунковими даними.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 5. Буферна дія. У дві конічні пробірки налити по 1 см^3 приготовленого ацетатного буферного розчину (див. дослід 3.4). В першу пробірку внести 1 краплю розчину сульфатної кислоти з концентрацією 1 моль/дм^3 , у другу – 1 краплю розчину натрій гідроксиду з концентрацією 1 моль/дм^3 , кожен розчин інтенсивно перемішати скляною паличкою. Визначити рН розчинів. За даними дослідів сформулювати висновок. Здійснити аналогічний дослід з амоніачним буферним розчином.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 6. Вплив розведення на рН буферного розчину. Внести в пробірку 4 краплі приготовленого розчину (дослід 3.4.) і розвести вміст пробірки в 25 разів (додати приблизно 5 см^3 дистильованої води). Визначити рН цього розчину і порівняти його із вихідним значенням. Отриманий розчин розвести ще у 10 разів і знову визначити рН. Чи змінилось його значення? Виконати аналогічний дослід із амоніачним буферним розчином.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 7. Втрата буферної дії. Налити у 4 пробірки по $0,5 \text{ см}^3$ раніше приготовленого амоніачного буферного розчину (дослід 3.4), далі додати розчин хлоридної кислоти (1 моль/дм^3): у I-у – 1, у II-у – 2, у III-у – 3, у IV-у – 4 краплі і визначити рН кожного розчину. За отриманими даними побудувати графік в координатах концентрація кислоти – рН буферного розчину. Замість концентрації кислоти можна взяти її об'єм, вважаючи, що об'єм 1 краплі складає $0,05 \text{ см}^3$. Встановити при якому значенні концентрації розчину хлоридної кислоти буферна дія припиняється. Амоніачний буферний розчин можна замінити ацетатним і виконати дослід аналогічно наведеному.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Приклади розв'язку задач

Задача 1. На скільки градусів підвищиться температура кипіння води, якщо у 100 г води розчинити 15 г глюкози? Ебуліоскопічна стала води дорівнює $0,52 \text{ К} \cdot \text{кг/моль}$.

Розв'язок

Знаходимо моляльну концентрацію розчину:

Моляльна концентрація (C_m) – це кількість молів розчиненої речовини в 1 кг (1000 г) розчинника, наприклад, води:

$$C_m = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{15 \text{ г}}{180 \text{ г/моль} \cdot 0,1 \text{ л}} = 0,83 \text{ моль/кг}$$

$$C_m = 0,83 \text{ моль/кг}$$

Знаходимо різницю температури кипіння розчину порівняно з розчинником (H_2O)

$$\Delta T = K_{\text{ебул}} \cdot C_m$$

$$\Delta T = 0,52 \cdot 0,83 = 0,43 \text{ К}$$

Таким чином, розчин кипить при температурі 100,43 °С

Відповідь: розчин кипить при температурі 373,43 К = 100,43 °С

Задача 2. Розрахуйте осмотичний тиск розчину, в 1 дм³ якого міститься 90 г фруктози при температурі 27°С.

Розв'язок

Знаходимо кількість речовини фруктози

$$\nu (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{m}{M} = \frac{90 \text{ г}}{180 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

Знаходимо молярну концентрацію фруктози

$$C (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{\nu}{V} = \frac{0,5 \text{ моль}}{1 \text{ дм}^3} = 0,5 \text{ моль/дм}^3$$

Температуру потрібно підставляти у Кельвінах

Можна розрахувати осмотичний тиск розчину

$$\pi = CRT = 0,5 \text{ моль/дм}^3 \cdot 8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \cdot 300 \text{ К} = 1247 \text{ Па}$$

Відповідь: 1247 Па

Задача 3. Буферна система складається з 100 см³ розчину ацетатної кислоти з молярною концентрацією еквівалента 0,1 моль/дм³ і 150 см³ натрій ацетату з молярною концентрацією еквівалента 0,2 моль/дм³. (К_д(CH₃COOH) = 1,75 · 10⁻⁵). Визначити рН даної системи.

Розв'язок

Записуємо рівняння реакцій дисоціації електролітів в буферній системі:



Кислота – слабкий електроліт, тому для неї можна записати константу дисоціації:

Знаходимо об'єм буферної системи:

$$\begin{aligned} V (\text{б.с.}) &= V (\text{CH}_3\text{COOH}) + V (\text{CH}_3\text{COONa}) \\ V (\text{б.с.}) &= 100 \text{ см}^3 + 150 \text{ см}^3 = 250 \text{ см}^3 = 0,25 \text{ дм}^3 \end{aligned}$$

Обчислюємо кількості речовин еквівалентів:

$$\begin{aligned} \nu (1/z x) &= C (1/z x) \cdot V (1/z x) \\ \nu (1/z \text{CH}_3\text{COOH}) &= C (1/z \text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V (1/z \text{CH}_3\text{COOH}) \\ \nu (1/z \text{CH}_3\text{COOH}) &= 0,1 \text{ моль/дм}^3 \cdot 0,1 \text{ дм}^3 = 0,01 \text{ моль} \\ \nu (1/z \text{CH}_3\text{COONa}) &= C (1/z \text{CH}_3\text{COONa}) \cdot V (1/z \text{CH}_3\text{COONa}) \\ \nu (1/z \text{CH}_3\text{COONa}) &= 0,2 \text{ моль/дм}^3 \cdot 0,15 \text{ дм}^3 = 0,03 \text{ моль} \end{aligned}$$

Розрахуємо концентрації солі та кислоти після утворення буферної системи

$$C (1/z \text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{\nu (1/z \text{CH}_3\text{COOH})}{V (\text{б.с.})} = \frac{0,01 \text{ моль}}{0,25 \text{ дм}^3} = 0,04 \text{ моль/дм}^3$$

$$C(1/2 \text{CH}_3\text{COONa}) = \frac{\text{---}}{\text{---}} = 0,12 \text{ моль/дм}^3$$

Потрібно обчислити концентрацію йонів Гідрогену і рН буферного розчину

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} = 5 \cdot 10^{-6}$$

$$= 5,3$$

Відповідь: буферна система має рН = 5,3

Завдання для самопідготовки

1. Обчислити осмотичний тиск розчину глюкози з концентрацією 0,287 моль/дм³ (умови нормальні).
2. Що таке осмотичний тиск розчину? Яким буде осмотичний тиск розчину при 0°C, якщо в 1 дм³ його міститься 1 моль неелектроліту.
3. Розрахуйте осмотичний тиск розчину, в 1 дм³ якого міститься 34,2 г цукру при температурі 0°C та 27°C.
4. Який розчин буде мати більший осмотичний тиск: який містить у 1 дм³ 18 г глюкози, 18 г NaCl чи 18 г формаліну CH₂O? Дайте пояснення та зробіть розрахунки.
5. Що таке ізотонічні розчини? Чи будуть розчини ізотонічні, якщо в 1 дм³ одного міститься 9 г глюкози, а в 1 дм³ іншого – 17,1 г цукру?
6. Чому розчини киплять при більш високій температурі, ніж чисті розчинники? На скільки градусів підвищиться температура кипіння води, якщо у 200 г води розчинити 43,2 г цукру? Ебуліоскопічна стала води дорівнює 0,52 К·кг/моль.
7. Чому розчини замерзають при більш низькій температурі, ніж чисті розчинники? При якій температурі буде замерзати 40 % розчин етилового спирту? Кріоскопічна стала води 1,86 К·кг/моль.
8. Визначити значення ізотонічного коефіцієнту для 0,85 % розчину натрій хлориду, ізотонічного по відношенню до крові.
9. Аміачна буферна система складається з 100 см³ розчину амоній гідроксиду з молярною концентрацією еквівалента 0,1 моль/дм³ і 50 см³ амоній хлориду з молярною концентрацією еквівалента 0,2 моль/дм³. ($K_{\text{NH}_4\text{OH}} = 1,79 \cdot 10^{-5}$). Визначити рН даної системи.
10. Як зміниться рН даного аміачного буферу (задача 9) при доливанні до нього 10 см³ розчину кислоти з молярною концентрацією еквівалента 0,2 моль/дм³.
11. Розрахуйте які об'єми розчинів натрій гідрофосфату і дигідрофосфату з молярними концентраціями еквівалента 0,1 моль/дм³ треба взяти для приготування 100 см³ буферного розчину з рН 6,8. ($K_{\text{NaH}_2\text{PO}_4} = 6,2 \cdot 10^{-8}$)
12. Як зміниться рН даного фосфатного буферу (задача 11) при доливанні до нього 40 см³ розчину луку з молярною концентрацією еквівалента 0,1 моль/дм³.

Тема 4 ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ

Вода – це дуже полярний розчинник. Речовини при розчиненні у воді зазнають значних змін. Часто ці зміни зумовлюють електропровідність водних розчинів, проте можливе і повне хімічне перетворення речовин при розчиненні.

Хімічно чиста вода практично не проводить електричний струм. Водні розчини багатьох органічних сполук (спиртів, альдегідів, кетонів, вуглеводнів) теж не електропровідні. Але при розчиненні у воді неорганічних сполук (солей, кислот, основ, більшості оксидів, а також деяких колоїдних систем) розчин стає електропровідним.

Властивості води призвели до того, що на Землі зародилось життя, яке весь час та зараз розвивається. Всі живі організми складаються з водних розчинів. Тому, властивості водних розчинів впливають на життєдіяльність всіх природних організмів.

Контрольні запитання

- 1.Що таке питома електропровідність, еквівалентна електропровідність?
- 2.Що таке рухливість йонів?
- 3.Які відмінності спостерігаються при зміні еквівалентної електропровідності з розведенням в розчинах слабких та сильних електролітів?
- 4.Які фактори впливають на електропровідність розчинів?
- 5.Що таке електропровідність при безмежному розведенні? Її зв'язок з рухливістю йонів в розчині.
- 6.Яке практичне значення має визначення електропровідності?
- 7.Що таке кондуктометричне титрування

До заняття: вивчити теоретичний матеріал за підручниками та посібниками. Письмово дати визначення термінів та понять.

Електролітична дисоціація – _____

Вода – полярний розчинник – _____

Електропровідність водних розчинів – _____

Чиста вода проводить електричний струм? Чому? – _____

Ступінь електролітичної дисоціації (α) – _____

Від чого залежить ступінь електролітичної дисоціації – _____

Сильні електроліти – _____

Середні електроліти – _____

Слабкі електроліти – _____

Неелектроліти – _____

Ступінь дисоціації при розведенні розчину – _____

*Дійсна ступінь дисоціації сильних електролітів у розчинах будь якої концентрації є рівною 100%. Проте через електростатичне притягання протилежно заряджених іонів, яке особливо значне у концентрованих розчинах, активність іонів знижується і сильний електроліт веде себе так, якби він знаходився у стані неповної дисоціації. Тому дисоціацію сильних електролітів прийнято кількісно характеризують **уявним ступенем дисоціації**.*

Активність іонів – _____

Коефіцієнт активності – _____

Йонна сила розчину – _____

Рівняння Дебая-Хюккеля – _____

Константа дисоціації (K_D) – _____

Реакції йонного обміну – _____

Добуток розчинності (ДР) – _____

Електропровідність розчинів слабких електролітів – _____

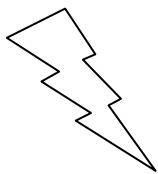
Закон розведення Оствальда – _____

Кондуктометрія – _____

Питома електропровідність (κ) – _____

Еквівалентна електропровідність (λ) – _____

Закон Кольрауша – _____



Практичне застосування електропровідності розчинів

Кондуктометрія – (з англ. *conductivity* – електропровідність та грецьк. *metreo* – вимірюю) – сукупність електрохімічних методів аналізу, заснованих на вимірюванні електропровідності у рідких електролітах, яка є пропорційною їх концентрації).

Кондуктометрія знайшла широке використання для дослідження розчинів, розплавів, твердих та рідких чистих речовин, для кількісного аналізу – в аналітичній хімії, а також для автоматизації технологічних процесів із використанням різноманітних варіантів кондуктометрії.

Перевагами кондуктометрії є: висока чутливість (нижня межа визначення концентрації – 10^{-4} - 10^{-5} моль/дм³), достатньо

висока точність (відносна похибка визначення 0,1-2%), простота методик, доступність апаратури, можливість дослідження забарвлених і каламутних розчинів, а також можливість автоматизації аналізу.

Існує три групи кондуктометричних методів:

1 – кондуктометрія в фізичних і фізико-хімічних дослідженнях як один з методів вивчення будови чистої речовини, розчинів та кінетики фізико-хімічних процесів;

2 – аналітична кондуктометрія, включаючи автоматичні методи, які застосовуються для контролю технологічних процесів, як один з методів електрохімічного аналізу речовини;

3 – кондуктометричне титрування, включаючи автоматичні методи, як один з методів об'ємного хімічного аналізу, при якому точка еквівалентності встановлюється кондуктометрично.

Застосування першої групи методів:

– визначення електропровідності (ЕП) різних систем: розплавів різних солей у фізико-хімічному аналізі різних систем; істинних водних розчинів – кислот, основ, солей, для визначення розчинення солей; колоїдних розчинів – золів, гелів, емульсій, ґрунту, тіста і т.д.; різних речовин у твердому стані – гірських порід, твердого палива, каталізаторів і т.д.;

– при дослідженні кінетики хімічних реакцій, гідролізу, розчинення;

– При визначенні ЕП неводних розчинів і речовин;

– При визначенні густини водних розчинів електролітів і т.д.

Застосування другої групи методів (визначення концентрації речовин):

– загальні методи аналізу, хроматографічний аналіз, при аналізі проміжних продуктів і хіміко-фармацевтичних препаратів, харчових продуктів, біологічних речовин і т.д.;

– визначення вмісту Карбону у металах та інших речовинах (сталях, ґрунті, добривах);

– визначення вмісту солей у водних розчинах: контроль засоленості ґрунтів, ґрунтових і поливних вод, визначення солоності морської води;

– визначення вологості твердих солей, органічних рідин, газів, текстильних матеріалів, ґрунту, піску, зерна і т.д.

Застосування третьої групи методів кондуктометричного титрування: – загальні методи визначення кінцевої точки

титрування при реакціях нейтралізації, осадження та комплексоутворення у водних і неводних середовищах.

Перша група кондуктометрії вимагає для свого здійснення методів та приладів, які характеризуються найбільшою точністю, високою чутливістю для забезпечення високої стабільності показників.

Електропровідність розчину зумовлена наявністю в ньому йонів.

Питома електропровідність залежить від температури розчину, його складу – від активності та величини зарядів йонів.

У розчинах, до складу яких входять переважно неорганічні сполуки, питома електропровідність є приблизним показником концентрації неорганічних електролітів. При аналізі розчинів питому електропровідність вимірюють при 20⁰С. Результати виражають у мкСм·см⁻¹.

При вимірюванні електропровідності необхідно точно витримувати температуру 20⁰С. Тому розчини, що досліджуються попередньо термостатують. Підвищення або зниження температури на 1⁰С призводить до помилки в ± 2%.

Таблиця 4.1

Значення еквівалентної електропровідності деяких катіонів та аніонів

Катіони	$\lambda_{\infty+}$, См·моль ⁻¹ ·см ²	Аніони	$\lambda_{\infty-}$, См·моль ⁻¹ ·см ²
H ⁺	349,8	ОН ⁻	198,6
NH ₄ ⁺	73,4	CH ₃ COO ⁻	40,9

Лабораторна робота № 4 **ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ РОЗЧИНІВ**

Мета роботи: одержати навички визначення електропровідності розчинів; встановити залежність питомої та еквівалентної електропровідності розчинів слабких електролітів від концентрації та температури; навчитись за даними електропровідності визначати константу дисоціації та термодинамічні функції процесу дисоціації слабких електролітів.

Калібровка приладу

Визначення питомої електропровідності проводять за допомогою кондуктометру, вигляд якого наведено на рис.4.1.

Спочатку кондуктометр прогрівають 5 хв. і натискають кнопку 1 «калібратор». Потім встановлюють масштаб перемикачем зміни масштабу 2 на 5 мСм і за допомогою ручки регулювання 3 переводять стрілку по верхній шкалі у правий кут на позначку 5. Далі виставляють максимальний масштаб

500 мСм. Якщо стрілка на шкалі не змінює свого положення, то прилад готовий до роботи, кнопку калібратор відтискають. Далі в процесі виконання роботи користуються тільки перемикачем зміни масштабу! Масштаб підбирають таким чином, щоб стрілка кондуктометра знаходилась приблизно посередині шкали.

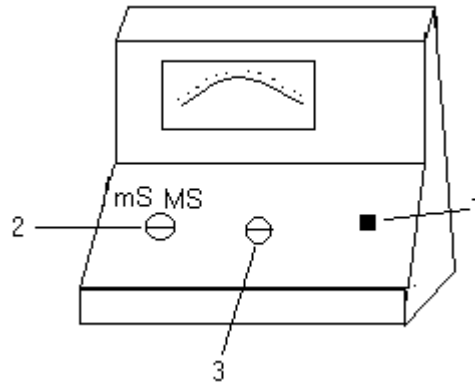


Рис.4.1. Кондуктометр:

- 1 – кнопка «Калібратор» (“Calibrator”);
- 2 – перемикач зміни масштабу;
- 3 – перемикач регулювання

Дослід 1. Порівняння електропровідності розчинів речовин

Матеріали та реактиви: розчини H_2SO_4 , CH_3COOH , $NaOH$, NH_4OH , KNO_3 , цукру з молярною концентрацією $0,04$ моль/дм³, стакани об’ємом 50 см³, циліндри на $50-100$ см³, фільтрувальний папір, термометри, кондуктометр.

а) Визначити питому електропровідність розчинів з концентрацією $0,04$ моль/дм³: H_2SO_4 , CH_3COOH , $NaOH$, NH_4OH , KNO_3 , цукор.

Розчин, що досліджується налити в стакан об’ємом 50 см³, відзначити за допомогою термометра температуру, промокнути електрод фільтрувальним папером та опустити в розчин. Виміряти електропровідність з урахуванням масштабу, дані занести в таблицю.

Після вимірювань електроди ополіскують у склянці з водопровідною, а потім з дистильованою водою.

Отримані дані записати на дошці, а потім згрупувати електроліти за силою (заповнити табл. 4.2. із зазначенням величини питомої електропровідності). Сильними вважати електроліти, у яких $\kappa = \text{_____} \text{См} \cdot \text{см}^{-1}$ ($\text{Ом}^{-1} \text{см}^{-1}$), слабкими – у яких $\kappa = \text{_____} \text{См} \cdot \text{см}^{-1}$ ($\text{Ом}^{-1} \text{см}^{-1}$).

Таблиця 4.2.

Класифікація розчинів речовин за величиною питомої електропровідності

Сильні електроліти	Слабкі електроліти	Неелектроліти

Для всіх електролітів записати рівняння електролітичної дисоціації.

б) Злити розчини ацетатної кислоти з молярною концентрацією $0,04 \text{ моль/дм}^3$ й амоніаку з молярною концентрацією $0,04 \text{ моль/дм}^3$, визначити питому електропровідність отриманого розчину. Відзначити спостереження, скласти молекулярне та скорочене йонне рівняння реакції та рівняння електролітичної дисоціації. Пояснити зміну значення питомої електропровідності. Заповнити табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Значення питомої електропровідності розчинів слабких електролітів

Розчин електроліту	Значення питомої електропровідності (κ), $\text{См}\cdot\text{см}^{-1}$
CH_3COOH	
NH_4OH	
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \dots$	

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 2. Зсув рівноваги дисоціації слабких електролітів.

Матеріали та реактиви: штативи з пробірками, скляні палички, шпателі, розчин фенолфталеїну, NH_4Cl кристалічний, розчини CH_3COOH , NH_4OH з молярною концентрацією $0,04 \text{ моль/дм}^3$.

Налити в пробірку розчин амоніаку з молярною концентрацією $0,04 \text{ моль/дм}^3$, додати 1-2 краплі фенолфталеїну, перемішати вміст пробірки і розділити його на дві частини. В одну з пробірок додати кристалічний амоній хлорид. Порівняти забарвлення розчину в обох пробірках. Зробити висновки, використовуючи принцип Ле-Шательє.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 3. Вплив розведення (концентрації) на величину питомої та еквівалентної електропровідності розчинів слабких електролітів.

Матеріали та реактиви: скляні палички, стакани об'ємом 50 см³, циліндри, термометри, кондуктометр, фільтрувальний папір, розчини CH₃COOH, NH₄OH з молярною концентрацією 0,04 моль/дм³.

В хімічний стакан об'ємом 50 см³ налити такий об'єм розчину слабого електроліту – амоніаку або оцтової кислоти (40 см³) з молярною концентрацією еквіваленту 0,04 моль/дм³, щоб в нього занурювались всі три кільця електроду кондуктометра. Цей об'єм виміряти за допомогою циліндра і довести до цілочисельного значення. За допомогою термометра виміряти і записати значення температури розчину слабого електроліту. Виміряти електропровідність, враховуючи масштаб, дані питомої електропровідності занести в таблицю 4.4.

Циліндром відібрати зі стакану рівно половину об'єму розчину і додати туди такий же об'єм дистильованої води при тій же температурі. Розчин перемішати та виміряти електропровідність, дані занести в таблицю 4.4.

Розрахувати еквівалентну електропровідність, дані занести в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4.

Розчин слабого електроліту	Молярна концентрація, моль/дм ³	Питома електропровідність (κ), См·см ⁻¹	Зі зменшенням концентрації питома електропровідність (збільшується/зменшується)	Еквівалентна електропровідність (λ), См·моль ⁻¹ ·см ²	Зі зменшенням концентрації еквівалентна електропровідність (збільшується/зменшується)
Температура дослідів: t ₁ = _____ °C					
CH ₃ COOH	0,04				
	0,02				
NH ₄ OH	0,04				
	0,02				

Користуючись даними таблиці зробити висновок про вплив концентрації на значення питомої та еквівалентної електропровідності розчинів слабких електролітів.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 4. Вплив температури на величину питомої та еквівалентної електропровідності розчинів слабких електролітів.

Матеріали та реактиви: скляні палички, стакани об'ємом 50 см³, циліндри, термометри, кондуктометр, електричні плитки, фільтрувальний папір, розчини CH₃COOH, NH₄OH з молярною концентрацією 0,04 моль/дм³.

В хімічний термостійкий стакан об'ємом 50 см³ налити такий об'єм розчину слабого електроліту – амоніаку або оцтової кислоти (40 см³) з молярною концентрацією еквіваленту 0,04 моль/дм³, щоб в нього занурювались всі три кільця електроду кондуктометра. Цей об'єм виміряти за допомогою циліндру і довести до цілочисельного значення. За допомогою електричної плитки нагріти розчин до температури t₁+20⁰C. Виміряти електропровідність, враховуючи масштаб, дані питомої електропровідності занести в таблицю 4.5.

Розрахувати для двох температур:

- 1) еквівалентну електропровідність;
- 2) користуючись довідниковими даними значення еквівалентної електропровідності при нескінченному розведенні λ_{∞} за законом Кольрауша;
- 3) ступінь дисоціації α ;
- 4) константу дисоціації за законом розведення Оствальда;
- 5) термодинамічні функції процесу дисоціації: ΔG , ΔH , ΔS .

Одержані дані занести в таблицю, проаналізувати їх.

Зробити висновок про вплив температури на значення питомої та еквівалентної електропровідності розчинів слабких електролітів та на величину константи дисоціації. Пояснити зміну величини константи дисоціації величиною теплового ефекту процесу.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Таблиця 4.5

Результати розрахунків

Розчин слабого електроліту (C(x)=0,04 моль/дм ³)	Температура дослідю, °C	α, см·см ⁻¹	λ	λ _∞	α	К	ΔH, Дж	ΔG, Дж	ΔS, Дж/мольК
			см·моль ⁻¹ ·см ²						
CH ₃ COOH	t ₁ =								
	t ₁ +20°C=								
NH ₄ OH	t ₁ =								
	t ₁ +20°C=								

Дослід 5. Визначення питомої електропровідності розчину меду, взятого для аналізу. Визначити питому електропровідність розчину меду, що досліджується і встановити, чи відповідає мед вимогам чинного стандарту за величиною електропровідності його розчину.

Матеріали та реактиви: термометри; аналітичні ваги; кондуктометр; лійки, шпателі, фільтрувальний папір, скляні палички, стакани на 50 та 100 см³, мірні колби на 100 см³.

Теоретичні відомості

Питома електропровідність меду. Питома електропровідність меду обумовлена наявними у ньому мінеральним речовинам, органічним кислотами та білками і залежить від походження меду, концентрації розчину та температури. Питома електрична провідність нерозбавленого меду є такою ж, як і у дистильованої води. При розбавленні меду водою цей показник збільшується, досягаючи максимуму у 20-30%-них розчинах. Існує залежність показника питомої електропровідності від ботанічного походження меду та вмісту зольних елементів. Серед світлого меду найнижчу питому електропровідність має акацієвий мед, а найвищу – липовий. Для темних видів меду, наприклад, для гречаного, питома електропровідність є вищою за світлі види меду. Слід зазначити, що каштановий і падевий мед відрізняються високою електропровідністю, оскільки містять більше мінеральних солей. *Падевий мед* – це мед, джерелом якого є падь тваринного (перероблений комахами сік рослин) і чисто рослинного (медвяна роса) походження. Падь тваринного походження – це солодкі виділення комах паразитів (тля, листоблішки, червеці). Медвяна роса – це солодкі виділення рослин (на вербових, осиці, липі, модрині, ялині, ялиці), які не пов'язані із нектарниками (на стеблах, на листі). Специфічна електропровідність належить до показників, які дозволяють зробити висновок про походження меду і, головним чином, відрізнити падевий мед від нектарного.

Хід досліду

Приготування розчину меду

У хімічний стакан об'ємом 50 см^3 зважують наважку меду масою $20,0 \text{ г}$, розчиняють у прокип'яченій дистильованій воді, кількісно за допомогою лійки переносять у мірну колбу на 100 см^3 та доводять дистильованою водою до позначки.

Визначення питомої електропровідності

За допомогою циліндра наливають у 2 сухі і чисті стакани об'ємом 50 см^3 по 40 см^3 розчину меду і вимірюють його температуру. Якщо температура відмінна від $20,0^\circ\text{C}$ – розчини термостатують. У перший стакан занурюють електроди і обмивають їх поверхню кілька разів. Промиті таким чином електроди виймають і після того як стече розчин занурюють у другий стакан із досліджуваним розчином меду (необхідно стежити, щоб три кільця електроду були занурені у розчин). Масштаб для вимірювання підбирають так, щоб стрілка кондуктометра знаходилась приблизно посередині шкали. Значення електропровідності визначають з урахуванням масштабу. Результати записують у вигляді таблиці подібної до табл. 4.6.

Таблиця 4.6

Запис результатів визначення питомої електропровідності

Масштаб	Показання кондуктометра	Ціна поділки	Величина електропровідності, $\text{мСм}\cdot\text{см}^{-1}$ ($\text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$)

Знайдене значення електропровідності порівнюють із вимогами чинного стандарту на мед бджолиний (ДСТУ 4497:2005. Мед натуральний. Технічні умови), наведеними у табл. 4.7. і визначають до якого ґатунку належить мед, відібраний для аналізу.

Таблиця 4.7

Вимоги чинного стандарту щодо величини питомої електропровідності розчину меду

Показник	Мед вищого ґатунку	Мед першого ґатунку
Електропровідність, мСм	0,2-1,0	0,2-1,5

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 6. Визначення засоленості ґрунту за величиною питомої електропровідності водної витяжки. Оцінити засоленість досліджуваного ґрунту кондуктометричним методом.

Прилади та реактиви: ваги аналітичні, стакани на 50 см³, термометри, шпателі, гумові пробки, конічні колби на 100 см³, лійки, фільтрувальний папір, кондуктометр.

Теоретичні відомості

Засоленість ґрунтів прийнято оцінювати за питомою електропровідністю водних витяжок. До засолених відносять ґрунти з електропровідністю більше 20 мСм·см⁻¹. Нижче наведено класифікацію ґрунтів в залежності від електропровідності водних витяжок (табл. 4.8.)

Таблиця 4.8

Класифікація ґрунтів

Питома електропровідність, α , См·см ⁻¹ (мСм·см ⁻¹) (Ом ⁻¹ ·см ⁻¹)	Характеристика ґрунту
0,2-0,8 (200-800)	слабкозасолений
0,8-1,5 (800-1500)	середньозасолений
>1,5 (>1500)	сильнозасолений

На основі даних про питому електропровідність можна одержати відомості про масовий вміст солей C (мг/дм³) за формулою:

$$C = 64 \cdot \alpha.$$

Проте слід мати на увазі, що ці розрахунки лише наближено дають змогу оцінити мінералізацію ґрунту, оскільки співвідношення різних солей у ґрунтах буває самим різноманітним.

Хід досліду

Із повітряно-сухого ґрунту, розтертого у ступці та просіяного крізь сито з діаметром отворів 1мм, відбирають наважку масою 10 г та переносять у колбу на 100 см³, приливають 50 см³ дистильованої води, закривають пробкою та струшують протягом 3-5 хв.

Отриману суспензію фільтрують крізь складчастий фільтр у стакан об'ємом 50 см³, в який вставлено лійку. Якщо фільтрат буде каламутним, його ще раз пропускають крізь той же фільтр.

Стакан із водною витяжкою термостатують. Виймають електрод із води і осушують залишки дистильованої води за допомогою фільтрувального паперу. У стакан із водною витяжкою з ґрунту занурюють електроди (необхідно стежити, щоб три кільця електродів були занурені у розчин). Масштаб для вимірювання підбирають так, щоб стрілка кондуктометра знаходилась приблизно посередині шкали. Значення електропровідності відзначають з

урахуванням масштабу. Результати записують у вигляді таблиці подібної до табл. 4.9

Таблиця 4.9

Запис результатів визначення питомої електропровідності

Масштаб	Показання кондуктометра	Ціна поділки	Величина питомої електропровідності, κ , $\text{См}\cdot\text{см}^{-1}$ ($\text{мСм}\cdot\text{см}^{-1}$) ($\text{Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$)	Характеристика ґрунту

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 7. Визначення якості дистильованої води. Визначити якість дистильованої води для аналізу та бідистиляту кондуктометричним методом.

Прилади та реактиви: термометри, гумові пробки, конічні колби на 100 см^3 , лійки, фільтрувальний папір, кондуктометр.

Теоретичні відомості

Оцінка якості дистильованої води за питомою електропровідністю проводиться відповідно до стандарту. Питома електропровідність дистильованої води не має перевищувати **0,005 мСм/см**, а електропровідність бідистиляту (води, яку двічі піддавали перегонці) має бути меншою **0,001 мСм/см**. Нескладні розрахунки показують, що таку електропровідність можуть створювати сильні електроліти з концентрацією у 10^{-5} моль/дм³. Не багато знайдеться хіміків, які погодились би працювати з дистильованою водою, у якій би знаходились солі таких концентрацій. Але не все так погано, як це здається! Аналіз складу води показує, що головною йонною домішкою у складі дистильованої води майже завжди є карбонатна кислота. Її джерелом є вуглекислий газ атмосфери. При тій кислотності середовища, яка наявна у воді (рН=5,5-6,5), дисоціація кислоти протікає за першим ступенем. Таким чином, у дистильованій воді переважно існують два йони – H^+ та НСО_3^- .

Оскільки гідрокарбонат-аніон для більшості аналітичних методик не є заважаючим, то досліднику завжди цікаво мати відомості про інші домішки. Можна застосувати дуже простий прийом. Необхідно прокип'ятити зразок дистильованої води, що досліджується, оскільки при кип'ятінні йон НСО_3^- розкладається з утворенням води і СО_2 , який звітряється із проби. Після

кип'ятіння дистильовану воду охолоджують, причому шийку колби, в якій відбувалось кип'ятіння, затискають трубкою із негашеним вапном (СаО), для запобігання потрапляння у пробу CO_2 . Кондуктометричні вимірювання, проведені після кип'ятіння, дозволяють приписати нелетким йонним домішкам залишкову електропровідність. Але при цьому слід враховувати, що вода теж характеризується певною провідністю.

У цього прийому з кип'ятінням є недолік, який полягає у тому, що таким способом не можна врахувати вклад летких домішок, таких як HCl , NH_4OH та інші.

Нижче наведено вимоги стандарту до дистильованої води для аналізу щодо величини її питомої електропровідності (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

**Вимоги чинного стандарту до дистильованої води для аналізу
щодо величини питомої електропровідності**

Питома електропровідність, κ , мСм/см	Об'єкт дослідження
<0,005	дистильована вода
<0,001	бідистиллят

Хід досліду

Два стакани об'ємом 50 см^3 із дистильованою водою термостатують і вимірюють температуру. У перший стакан занурюють електроди і обмивають їх поверхню кілька разів. Промиті таким чином електроди виймають і після того як стече дистильована вода занурюють у другий стакан із дистильованою водою (необхідно стежити, щоб три кільця електрода були занурені у воду). Значення електропровідності зазначають з урахуванням масштабу. Результати записують у вигляді таблиці, подібної до табл. 4.11.

Таблиця 4.11

Запис результатів визначення питомої електропровідності

Масштаб	Показання кондуктометра	Ціна поділки	Величина питомої електропровідності, κ , $\text{См}\cdot\text{см}^{-1}$ ($\text{мСм}\cdot\text{см}^{-1}$) ($\text{Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$)	Вода для аналізу	Відповідність стандарту (відповідає/ не відповідає)
				дистиллят	
				дистиллят після кип'ятіння	
				бідистиллят	

Аналогічно проводять дослід із бідистиллятом, дані заносять у таблицю.

Для видалення гідрокарбонат-йону у термостійку конічну колбу наливають 100 см^3 дистильованої води, вставляють в неї лійку (яка замінює зворотній холодильник) і розміщують на електроплитці для кип'ятіння. Вода має кипіти 5 хвилин від моменту закипання. Після кип'ятіння дистильовану воду

охолоджують. Шийку колби затискають трубкою із негашеним вапном (CaO). Вимірюють електропровідність води при температурі 20°C аналогічно попереднім дослідом. Дані заносять у табл. 4.11.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Приклади розв'язку задач

Задача. В посудину для вимірювання електропровідності заповнену розчином ацетатної кислоти при $T=298$ К, занурені паралельні електроди площею $S=3 \cdot 10^{-4}$ м² на відстані $l=2 \cdot 10^{-2}$ м один від одного. При напрузі $U=10$ В крізь розчин проходить струм силою $I=4,3058 \cdot 10^{-3}$ А. Визначити ступінь та константу електролітичної дисоціації та рН розчину, якщо при вказаній температурі

$$\lambda(\text{H}^+) = 34,892 \text{ см} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^2$$

$$\lambda(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 4,090 \text{ см} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^2$$

$$C(1/z \text{ CH}_3\text{COOH}) = 1/32 \text{ —————}$$

Розв'язок

Питому електропровідність розраховують за формулою:

$$\kappa = \text{— — —}$$

де R – загальний опір електроліту, значення якого можна розрахувати із відношення:

$$R = \text{— —}$$

Тоді

$$\kappa = \text{— — —}$$

Знаючи величину κ , розраховують λ_V :

$$\lambda_V = \kappa V = \text{— — —}$$

якщо підставимо λ_V в рівняння

$$\alpha = \text{— — —},$$

то можна розрахувати λ_∞

$$\lambda_\infty = \lambda_K + \lambda_A, \text{ де}$$

де λ_K – рухливість катіону, λ_A – рухливість аніону
рахуємо α :

$$\alpha = \frac{\kappa}{C} = \frac{0,0235}{0,235} = 0,024$$

знаходимо константу дисоціації

$$K_d = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha} = 1,77 \cdot 10^{-5}$$

$$pH = -\lg C(H^+) = -\lg \alpha \cdot C(\text{к-ти}) = -\lg(0,0235) = 3,31$$

Відповідь: $\alpha = 0,024$, $K_d = 1,77 \cdot 10^{-5}$, $pH = 3,31$

Завдання для самопідготовки

1. Розчин KCl з молярною концентрацією еквіваленту $0,02 \text{ моль/дм}^3$, цей розчин при 20°C має опір 82 м , а розчин K_2SO_4 з молярною концентрацією еквіваленту $0,005 \text{ моль/дм}^3$ – 326 Ом . Знайдіть еквівалентну електропровідність розчину K_2SO_4 .
2. Знайдіть ступінь та константу електролітичної дисоціації формиатної (мурашиної) кислоти, в розчині з концентрацію $4,94 \%$, якщо при 18°C питома електропровідність розчину дорівнює $0,55 \text{ См/м}$, а густина $1,012 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.
3. При 25°C питома електропровідність розчину масляної кислоти, розбавлення якого складає $64 \text{ м}^3/\text{кмоль} \cdot \text{екв}$, дорівнює $0,1312 \text{ См/м}$. Визначити ступінь та константу електролітичної дисоціації кислоти, якщо рухливість йона $C_3H_7COO^-$ – дорівнює $4,03 \text{ См} \cdot \text{м}^2 \cdot (\text{кмоль} \cdot \text{екв})^{-1}$ – рухливість йона Гідрогену $34,98 \text{ См} \cdot \text{м}^2 \cdot (\text{кмоль} \cdot \text{екв})^{-1}$.
4. Визначте константу електролітичної дисоціації амоніаку в розчині з молярною концентрацією еквіваленту $0,05 \text{ моль/дм}^3$, еквівалентна електропровідність якого при 18°C дорівнює $4,6 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^2 (\text{моль} \cdot \text{екв})^{-1}$

Тема № 5 ЕЛЕКТРОХІМІЯ

Електрохімія – це розділ фізичної хімії, який вивчає фізико-хімічні властивості йонних систем, а також процеси та явища на поверхні розподілу фаз за участю заряджених часток – електронів та йонів.

В живих організмах проходять мембранні електрохімічні процеси, які активно впливають на фізіологію живих організмів. Ці процеси дуже важливі.

Електрохімічні методи аналізу (полярографія, потенціометричне та амперметричне титрування) знайшли широке застосування у медико-біологічних та фармацевтичних дослідженнях, а вивчення механізму виникнення електродного, дифузійного, мембранного та окисно-відновного потенціалів та їх залежності від різних чинників дає змогу зрозуміти закономірності перебігу більшості біохімічних реакцій. Вимірювання біопотенціалів покладене в основу таких важливих діагностичних методів, як електрокардіографія, електроенцефалографія тощо, а за величиною ЕРС

визначають вміст фізіологічно-активних йонів (H^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- тощо) у біологічних рідинах та тканинах організму людини. Саме тому знання основ електрохімії необхідне фармацевту та біологу для повноцінної практичної діяльності.

Контрольні запитання

1. Теорія розчинів сильних електролітів Дебая та Хюккеля. Поняття про йонну атмосферу.
2. Активність йонів і їх зв'язок з концентрацією. Коефіцієнт активності та залежність його величини від загальної концентрації електролітів в розчині.
3. Йонна сила розчинів. Правило йонної сили Г. Льюїса.
4. Термодинамічна константа дисоціації, електролітична дисоціація води. Йонний добуток води.
5. Водневий показник як міра активної реакції навколишнього середовища. Емпірична шкала активної реакції навколишнього середовища.
6. Методи вимірювання рН розчинів.
7. Буферні системи та розчини, механізм дії.
8. Ацетатний, фосфатний, бікарбонатний буфери.
9. Буферна ємність, фактори, які впливають на її величину.
10. Характеристика провідників I та II роду.
11. Питома та еквівалентна електропровідність, зміна їх величини с розбавленням розчину.
12. Еквівалентна електропровідність при безкінечному розбавленні. Абсолютна швидкість руху і рухливість йонів. Закон Кольрауша, незалежний рух йонів.
13. Електропровідність неводних розчинів.
14. Гідратація (сольватація) йонів.

До заняття: вивчити теоретичний матеріал за підручниками та посібниками. Письмово дати визначення термінів та понять.

Електрохімічні методи – _____

Кондуктометрія – _____

Потенціометрія – _____

Амперометрія – _____

Полярографія – _____

Застосування йон-селективних електродів – _____

Переваги електрохімічних методів для фармації та біології – _____

Дисоціація води – _____

Гідроксоній – _____

Константа рівноваги дисоціації води – _____

Концентрація йонів гідроксонія та гідроксилу в чистій воді – _____

pH – _____

Сильні електроліти – _____

Слабкі електроліти – _____

Провідники першого роду – _____

Провідники другого роду – _____

Кількість електрики, яку переносять катіони та аніони однакова, чи ні? – _____

Електропровідність – _____

Питома електропровідність – _____

Еквівалентна електропровідність – _____

Від чого залежить еквівалентна електропровідність – _____

Особливості неводних розчинників – _____

Закон Кольрауша – _____

Електропровідність неводних розчинів – _____

Від чого залежить електропровідність неводних розчинників – _____

Електродні процеси – _____

Електродні потенціали – _____

Гальванічний елемент – _____

Контактний потенціал – _____

Електродний потенціал – _____

Дифузійний потенціал – _____

Мембранний потенціал – _____

Окисно-відновний – _____

Біопотенціал – _____

Стрибок потенціалу – _____

Заряд металевих пластинок в розчині їх солі – _____

Дифузний шар – _____

Формула Нернста – _____

Стандартний електродний потенціал – _____

Стала Фарадея – _____

Одиниця вимірювання електродного потенціалу – _____

Класифікація електродів – _____

Рівняння Нернста – _____

Газові електроди – _____

Функції інертного електроду – _____

Водневий електрод – _____

Механізм виникнення потенціалу у водневому електроді – _____

Опишіть подвійний електричний шар – _____

Від чого залежить значення потенціалу водневого електроду – _____

Індикаторні електроди – _____

Електроди другого роду – _____

Хлор-срібний електрод – _____

Каломельний електрод – _____

Окисно-відновні електроди – _____

Хінгідронний електрод – _____

Концентраційні кола – _____

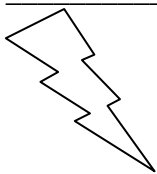
Види концентраційних кіл – _____

Йон-селективні електроди – _____

Полярографія – _____

Переваги полярографії – _____

Амперметричне титрування – _____



Хлорсрібний електрод та каломельний електрод – електроди, що використовуються як електроди порівняння, в гальванічних елементах. Відносяться до електродів другого роду, які

складаються з металу, покритого шаром його важкорозчинної солі і зануреного в розчин, який містить аніони цієї солі. Хлоросрібний електрод можна представити у вигляді схеми: $Cl^- | AgCl, Ag$. Будова електроду наступна: срібний дріт покритий шаром аргентум хлориду і занурений в розчин калій хлориду, електролітичний контакт здійснюється через азбестову нитку, впаяну в скло. У присутності калій хлориду розчинність $AgCl$ зменшується. Таким чином, при заданих концентрації KCl і температурі концентрація йонів Ag^+ є величиною сталою, чим власне й забезпечується необхідна постійність потенціалу хлоросрібного електрода. ЕРС хлоросрібного електроду становить 0,222В.

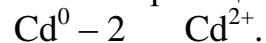
Каломельний електрод складається з платиного дроту, зануреного в краплю ртуті, поміщеної в насичений каломеллю (Hg_2Cl_2) розчин хлориду калію певної концентрації. Схематично його записують наступним чином: $Pt | Hg | Hg_2Cl_2 | Cl^-$. ЕРС каломельного електроду становить 0,25В

Приклади розв'язку задач

Задача 1. Визначити потенціал кадмієвого електрода, зануреного в 0,01 моль/дм³ розчин $CdSO_4$ при 298 К.

Розв'язок

На кадмієвому електроді відбувається така реакція:



З таблиці стандартних потенціалів знаходимо стандартний потенціал електрода: $E^0 (Cd/Cd^{2+}) = -0,40$ В. Згідно із рівнянням Нернста записуємо:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln a (Me^{n+}),$$

$$E = -0,40 \text{ В} + \frac{RT}{2F} \cdot \ln a (Cd^{2+})$$

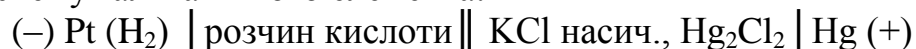
Підставивши значення всіх величин, обчислюємо потенціал кадмієвого електрода: $E = -0,46$ В.

Відповідь: потенціал кадмієвого електрода: $E = -0,46$ В

Задача 2. ЕРС воднево-каломельного гальванічного елемента Е при 298 К становить 0,57 В. Визначити концентрацію йонів гідрогену та рН розчину кислоти, у яку занурений названий елемент.

Розв'язок

Записуємо схему гальванічного елемента:



З таблиці знаходимо потенціал насиченого каломельного електрода:

Ест.к.ел. = +0,25 В при 298 К.

ЕРС даного елемента дорівнює різниці електродних потенціалів:

$$E = E_{\text{ст.к.ел.}} - E_{\text{H}_2/2\text{H}^+}$$

Звідси: $E(\text{H}_2/2\text{H}^+) = E_{\text{ст.к.ел.}} - E = 0,24 - 0,57 = -0,33 \text{ В.}$

Оскільки потенціал водневого електрода за рівнянням Нернста становить:

$$E(\text{H}_2/2\text{H}^+) = +0,059 \text{ рН,}$$

$$\text{то рН} = \frac{E}{0,059} = 5,6$$

$$\text{Отже, } C(\text{H}^+) = -a \cdot \lg \text{ рН} = -a \cdot \lg 5,6 = 2,55 \cdot 10^{-6} \text{ моль/дм}^3$$

Відповідь: рН = 5,6; $C(\text{H}^+) = 2,55 \cdot 10^{-6} \text{ моль/дм}^3$

Завдання для самопідготовки

- Обчислити потенціал водневого електрода в очищеній воді при 298 К.
Визначити рН розчину, в якому потенціал хінгідронного електрода при 291 К становить 0,4 В.
- Потенціал платинового електрода, зануреного в розчин солей Fe^{3+} та Fe^{2+} при 298 К становить 0,783 В. Визначте відношення концентрацій йонів Fe^{3+} та Fe^{2+} у розчині.
- Гальванічний елемент, що складається з водневого і каломельного електродів, при 298 К занурений в розчин з рН = 1,36. Обчисліть ЕРС цього елемента, якщо потенціал каломельного електрода становить 0,248 В.
- Визначте потенціал цинкового електрода, зануреного в розчин (0,01 моль/дм³) його солі при 298 К. Обчислити ЕРС елемента, складеного з цинкового електрода в розчині $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ (0,1 моль/дм³) (та свинцевого електрода в розчині $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (0,2 моль/дм³)).
- Визначити рН розчину, в якому потенціал хінгідронного електрода при 291 К становить 0,4 В.
- Стандартний електродний потенціал срібла при 298 К становить $E_{\text{Ag}^\circ/\text{Ag}^+} = +0,8 \text{ В.}$
Яким буде потенціал 100 г металічного срібла, зануреного в розчин AgNO_3 з концентрацією 1 моль/дм³?
- Як відрізняється потенціал водневого електрода в розчині HCl з концентрацією 1 моль/дм³ від його потенціалу у розчині з активністю йонів гідрогену, що дорівнює одиниці?
- При якій концентрації йонів Fe^{2+} електродний потенціал феруму буде рівний нулю ($E(\text{Fe}^\circ/\text{Fe}^{2+}) = -0,44 \text{ В}$)?
- Обчисліть ЕРС мідно-свинцевого гальванічного елемента, в якому $C(\text{Cu}^{2+}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$, $C(\text{Pb}^{2+}) = 0,01 \text{ моль/дм}^3$, а стандартні потенціали відповідно: $E(\text{Cu}^\circ/\text{Cu}^{2+}) = +0,34 \text{ В}$, $E(\text{Pb}^\circ/\text{Pb}^{2+}) = -0,13 \text{ В.}$

10. Обчисліть ЕРС концентраційного елемента, що складається з двох водневих електродів, занурених у розчини з рН 2 та 4.
11. Розрахуйте ЕРС концентраційного елемента, що складається із стандартного водневого електрода ($a(\text{H}^+) = 1 \text{ моль/дм}^3$) та водневого електрода, опущеного в очищену воду.
12. Яка концентрація йонів водню і чому дорівнює рН розчину, у якому потенціал платини, насиченої воднем, становить $-0,236 \text{ В}$?

Таблиця 5.1.

Стандартні електродні потенціали

Електрод	Електродна реакція	$E^0_{298}, \text{ В}$
Електроди першого роду		
K^+, K	$\text{K}^+ + \text{K}^0$	-2.92
Na^+, Na	$\text{Na}^+ + \text{Na}^0$	-2.71
$\text{Mg}^{2+}, \text{Mg}$	$\text{Mg}^{2+} + 2 \text{Mg}^0$	-2.37
$\text{Al}^{3+}, \text{Al}$	$\text{Al}^{3+} + 3 \text{Al}^0$	-1.66
$\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}$	$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{Fe}^0$	-0.44
$\text{Pb}^{2+}, \text{Pb}$	$\text{Pb}^{2+} + 2 \text{Pb}^0$	-0.13
$2\text{H}_3\text{O}^+, \text{H}_2, (\text{Pt})$	$2\text{H}_3\text{O}^+ + 2 \text{H}_2^0 + \text{H}_2\text{O}$	-0.00
$\text{Cu}^{2+}, \text{Cu}$	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{Cu}$	-0.34
Ag^+, Ag	$\text{Ag}^+ + \text{Ag}$	-0.80
$\text{Au}^{3+}, \text{Au}$	$\text{Au}^{3+} + 3 \text{Au}$	-1.50
Електроди другого роду		
$\text{Ag}, \text{AgCl}, \text{KCl} (\text{нас.})$	$\text{AgCl} + \text{Ag}^0 + \text{Cl}^-$	+0.22
$\text{Hg}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2, \text{KCl} (\text{нас.})$	$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2 \text{Hg}^0 + \text{Cl}^-$	+0.25

РОЗДІЛ 2 КОЛОЇДНА ХІМІЯ

Тема 6 АБСОРБЦІЯ. АДСОРБЦІЯ. ЕКСТРАКЦІЯ.

Адсорбція з розчинів на поверхні твердого тіла та абсорбція у всьому об'ємі абсорбенту має велике значення для життєдіяльності організмів. При оцінці якості лікарських засобів абсорбція є одним із основних фармакокінетичних показників, який характеризує швидкість їх надходження і ступінь прояву терапевтичної ефективності.

Адсорбція субстрату на поверхні ферментного комплексу, амінокислот на поверхні еритроцитів, на мембранах клітин, білків на поверхні гідрофобних частинок, що переносяться кров'ю – всі ці процеси в організмі пов'язані з молекулярною адсорбцією з розчинів. Адсорбція застосовується для очистки вітамінів, анестетиків, антибіотиків, стандартизації та ідентифікації лікарських засобів.

Екстракція дозволяє отримати лікарські засоби з різних фаз. Екстракцію проводять при відносно невисокій температурі, іноді – при охолодженні.

Контрольні запитання

1. Що таке вільна поверхнева енергія? Чому вона виникає?
2. Що таке поверхневий натяг? Який його фізичний зміст? Яка його розмірність? Причини його виникнення.
3. Методи вимірювання поверхневого натягу.
4. В чому полягає явище змочування?
5. Що таке ПАР? Яка їх будова?
6. Яка поверхня називається гідрофільною; гідрофобною?
7. Який процес називається сорбцією?
8. Дайте визначення адсорбції, абсорбції, хемосорбції, капілярної конденсації.
9. Які фактори впливають на величину адсорбції?
10. Чим відрізняється фізична адсорбція від хімічної?
11. Що називається адгезією; когезією?
12. Як кількісно характеризують величину адсорбції?
13. Наведіть приклади ізотерм адсорбції (Ленгмюра, Фрейндліха)
14. Як залежить величина адсорбції від температури?
15. Яка природа адсорбційних сил?
16. Які фактори впливають на величину поверхневого натягу?
17. Чому краплина води має форму сфери?
18. Наведіть рівняння Гіббса.
19. Яку будову мають поверхневі плівки?

20. У чому полягає суть хроматографічного аналізу?
21. Що вам відомо про застосування абсорбції, адсорбції у фармації, промисловості, ветеринарії, медицини?
22. Дайте визначення поняттю «екстракція».
23. Назвіть основні види екстракції.
24. Перелічіть вимоги, які ставляться до розчинника-екстрагента.
25. Як проводять екстракцію в системі «тверде тіло – рідина»?
26. Сформулюйте закон Нернста.
27. Опишіть основні етапи проведення рідинної екстракції.

До заняття: вивчити теоретичний матеріал за підручниками та посібниками. Письмово дати визначення термінів та понять.

Поверхневі явища – _____

Рухомі межі поділу фаз – _____

Нерухомі межі поділу фаз – _____

Енергетична некомпенсованість молекул на межі поділу фаз призводить до – _

Поверхневий натяг – _____

Від чого залежить поверхневий натяг речовини – _____

Когезія – _____

Адгезія – _____

Сорбція – _____

Адсорбція – _____

Абсорбція – _____

Фізична абсорбція – _____

Хімічна абсорбція – _____

Вибірковість абсорбції – _____

Оборотність абсорбції – _____

Десорбція – _____

Оклюзія – _____

Хемосорбція – _____

Абсорбери – _____

Механізм абсорбції – _____

Абсорбція лікарських засобів – _____

Адсорбція – _____

Адсорбенти – _____

Адсорбтив – _____

Види пор адсорбентів – _____

Елюція – _____

Агрегатний стан адсорбентів (приклади) – _____

Поверхнево-активні речовини (ПАР) – _____

Поверхнево-інактивні речовин – _____

Індиферентні речовини – _____

Залежність адсорбції від будови молекули адсорбтива – _____

Дифільні молекули – _____

Гідрофільні (полярні) групи – _____

Гідрофільні адсорбенти – _____

Гідрофобні групи – _____

Гідрофобні адсорбенти – _____

Екстракція – _____

Види екстракції – _____

Мацерація – _____

Дигерування – _____

Перколяція – _____

Перфорація – _____

Протитечійний розподіл – _____

Вибір екстрагентів – _____

Екстракція в системі «тверде тіло – рідина» – _____

Екстрактор Сокслета – _____

Закон розподілу Нернста – _____

Вибір способу екстракції – _____

Конденсовані агрегати (“острови”) – _____

АБСОРБЦІЯ ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ (лат. absorptio – поглинання, всмоктування) – це фізіологічний процес всмоктування, тобто проникнення лікарських речовин та ксенобіотиків крізь клітинні мембрани, а потім у кров і лімфу. При оцінці якості лікарського засобу абсорбція є одним із основних фармакокінетичних показників, який характеризує швидкість їх надходження і ступінь прояву терапевтичної ефективності. При повільній абсорбції ліків концентрація лікарських речовин у кровообігу може бути недостатньою для

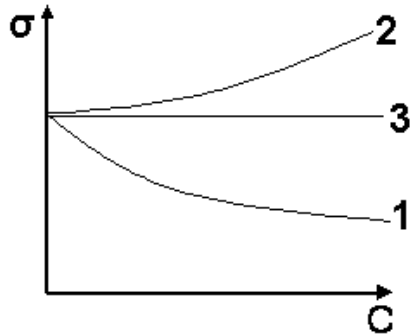
забезпечення лікувальної дії, а занадто швидкій – може перевищувати поріг допустимої терапевтичної концентрації і зумовлювати небажану побічну дію або навіть бути токсичною. Поняття абсорбції ліків тісно пов'язане з їх біологічною доступністю. Однак їх визначення утруднюється неможливістю врахування усіх чинників та індивідуальних особливостей організму (вікових, статевих, генетичних розбіжностей, наявності супутніх хвороб) або стресових ситуацій, які впливають на формування відповідної реакції пацієнта на введений лікарський препарат.

При введенні лікарських препаратів перорально інтенсивність всмоктування ліків залежить від фізіологічного стану і секреторної діяльності ШКТ, рН середовища, осмотичного тиску, наповнення і часу проходження їжі по різних відділах травного тракту та інших чинників.

Необхідно враховувати також вплив на абсорбцію ліків біофармацевтичних чинників: хімічних та фізичних властивостей речовин, що входять до складу лікарських препаратів, включаючи природу допоміжних речовин, виду лікарської форми, технологічних прийомів тощо, які впливають не тільки на всмоктування ліків, але й на їх стабільність та системну придатність. Використовуючи для виготовлення ліків субстанції у вигляді різних солей, кислот, лугів або ефірів, тобто речовин, у яких теоретично повністю зберігається та частина молекули, що відповідає за фармакологічну дію), можна помітно змінити фармакокінетичні особливості ліків, наприклад, нейролептиків пролонгованої дії. Розбіжності у всмоктуванні ліків у цих випадках пояснюються відмінністю субстанції (наявністю різних атомів або груп), різною розчинністю в ліпідах клітинних оболонок або фізіологічних рідинах різним значенням їх рКа або різним коефіцієнтом міжфазного розподілу, а також рН у місці абсорбції. На абсорбцію ліків можуть впливати фізичні характеристики субстанції: розмір часток, форма кристалів, її молекулярна структура (аморфний чи кристалічний стан), природа гідратації чи сольватації, електрофізичні, оптичні та інші особливості. Так, аморфні структури, як правило, швидше розчиняються порівняно з кристалічними (не потрібна енергія для руйнування кристалів), за цією ознакою їм віддають перевагу. Молекулярна структура та інші фізичні характеристики речовини можуть бути причиною терапевтичної нееквівалентності лікарських препаратів, зумовлювати ступінь їх небажаних побічних ефектів.

У фармації та техніці як адсорбенти використовуються здебільшого пористі тіла з дуже розвинутою внутрішньою поверхнею: активоване вугілля, силікагелі, активні алюміній оксиди (Al_2O_3), цеоліти. Пористі адсорбенти містять мікропори (еквівалентний радіус $r < 0,7$ нм), супермікропори ($0,7$ нм $< r < 1,5$ нм), мезопори ($1,5$ нм $< r < 100$ нм) і макропори ($r > 100$ нм). Під час адсорбції мікро-і супермікропори можуть заповнюватися повністю, а в мезо-і макропорах утворюється мономолекулярний шар (часто і

полімолекулярні шари) адсорбенту (адсорбентів). За високого відносного тиску в мезопорах відбувається капілярна конденсація. Велике значення у процесі адсорбції газів і парів мають мікропори.



1 – ізотерма для ПАР;
2 – ізотерма для ПАР;
3 – ізотерма для речовин, що не впливають на поверхневий натяг

Рис. 6.1 Залежність поверхневого натягу σ від концентрації розчину

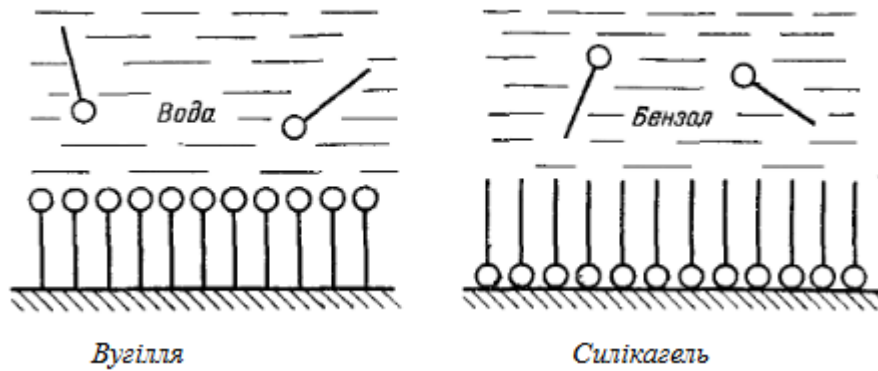


Рис. 6.2. Орієнтація дифільних молекул на поверхні адсорбентів. Способи виділення й очищення речовин

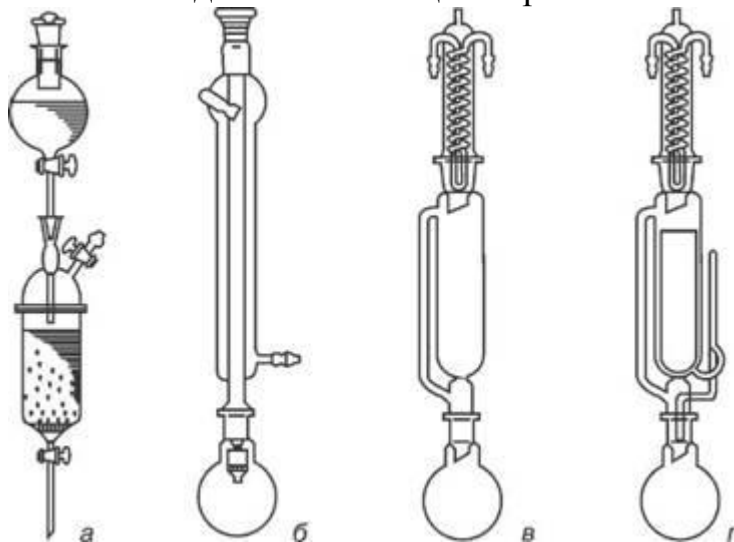
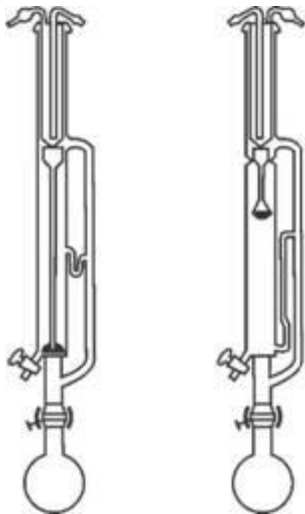


Рис. 6.3. Прилади для екстракції: а – перколятор; б –прилад для екстракції напівмікрокількостей; в – проточний екстрактор; г – екстрактор Сокслета



а б

Рис. 6.4. Перколятори: а – екстрагент легший за розчин, з якого екстрагують; б – екстрагент важчий за розчин, з якого екстрагують

Лабораторна робота № 6 **АДСОРБЦІЯ. ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА**

Мета роботи: вивчити адсорбцію різними адсорбентами, умови при яких проявляється адсорбція та поверхневі явища

Дослід 1. Адсорбція забарвлених речовин з розчинів на активованому вугіллі.

Прилади і реактиви: 0,02 % (слабкозабарвлені) розчини FeCl_3 , метиленової сині, конго червоного, фуксину, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, активоване вугілля, ступки, товчачики, дистильована вода; штативи з пробірками, шпателі, гумові пробки, лійки, ножиці, фільтри.

У 6 пробірок приливають по 5-10 см³ 0,02% розчинів FeCl_3 , метиленової сині, конго червоного, фуксину, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (розчини мають бути слабкозабарвленими), додають 0,1-0,2 г розтертого у ступці активованого вугілля, збовтують декілька хвилин і фільтрують. Відмічають зміну забарвлення після адсорбції. Промивають вугілля водою на фільтрі. Відмічають, чи вимиваються барвники водою. Фільтри з вугіллям після адсорбції барвників залишають для наступного дослідіду.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 2. Вплив розчинника на адсорбцію (вибірковість адсорбції).

Прилади і реактиви: спирт, розчин рідкого мила, 0,02% водний та спиртовий розчини фуксину (слабкозабарвлені), активоване вугілля, дистильована вода; штативи з пробірками, шпателі, гумові пробки, лійки, ножиці, фільтри.

А. Після попереднього промивання вугілля на фільтрі водою (попередній дослід), вугілля промивають невеликою кількістю спирту або розчину рідкого мила. Спостерігають забарвлення фільтрату

Б. В одну пробірку приливають 5 см³ слабо забарвленого водного розчину фуксину, а в іншу – слабо забарвлений спиртовий розчин фуксину, вносять по 0,1г активованого вугілля, збовтують та фільтрують (або декантують). Відзначають, чи адсорбується фуксин із спиртового розчину. Пояснюють чому?

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 3. Вибіркова адсорбція кислотних та основних барвників каоліном.

Прилади і реактиви: розведені розчини еозину та метиленового синього, каолін (біла глина), дистильована вода; штативи з пробірками, шпателі, гумові пробки, лійки, ножиці, фільтри.

В пробірку приливають 2 см³ розведених розчинів еозину (або флюоресцеїну) та метиленового синього, вносять 0,2 г каоліну (білої глини), збовтують та фільтрують. Метиленовий синій адсорбується, а еозин (флюоресцеїн) не адсорбується каоліном. Поясніть чому?

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 4. Вплив температури на адсорбцію.

Прилади і реактиви: розчин крохмалю, розчин йоду, скляні палички, дистильована вода; штативи з пробірками, стакани термостійкі на 100см³, електроплитки.

Налити в пробірку 1 см³ розчину крохмалю, додати 1 краплю розчину йоду. Вміст пробірки перемішати, помістити пробірку у водяну мікробаню (термостійкий стакан з водою) і нагріти до знебарвлення розчину на електроплитці. Пояснити чому зникло забарвлення? Дати розчину остигнути. Спостерігати появу синього забарвлення. Зробити висновок про вплив температури на адсорбцію.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 5. Фарбування вовни.

Прилади і реактиви: 0,05% розчин метиленового синього, розчин HCl (C=2моль/дм³), розчин NaOH (C=2 моль/дм³), дистильована вода; піпетки, мірні пальчики, штативи з пробірками, білі вовняні нитки.

У три пробірки приливають по 5 см³ 0,05% розчину метиленового синього, у другу – додають 5 крапель розчину HCl (C=2моль/дм³), а в третю – 5 крапель розчину NaOH (C=2 моль/дм³). В кожен пробірку вносять декілька білих вовняних ниток, залишають на 20-30 хвилин, після цього зливають розчини і ретельно промивають нитки холодною водою. Вовна інтенсивно забарвлюється у лужному розчині, слабко – у нейтральному, а у кислому – не забарвлюється. Який електричний заряд має вовна (білок) у кислому та лужному розчинах? Чи забарвиться вовна у кислому або лужному середовищі кислотним барвником, наприклад еозином? Перевірте.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Поверхневі явища

Дослід 6. Орієнтація поверхнево-активних речовин на межі поділу фаз.

Прилади і реактиви: стеаринова кислота, шпателі, щипці, фарфорові чашки, електроплитки.

У фарфорову чашку з водою вносять шматочок стеаринової кислоти та нагрівають воду до розплавлення стеарину. Шар стеаринової кислоти має бути завтовшки біля 1 см. Дають стеарину застигнути і знімають застиглий шар. Перевірте, яка сторона стеаринового шару буде змочуватись краплею води (верхня чи нижня). Спробуйте написати кульковою ручкою на кожній із сторін. Поясніть причину різного їх змочування. Чи відбудуватиметься подібний ефект із парафіном?

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 7. Флотація (розділення гідрофільних і гідрофобних речовин).

Прилади і реактиви: активоване вугілля, каолін, силікагель, бензен, шпателі, штативи з пробірками, гумові пробки, циліндр з притертою кришкою на 100 см³.

А. У пробірку на кінчику шпателя вносять порошок вугілля, приливають 10 см³ дистильованої води та струшують. Додають 1 см³ бензену, закривають гумовою пробкою і знову струшують. Відзначають спостереження. Той же дослід проводять із сумішшю вугілля і каоліну (біла глина) або вугілля і силікагелю. Відзначають результати спостереження і пояснюють їх. Увага! Досліди виконують у витяжній шафі.

Б. Розтирають 0,1 г вугілля і 1 г каоліну (або силікагелю) і переносять у циліндр з притертою кришкою. Додають 100см³ води і декілька крапель бензену і струшують. Відзначають явища, що спостерігаються і пояснюють їх з точки зору явища змочування. Увага! Досліди виконують у витяжній шафі.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 8.

Визначення розмірів молекул в мономолекулярному шарі.

Прилади і реактиви: 0,3 % розчин стеаринової або олеїнової кислоти у бензені, тальк, деревне вугілля, шпатель, піпетка на 1 см³, скляний бюкс із притертою кришкою, ванночка ≈40×40см.

За допомогою піпетки у скляний, попередньо зважений бюкс відміряють 50 крапель 0,3 % розчину стеаринової або олеїнової кислоти у бензені, закривають бюкс притертою кришкою і зважують на електронних вагах. У ванночку приблизного розміру 40×40см наливають воду, поверхню посипають тонким шаром тальку або деревного вугілля. Наносять на поверхню води одну краплю розчину стеаринової кислоти; при цьому утворюється коло, діаметр якого можна виміряти за допомогою смужки міліметрового паперу.

Розрахунок товщини утвореного мономолекулярного шару або довжини однієї молекули проводять наступним чином: 1 крапля $a\%$ розчину важить b г. Якщо діаметр кола D см, а d олії = 0,9 г/см³, то кількість нанесеної олії становить

$$g = \frac{a \cdot b}{100} \text{ г.}$$

З іншого боку
$$g = l \cdot d \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2,$$

де l – товщина шару.

Звідси
$$l = \frac{4a \cdot b}{\pi \cdot d \cdot D} \cdot 10^{-2} \text{ см.}$$

Порядок величини – 10⁻⁷см.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Приклад розв'язку задач

Визначити величину адсорбції $\Gamma = \text{---}$ та рівноважну концентрацію $C_{\text{рівн}}$ ацетатної (оцтової) кислоти, якщо в 200 см^3 розчину для проведення адсорбції було внесено 5 г активованого вугілля. На титрування 10 см^3 розчину кислоти у присутності фенолфталеїну до і після адсорбції пішло відповідно 6,3 і $2,25 \text{ см}^3$ $0,1 \text{ моль/дм}^3$ розчину NaOH.

Розв'язок.

1. Визначаємо концентрацію кислоти C_0 до адсорбції:

$$C_0 = \text{---} = \text{---} \text{ моль/дм}^3$$

2. Визначаємо рівноважну концентрацію кислоти $C_{\text{рівн}}$:

$$C_{\text{кисл}} = \text{---} = 0,0225 \text{ моль/дм}^3$$

3. Знаходимо адсорбцію

$$\Gamma = \text{---} = \text{---} = 1,62 \text{ ммоль/г}$$

Задачі

- Яким чином можна знайти площу, яка припадає на одну молекулу в насиченому поверхневому моношарі?
- Однієї чайної ложки оливкової олії (4 см^3) достатньо, щоб заспокоїти хвили на поверхні ставу площею $0,22 \text{ га}$. Поясніть це явище.
- Поверхневий натяг 20% розчину NaOH ($\rho = 1,219 \text{ г/см}^3$) при 293 К складає $85,8 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$, а води – $72,75 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2$. Визначити величину і знак адсорбції.
- Початкова концентрація розчину дорівнює 220 ммоль/дм^3 . Після адсорбції розчиненої речовини із 50 см^3 розчину твердим адсорбентом масою 5 г концентрація розчину зменшилась до 110 ммоль/дм^3 . Розрахувати величину адсорбції в ммоль/г.
- До 200 см^3 розчину CH_3COOH при 293 К додали 5 г цеоліту. При титруванні 20 см^3 розчину кислоти до і після адсорбції витрачено $21,25$ і $16,45 \text{ см}^3$ розчину лугу з молярною концентрацією $0,1 \text{ моль/дм}^3$. Розрахувати величину адсорбції CH_3COOH (в г) 1 г адсорбенту.
- Після адсорбції розчиненої речовини із 60 см^3 розчину твердим адсорбентом масою 3 г, концентрація розчину зменшилась до 350 ммоль/дм^3 . Розрахувати величину адсорбції в ммоль/г, якщо початкова концентрація розчину дорівнювала 440 ммоль/дм^3 .
- До 100 см^3 розчину кислоти при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ додали 3 г активованого вугілля. Початкова концентрація кислоти $0,0111 \text{ ммоль/см}^3$, а після адсорбції $0,0024 \text{ ммоль/см}^3$. Розрахувати величину адсорбції у ммоль/г.

Тема 7

КОЛОЇДНІ СИСТЕМИ. МЕТОДИ ОДЕРЖАННЯ ТА ОЧИСТКИ КОЛОЇДНИХ СИСТЕМ.

Назва «*колоїдна хімія*» походить від слова colla (клей) (з грецьк.).

Поверхневі явища і дисперсні системи – є об'єктом колоїдної хімії.

Колоїдна хімія – розділ фізичної хімії, у якому розглядаються процеси утворення й руйнування дисперсних систем, а також їхні характерні властивості, зв'язані в основному з поверхневими явищами на межі поділу фаз у цих системах.

Термін “колоїдна хімія” пов'язаний з тим, що за традицією колоїдами називають високодисперсні системи із гранично розвиненою поверхнею поділу фаз.

Предметом колоїдної хімії є область, що описує процеси в системах, у яких головну роль відіграють поверхневі явища.

Основна умова існування колоїдної частинки – наявність у неї межі розподілу з дисперсійним середовищем. Разом з тим, частинка має бути утворена з великої кількості молекул для того, щоб до неї можна було застосувати термодинамічне визначення фази.

Вчення про розчини є одним з основних у сучасній хімії й при вивченні хімії розчинам приділяється велика увага. Між тим, молекулярні та йонні розчини зустрічаються в природі й техніці рідше, ніж колоїдні розчини.

Всі живі системи є високодисперсними, що робить вивчення колоїдної хімії необхідним для біолога. Волокна, м'язові й нервові клітини, кров, клітинні мембрани, протоплазма, гени, віруси – все це колоїдні утворення.

Колоїдна хімія важлива для вивчення ґрунту. Між колоїдно-хімічним станом ґрунту і його родючістю існує зв'язок. Фактори колоїдної хімії мають вирішальне значення в процесах утворення ґрунтів, їхнього засолення, зрошення, обробки, внесення добрив.

У геології й у геофізиці процеси колоїдної хімії також важливі, оскільки з ними зв'язані всі теорії будови геологічних структур і їхнього генезису.

Технології багатьох промислових виробництв безпосередньо пов'язані з колоїдною хімією, а науки про ці виробництва практично являють собою прикладну колоїдну хімію.

Так емульсії, суспензії, драглі, піни, порошки широко використовуються як у харчовий, так і в текстильній промисловості.

Слід відмітити велике значення колоїдної хімії для захисту навколишнього середовища і очищення стічних вод. Методи очищення водних середовищ від дисперсних часток засновані на закономірностях колоїдної хімії.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення колоїдній хімії як науки. Охарактеризуйте об'єкт та предмет колоїдної хімії, визначте основні питання, які вона вивчає.
2. Які системи називають дисперсними? Наведіть ознаки колоїдно-дисперсного стану.
3. Охарактеризуйте поняття дисперсної фази і дисперсійного середовища.
4. Які дисперсні системи відносяться до колоїдних?
5. Наведіть основні умови існування колоїдної частинки.
6. Що називається питомою поверхнею, як вона змінюється зі збільшенням ступеня дисперсності?
7. Наведіть класифікацію дисперсних систем за дисперсністю. Які властивості системи змінюються при зміні ступеня дисперсності?
8. Дайте визначення поняттю золь. Що таке ліозоль? Аерозоль?
9. Наведіть класифікацію колоїдних систем за міжфазною взаємодією. Що таке вільнодисперсна колоїдна система? Що таке зв'язнодисперсна колоїдна система?
10. Що таке ліофільна колоїдна система? Що таке ліофобна колоїдна система?
11. Назвіть дві основні групи методів одержання колоїдних систем і області застосування цих методів.
12. Назвіть головні умови одержання колоїдних систем.
13. Опишіть одержання колоїдних систем методами конденсації: шляхом погіршення якості розчинника та хімічної конденсації.
14. Охарактеризуйте дисперсійні методи одержання колоїдних систем.
15. Поясніть метод пептизації, наведіть види пептизації.
16. Наведіть способи очищення колоїдних розчинів.
17. Проаналізуйте, як впливає матеріал мембран при електродіалізі на процес очистки колоїдного розчину.
18. Наведіть схему електродіалізатора.
19. Дайте роз'яснення поняттю «ультрафільтрація».

До заняття: вивчити теоретичний матеріал за підручниками та посібниками. Письмово дати визначення термінів та понять.

Дисперсні системи – _____

Диспергування – _____

Дисперсна фаза – _____

Дисперсійне середовище – _____

Гетерогенність дисперсних систем – _____

Міжфазна поверхня – _____

Дисперсність – _____

Питома поверхня речовини – _____

Грубодисперсні системи (мікрогетерогенні) – _____

Класифікація дисперсних систем за розміром частинок – _____

Класифікація дисперсних систем за агрегатним станом дисперсної фази і дисперсійного середовища _____

Класифікація дисперсних систем за характером взаємодії частинок дисперсної фази між собою і з дисперсійним середовищем – _____

Вільнодисперсні системи – _____

Зв'язнодисперсні системи – _____

Ліофільні системи – _____

Ліофобні (гідрофобні) системи – _____

Колоїдні системи – _____

Істинні розчини – _____

Диспергування – _____

Конденсація – _____

Золі – _____

Аерозолі – _____

Гідрозолі – _____

Органозолі – _____

Бензозолі – _____

Смоги – _____

Порошки – _____

Суспензії _____ – _____

Емульсії – _____

Піни – _____

Тверді піни – _____

Умови одержання колоїдних систем – _____

Методи конденсації – _____

Методи фізичної конденсації – _____

Метод конденсації з пари – _____

Метод заміни розчинника – _____

Методи хімічної конденсації – _____

Реакції відновлення – _____

Реакції відновлення (будова частинок) – _____

Реакції окиснення – _____

Реакції окиснення (будова частинок) – _____

Реакції гідролізу – _____

Реакції гідролізу (будова частинок) – _____

Реакції розкладання – _____

Реакції розкладання (будова частинок) – _____

Реакції подвійного обміну – _____

Реакції подвійного обміну (будова частинок) – _____

Потенціалутворюючі йони – _____

Протийони – _____

Методи диспергування – _____

Механічне диспергування – _____

Метод електричного розпилення – _____

Ультразвукове розпилення – _____

Електрогідравлічний удар – _____

Метод пептизації – _____

Коагуляція – _____

Пептизатор – _____

Фактори, які впливають на пептизацію – _____

Коагулянти – _____

Флокулянти – _____

Лабораторна робота № 7
МЕТОДИ ОДЕРЖАННЯ КОЛОЇДНИХ СИСТЕМ

Мета роботи: навчитися одержувати золі різноманітними методами, експериментально встановлювати відмінність у забарвленні істинних розчинів та колоїдних, визначати знак заряду золів та барвників методом капілярного аналізу.

МЕТОД КОНДЕНСАЦІЇ

Реакції подвійного обміну.

Дослід 1. Одержання золю аргентум йодиду.

Приливають 5 см³ 0,01 моль/дм³ розчину AgNO₃ і додають краплями при перемішуванні 3 см³ 0,01 моль/дм³ розчину KI. Аналогічно до 5 см³ 0,01 моль/дм³ розчину KI додають краплями при перемішуванні 3 см³ 0,0 моль/дм³ розчину AgNO₃.

Написати формули міцели, що утворюються та визначити знак їх заряду.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 2. Одержання золів берлінської лазурі.

До 20 см³ 0,1 %-го розчину K₄[Fe(CN)₆] додають при енергійному збовтуванні 5-6 крапель 2 %-го розчину FeCl₃. Одержують золь, який забарвлений у темно-синій колір.

До 20 см³ 2 %-го розчину FeCl₃ додають при енергійному збовтуванні 5-6 крапель 0,1 %-го розчину жовтої кров'яної солі K₄[Fe(CN)₆]. Золь забарвлюється у зелений колір.

Для синього та зеленого золів берлінської лазурі написати формулу міцели. Зробити висновок про вплив умов одержання золів на знак заряду. Залишити золі для наступних дослідів.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Реакція гідролізу

Дослід 3. Одержання золю ферум гідроксиду $Fe(OH)_3$.

Реакція утворення ферум(III) гідроксиду відбувається за схемою:



Поверхневі молекули агрегату $Fe(OH)_3$ взаємодіють з HCl :



Молекули $FeOCl$, піддаються дисоціації і утворюють йони $FeO^+ + Cl^-$.

Керуючись правилом Ліпатова С.М., яке полягає у тому, що з розчинів на поверхні колоїдних частинок адсорбуються йони, близькі за своєю природою до складу агрегату, схематично можна зобразити будову частинок золю ферум(III) гідроксиду наступним чином:



До 50 см³ киплячої дистильованої води швидко, але частинами приливають 10 см³ 2%-го розчину $FeCl_3$. Золь набуває червоно-бурого кольору. Знак заряду золю позитивний.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Метод заміни розчинника

Дослід 4. Одержання золю каніфолі, парафіну та сірки.

Сірка та каніфоль розчиняються в етиловому спирті, утворюючи істинний розчин. У воді сірка та каніфоль практично нерозчинні, тому при додаванні води до їх спиртового розчину молекули конденсуються у більш крупні агрегати.

До 20 см³ дистильованої води, нагрітої до появи пари, приливають 1 см³ 1%-го спиртового розчину каніфолі і спостерігають утворення колоїдного розчину. Утворюється достатньо стійкий молочно-білий золь.

Насичений розчин сірки у абсолютному спирті вливають по краплях у

дистильовану воду при збовтуванні. Утворюється молочно-білий золь, спостерігається явище опалесценції.

Спостерігати відмінність у забарвленні істинних розчинів та колоїдних.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Реакція відновлення.

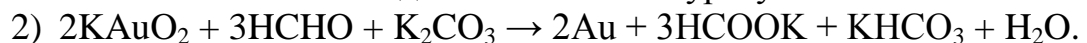
Приклади одержання колоїдних розчинів

Одержати золь золота можна шляхом відновлення калій аурату таніном або формальдегідом (метод синтезу Зігмонді):

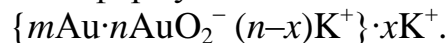
Одержання калій аурату



Відновлення калій аурату



Будова міцел одержаного червоного золю золота, стабілізованого ауратом калію можна представити такою формулою:



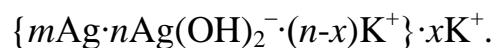
Золь має негативний заряд.

Дослід 5. Одержання золю срібла.

Колоїдні розчини можна одержати шляхом відновлення металів з їх сполук. Як відновники зазвичай використовують формальдегід, етиловий спирт, гідроген пероксид, танін, гідрохінон та ін.

До 10 см³ AgNO₃ (0,001 моль/дм³) додають декілька крапель свіжоприготовленого 0,1 %-го розчину таніну, доводять до кипіння і приливають по краплям при перемішуванні 1 %-й розчин K₂CO₃ до одержання червоно-жовтого забарвлення. Танін відновлює аргентум нітрат до вільного срібла, яке залишається в розчині у колоїдному стані.

Одержаний золь металічного срібла містить як стабілізатор комплексну сполуку Ag(OH)₂K. Заряд золю від'ємний. Будову міцели можна зобразити схематично наступним чином:



Спостереження: _____

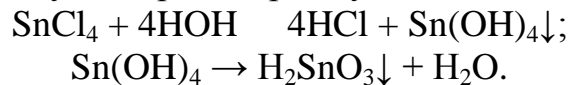
Висновок: _____

МЕТОД ДИСПЕРГУВАННЯ (ПЕПТИЗАЦІЯ)

Метод пептизації

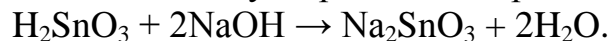
Прикладом одержання колоїдних систем методом пептизації може бути одержання золю олов'яної кислоти пептизацією кислотою або лугом.

У водних розчинах станум хлорид гідролізує:



Осад H_2SnO_3 під дією кислот або лугів (пептизаторів) здатен переходити у колоїдний стан. Характерною особливістю пептизації є те, що кількість пептизатора у багато разів менша за кількість речовини, що піддається пептизації (у 1000 разів).

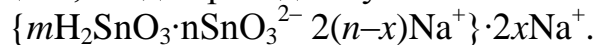
а) При додаванні NaOH до H_2SnO_3 утворюється натрій станат:



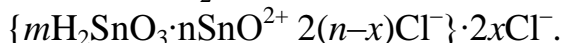
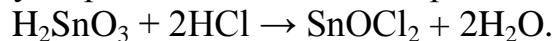
У розчині Na_2SnO_3 дисоціює:



Йон SnO_3^{2-} адсорбуючись, надає нерозчинному агрегату H_2SnO_3 негативний заряд – утворюється міцела, осад переходить у золь.



б) При додаванні HCl утворюється позитивно заряджений золь:



Дослід 6. Одержання золю берлінської лазурі.

У пробірку до 5 см^3 2 %-го розчину FeCl_3 додають 1 см^3 насиченого розчину $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Осад відфільтровують і промивають дистильованою водою. При обробці осаду на фільтрі розчином шавлевої кислоти (пептизатор) об'ємом 3 см^3 фільтрується золь берлінської лазурі, забарвлений у синій колір. Пояснити метод пептизації та написати формулу міцели.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 6. Визначення знаку заряду золів та барвників методом капілярного аналізу

Знак заряду золю можна визначити методом капілярного аналізу, використовуючи залежність адсорбційної здатності золю від знаку заряду поверхні адсорбенту. При однойменному заряді золю і поверхні адсорбція ускладнена, різнойменні знаки заряду сприяють адсорбції. Так, наприклад, стінки капілярів фільтрувального паперу (целюлоза, шовк, скло, пісок) у воді заряджені негативно. Якщо у воді, яка піднімається по капілярах за рахунок сил поверхневого натягу, знаходяться негативно заряджені частинки, то вони підніматимуться разом із водою і папір буде забарвлений; якщо частинки заряджені позитивно, вони будуть адсорбуватися і майже не піднімуться по паперу. Найзручніше користуватися цим методом для визначення знаку заряду барвників.

Дослід 6.1. На фільтрувальний папір наносять забарвлені золі ферум(III) гідроксиду, берлінської лазурі, срібла або барвників (1% розчини фуксину (основного і кислотного), метиленової сині, еозину, флюоресцеїну, конго червоного). Основні барвники та позитивно заряджені золі дають пляму, забарвлену у центрі і безбарвну по краях. Розчини із негативно зарядженими частинками дають рівномірно забарвлену пляму.

Таблиця 7.1.

Заряди барвників та золів

Барвники				Золі			
основні (позитивнозаряджені)		Кислотні (негативнозаряджені)		позитивнозаряджені		негативнозаряджені	
Назва	h ₁ , h ₂ , (висота підняття барвника і води), см	Назва	h ₁ , h ₂ , (висота підняття барвника і води), см	Назва	h, (висота підняття золю і води), см	Назва	h, (висота підняття золю і води), см

Дослід 6.2. Забарвлені золі або розчини барвників (дослід 1) наливають у невеличкі стакани і опускають у розчин смужки фільтрувального паперу (шириною 1,5-2 см), прикріплені до планки, яка приєднана до штативу. Через 15-30 хв вимірюють висоту підняття у мм і визначають знак заряду.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Дослід 6.3. Аналіз суміші кислотного і основного барвників. Змішати два барвника різного забарвлення та знаку; нанести краплю суміші на фільтрувальний папір. Замалювати розташування барвників на папері і вказати знак заряду кожного.

Спостереження: _____

Висновок: _____

Очистка колоїдних розчинів методом діалізу

Теоретичні відомості

Очистка колоїдних розчинів.

Колоїдні розчини, одержані будь-яким методом, зазвичай містять домішки (вихідні речовини або побічні продукти). Всі ці речовини змінюють властивості колоїдних систем і тому мають бути видалені.

Діаліз: процес очистки (відділення) колоїдних розчинів, заснований на властивості напівпроникної мембрани пропускати домішки йонів і молекул малих розмірів і затримувати колоїдні частинки.

Прилад для очистки колоїдів називається діалізатором.

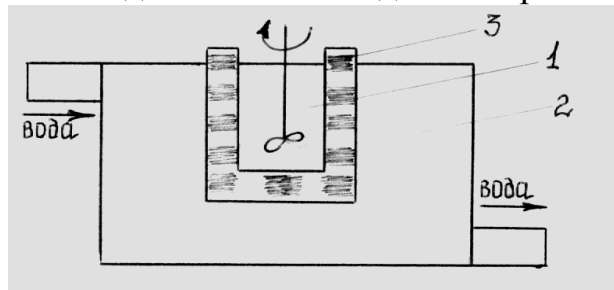


Рис. 7.1. Схема діалізатора:

- 1- розчин, що очищується, 2 – розчинник (вода),
3 – мембрана

Безперервно або періодично міняючи розчинник в діалізаторі, досягають повної очистки колоїдного розчину.

Недолік простого діалізатора – велика тривалість процесу очистки (іноді тижні, місяці).

Електродіаліз: процес діалізу, прискорений шляхом застосування електричного струму (в розчинник вводять електроди 4).

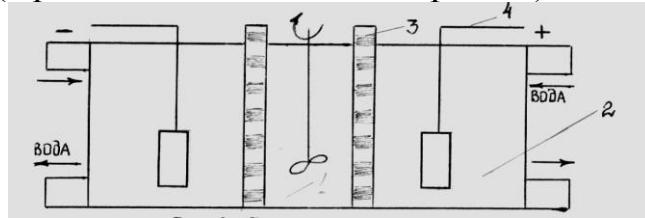


Рис. 7.2. Схема електродіалізатору

Під дією електричного поля відбувається перенос катіонів із середньої камери у катодну камеру, аніонів – в анодну. Видаляються навіть сліди електролітів, що звичайним діалізом не досягається.

Час очистки значно скорочується (години, хвилини).

Електродіаліз знаходить промислове застосування: цим методом видаляють солі з молочної сировотки. Очищена від солей сировотка містить велику кількість лактози і білків і використовується для одержання продуктів дієтичного харчування.

Ультрафільтрація: фільтрування колоїдних розчинів через напівпроникну мембрану під тиском або у вакуумі. При цьому колоїдні частинки залишаються на фільтрі (мембрані), а фільтрат, що містить низькомолекулярні речовини, переходить у розчинник.

Для прискорення ультрафільтрацію проводять під тиском (іноді у вакуумі).

Мембрани – особливі полімерні плівки, розмір пор яких 10^{-5} - 10^{-6} см.

Спосіб ультрафільтрації використовується для концентрування золів шляхом відділення дисперсної фази від дисперсійного середовища і низькомолекулярних речовин, що містяться у ньому.

Електроультрафільтрація: ультрафільтрація в електричному полі.

В таблиці наведені відносні швидкості очистки колоїдних розчинів:

Таблиця 7.2.

Відносна швидкість речовин, що видаляються

Метод	Відносна швидкість речовин, що видаляються	
	(сіль)	цукор
Діаліз	1	0,3
Електродіаліз	163	2
Ультрафільтрація	14	14
Електроультрафільтрація	182	14

Дослід 7. У мішечок із целофанової плівки, який використовується у якості напівпроникної мембрани, наливають певну кількість золю (приблизно на половини мішечка), що підлягає діалізу. Мішечок опускають у стакан із

дистильованою водою. Кінець (край) мішечка загинають на борт стакану або підвішують на скляній паличці. Через 5-15 хв. проводять якісну реакцію на йони, що переходять із золя у воду. Для цього у пробірку відливають 2-3 см³ води, що омиває мішечок, і додають декілька крапель відповідного реактиву. Так, наприклад, йон Хлору можна визначити за допомогою розчину AgNO₃ (позитивна реакція – випадіння білого димчастого осаду або помутніння). Для очистки колоїдного розчину воду у стакані міняють доти, доки якісна реакція на відповідний йон не буде негативною. Пояснити метод діаліза. Відмітити, чи забарвлюється вода у стакані, пояснити чому.

В якості золю, що підлягає очистці взяти гарячий золь Fe(OH)₃, бажано також, щоб і дистильована вода у стакані була гарячою. Діаліз можна проводити і при кімнатній температурі, але при нагріванні діаліз протікає швидше.

Таблиця 7.3

Зміна питомої поверхні при подрібненні 1см³ речовини

Довжина грані частинки у формі куба, см	Число кубічних частинок	Питома поверхня, см ²
1	1	6
1·10 ⁻¹ (1мм)	1·10 ³	60
1·10 ⁻³	1·10 ⁹	6·10 ³
1·10 ⁻⁵ (0,1мкм)	1·10 ¹⁵	6·10 ⁵
10·10 ⁻⁷ (1нм)	1·10 ²¹	6·10 ⁷

За дисперсністю системи поділяють на:

грубодисперсні
(грубі суспензії, емульсії, порошки)

10⁻⁴-10⁻⁷

колоїдодисперсні
(золі)

розмір частинок (радіус), м
10⁻⁷-10⁻⁹

Основний об'єкт вивчення колоїдної хімії. Тут вивчаються не йони й молекули, а їх агрегати, що складаються зі звичайних молекул – міцели (макромолекули) від 100 до 1 нм.
(кишкова паличка 3·10⁻⁶м
вірус грипу 10⁻⁷м
золь золота 10⁻⁸ м

молекулярні або йонні розчини

менше 10⁻⁹

Це істинні розчини – найбільш вивчені. Системи рівноважні, термодинамічно стійкі.

Рис. 7.3. Види систем за дисперсністю

Таблиця 7.4.

Зі зміною розмірів частинок змінюються кінетичні, оптичні, каталітичні й інші властивості

грубодисперсні	колоїднодисперсні	молекулярні або йонні розчини
не прозорі, відбивають світло (каламутні); не проходять крізь фільтр;	прозорі, характеризуються опалесценцією – розсіюють світло; фільтруються (проходять крізь фільтр);	прозорі; фільтруються;
гетерогенні; помітні неозброєним оком або в оптичному мікроскопі; осідають або спливають.	гетерогенні; помітні в електронному мікроскопі; осідають поступово.	гомогенні; не помітні в сучасному мікроскопі не осідають

Таблиця 7.5

Класифікація дисперсних систем за агрегатним станом

Дисперсійне середовище	Дисперсна фаза	Умовне позначення	Назва системи й приклади
Тверде	Тверда	Т/Т	Тверді гетерогенні системи: мінерали, сплави, бетон, кольорове скло, композиційні матеріали Капілярні системи: вологий ґрунт, рідина в пористих тілах (адсорбентах), опал Пористі тіла: пемза, силікагель, активоване вугілля
	Рідка	Р/Т	
	Газоподібна	Г/Т	
Рідке	Тверда	Т/Р	Суспензії і золи: золи металів (золота, срібла), пасти, суспензії, мул. Емульсії: природні нафта, креми, молоко, маргарин Газові емульсії: піни (мильна, протипожежна).
	Рідка	Р/Р	
	Газоподібна	Г/Р	
Газоподібне	Тверда	Т/Г	Тверді аерозолі: пил, дим, порошки. Рідкі аерозолі: тумани, хмари. Колоїдні системи відсутні.
	Рідка	Р/Г	
	Газоподібна	Г/Г	

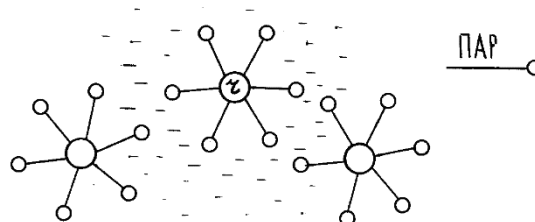


Рис. 7.4. Стабілізація колоїдної системи за допомогою ПАР (макромолекула полімеру згорнута в глобулу)

Таблиця 7.6

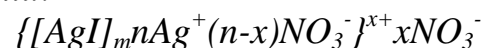
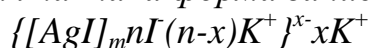
Два види пептизації

Безпосередня (адсорбційна)	Опосередкована (дисольюційна)
<p>на поверхні частинок перед їх поділом адсорбується безпосередньо доданий пептизатор.</p> <p>Характеризується повною відсутністю яких-небудь хімічних процесів між речовиною, що пептизується і пептизатором</p>	<p>охоплює всі випадки, коли пептизація пов'язана з хімічною реакцією поверхово розташованих молекул колоїдних частинок.</p> <p>На поверхні частинок адсорбується продукт взаємодії пептизатора з речовиною дисперсної фази (йони отриманого пептизатора).</p> <p>Таким чином, процес дисольюційної пептизації складається з 2-х фаз:</p> <p>1 – утворення шляхом хімічної реакції розчинного електроліту-пептизатора;</p> <p>2 – адсорбційна взаємодія коагелю з пептизатором, що призводить до утворення міцел і пептизації гелю.</p>



Рис. 7.5. Схема міцел з позитивним та негативним зарядом

Тверда частина – **ядро** колоїдної частинки – утворена кристалами аргентум йодиду (AgI) $_m$. Поверхня ядра адсорбує переважно йони Ag^+ або I^- (в залежності від того, які йони в надлишку), вони мають спорідненість з осадом, утворюючи адсорбційний шар. Припустимо, що кількість йонів, адсорбованих ядром, дорівнює n . Частина протийонів NO_3^- чи I^- ($n - x$) знаходиться в **адсорбційному шарі**, які разом з ядром складають **гранулу**. До зарядженої гранули притягуються протийони NO_3^- чи K^+ , формуючи **подвійний електричний шар**. Решта протийонів (x) утворюють **дифузний шар**. Ядро разом з адсорбційним і дифузним шаром називається **міцелою**. У колоїдній хімії прийнята така форма запису будови міцели:



Умовні позначення: t – кількість асоціатів в ядрі частинки (ядро зображене у квадратних дужках);

n – кількість йонів, які міцно адсорбовані на поверхні ядра. Вони називаються потенціал-визначаючими йонами;

x – кількість протийонів, які утворюють зовнішній, дифузний шар;

$(n - x)$ – частина протийонів, які входять до адсорбційного шару і до складу гранули (вона зображена у фігурних дужках).

В цілому, міцела електронейтральна. А гранула має заряд, який залежить від того, яка з реагуючих речовин взята в надлишку.

Приклади розв'язку задач

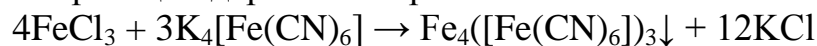
Задача 1. Для одержання золю берлінської блакиті до 12 см³ розчину FeCl₃ з молярною концентрацією 0,01 моль/дм³ додали 10 см³ розчину K₄[Fe(CN)₆] з молярною концентрацією еквіваленту 0,05 моль/дм³. Написати формулу міцели цього золю. Який заряд гранули?

Розв'язок

Перерахувати молярну концентрацією (С) на молярну концентрацію еквівалента (C_{1/z}) розчину FeCl₃:

$$C_{1/z}(\text{FeCl}_3) = C(\text{FeCl}_3) \cdot 3 = 0,01 \cdot 3 = 0,03 \text{ (моль-екв/дм}^3\text{)}.$$

Записати рівняння реакції одержання берлінської блакиті:



Знайти, яка з вихідних речовин взята в надлишку, тобто є стабілізатором:

$$v(1/z \text{ FeCl}_3) = C(1/z \text{ FeCl}_3) \cdot V(\text{FeCl}_3)$$

$$v(1/z \text{ FeCl}_3) = 0,03 \text{ (моль-екв/дм}^3\text{)} \cdot 0,012 \text{ дм}^3 = 0,0036 \text{ моль-екв}$$

$$v(1/z \text{ K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]) = C(1/z \text{ K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]) \cdot V(\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6])$$

$$v(1/z \text{ K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]) = 0,05 \text{ (моль-екв/дм}^3\text{)} \cdot 0,010 \text{ дм}^3 = 0,005 \text{ моль-екв}$$

В розчині є надлишок K₄[Fe(CN)₆], який є стабілізатором. Тому гідрофобні частинки Fe₄([Fe(CN)₆]₃) будуть адсорбувати йони [Fe(CN)₆]₄⁻ (правило Панета-Фаянса), і надаватимуть гранулі негативного заряду. Протийонами будуть йони K⁺.

Схема будови міцели берлінської блакиті буде такою:



Завдання для самопідготовки

1. Для одержання золю аргентум хлориду до 15 см³ розчину калій хлориду з молярною концентрацією 0,025 моль/дм³ додали 85 см³ розчину аргентум нітрату з молярною концентрацією 0,005 моль/дм³. Написати формулу міцели одержаного золю. Який заряд гранули?
2. При тривалому стоянні сірководневої води в наслідок окиснення гідрогенсульфіду киснем повітря утворюється осад у колоїдному стані.

- Написати будову міцели золю сірки і визначити знак заряду її частинок. Яким методом одержано золь?
3. Золь AgI одержано при поступовому додаванні 20 см^3 розчину KI з молярною концентрацією $0,01 \text{ моль/дм}^3$ до 15 см^3 $0,2 \%$ розчину AgNO_3 ($\rho = 1 \text{ г/дм}^3$). Написати формулу міцели одержаного золю. Визначити напрям руху його частинок в електричному полі.
 4. Скільки см^3 розчину ZnCl_2 з молярною концентрацією $0,005 \text{ моль/дм}^3$ потрібно долити до 20 см^3 розчину $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ з молярною концентрацією $0,015 \text{ моль/дм}^3$, щоб одержати золь ZnS з позитивно зарядженими гранулами? Написати формулу міцели цього золю.
 5. Які об'єми $0,013 \%$ розчину NaCl ($\rho = 1 \text{ г/см}^3$) та розчину AgNO_3 з молярною концентрацією $0,001 \text{ моль/дм}^3$ потрібно змішати, щоб одержати незаряджені частинки золю AgCl ? Скласти формулу міцели в ізоелектричному стані.
 6. Скільки см^3 розчину ZnCl_2 з молярною концентрацією $0,0025 \text{ моль/дм}^3$ потрібно долити до 50 см^3 розчину $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ з молярною концентрацією $0,010 \text{ моль/дм}^3$, щоб одержати золь ZnS з позитивно зарядженими гранулами? Написати формулу міцели цього золю.

Тема 8

РОЗЧИНИ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК

Розчини високомолекулярних сполук (ВМС) – це гомогенні термодинамічні стійкі оборотні системи, що утворюються самочинно і за природою є істинними молекулярними розчинами.

Велетенські розміри макромолекул вносять специфіку в їх властивості, які обумовлені двома особливостями:

- 1 – наявністю двох типів зв'язків: хімічного та міжмолекулярного;
- 2 – гнучкістю ланцюгів.

При розчиненні ВМС можуть утворювати не лише істинні, але і колоїдні розчини. Це залежить від концентрації і природи розчинника. Молекулярні або істинні розчини отримують в розчинниках, полярність яких відповідає полярності ВМС. Наприклад, розчин желатину у воді або каучуку у бензині.

Колоїдні розчини ВМС утворюються при невідповідності полярності розчинника, або при концентрації більшій, ніж критична концентрація міцелоутворення (ККМ).

Причина термодинамічної стійкості „ліофільних золів” – відсутність поверхні поділу фаз і поверхневої енергії – їх гомогенність. Було показано також, що, хоча властивості розчинів високомолекулярних сполук значною мірою визначаються їхньою спорідненістю до розчинника, частка розчинника,

що увійшов у сольватні оболонки, не дуже велика. Тому правильним варто вважати термін „розчини ВМС” чи „молекулярні колоїди”, а не „ліофільні золі”.

До високомолекулярних сполук (ВМС) відносять природні і синтетичні речовини з відносною молекулярною масою не менше 10-15 тисяч. Молекулярна маса природних ВМС може досягати 500-700 тисяч, а в окремих випадках декількох мільйонів. Високомолекулярні сполуки, які складаються з великої кількості однакових ланок, що повторюються, називають полімерами. В якості вихідних речовин для одержання полімерів використовують ненасичені або поліфункціональні низькомолекулярні сполуки – мономери.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення і характеристику ВМС.
2. Що таке захищені колоїди?
3. Наведіть класифікацію ВМС.
4. Яка залежність розчинення ВМС від структури їх молекул?
5. Який зв'язок між стабільністю розчинів ВМС і особливостями їх зберігання?
6. Вплив структури молекули ВМС на процес розчинення речовин.
7. Перелічіть фактори, що викликають порушення стійкості розчинів ВМС.
8. Назвіть особливості приготування розчинів ВМС, що набувають обмежено.
9. Класифікація розчинів полімерів.
10. У чому особливості розчинення полімерів?
11. Які особливості будови молекул ВМС визначають аномальні властивості розчинів полімерів?
12. Набування. Чим характеризується ступінь і швидкість набування?
13. Який вплив різних електролітів на ступінь набування?
14. Що розуміють під обмеженим і необмеженим набуванням?
15. За яким принципом розташован йони в ліотропних рядах?
16. Як змінюються термодинамічні функції при мимовільному розчиненні ВМС?
17. Охарактеризуйте типи в'язкості розчинів ВМС?
18. Що таке тиск набування? Рівняння Позднякова?
19. Ізоелектричний стан білкової молекули.
20. Що таке синерезис? Його біологічне значення.
21. Як класифікують ВМС за походженням? За складом головного ланцюга? За структурою полімерного ланцюга? За формою макромолекул?
22. Чим відрізняються методи полімеризації і поліконденсації? На чому базується метод хімічних перетворень?
23. Як визначити характеристичну в'язкість розчину полімеру?
24. Якими бувають фазові і фізичні стани ВМС?
25. Чим відрізняється механізм висолювання полімерів від механізму коагуляції колоїдних розчинів?

До заняття: вивчити теоретичний матеріал за підручниками та посібниками. Письмово дати визначення термінів та понять.

Високомолекулярні сполуки – _____

Форми макромолекул – _____

Лінійна форма – _____

Розгалужена форма – _____

Просторова форма – _____

Глобулярна форма – _____

Стадії розчинення ВМС – _____

Процес набрякання – _____

Ступінь набрякання – _____

Швидкість набрякання – _____

В'язкість розчинів ВМС – _____

Відносна в'язкість – _____

Питома в'язкість – _____

Приведена в'язкість – _____

Характеристична в'язкість – _____

Віскозиметрія – _____

Застосування віскозиметрії для медико-біологічних досліджень – _____

Поліелектроліти кислотного типу – _____

Поліелектроліти основного типу – _____

Поліамфоліти, що містять і кислотну і основну групи – _____

Ізоелектрична точка – _____

Мембранна рівновага Доннана – _____

Чинники стійкості розчинів ВМС – _____

Висолювання – _____

Механізм дії електроліту, що висолює – _____

Вплив концентрації на властивості розчинів ВМС – _____

Специфічні властивості концентрованих розчинів – _____

Сітчасті структури – _____

Тиксотропія – _____

Коацервація – _____

Застигання – _____

Драгління – _____

Гомогенні драглі – _____

Гетерогенні драглі – _____

Методи отримання драглів – _____

Загальні властивості драглів – _____

Оборотна деформація – _____

Плинність – безповоротна деформація – _____

Уповільнена дифузія – _____

Синерезис – _____

Причини синерезису – _____

Термічна оборотність – _____

Целюлоза – _____

Декстрин – _____

Інулін – _____

Хітин – _____

Альгінати – _____

Агароїд – _____

Пектин – _____

Мікробні полісахариди – _____

Метилцелюлоза – _____

Натрій-карбоксиметилцелюлоза – _____

Пепсин – _____

Трипсин – _____

Хімотрипсин – _____

Гідролізін – _____

Амінопептид – _____

Колаген – _____

Желатин – _____

Органічні синтетичні ВМС – _____

Карболанцюгові сполуки – _____

Гетероланцюгові сполуки – _____

Полівінілпіролідон – _____

Поліакриламід – _____

Карбопол – _____

Застосування розчинів ВМС

ВМС і їх розчини мають дуже важливе значення в різних галузях промисловості, сільського господарства, а також в медицині та фармації.

Розчини високомолекулярних сполук широко застосовуються у фармацевтичній практиці.

ВМС використовуються:

- в якості лікарських препаратів (розчин полівінілпіролідону, крохмальний клейстер, розчин і гідролізат желатину, ферменти, полісахариди, слизу, екстракти);
- в якості допоміжних речовин при виготовленні різних лікарських форм (основи для супозиторіїв і мазей, емульгатори і стабілізатори при виготовленні суспензій і емульсій, як пролонгаторів, загусники, плівкоутворювачів);
- як пакувальний матеріал при відпуску ліків, при виготовленні флаконів, плівок, пробок, банок та ін.

Розвиток хімії полімерів призвів до появи нових матеріалів, що є дуже корисними в технології ліків. Так, наприклад, природа не надала в наше розпорядження матеріал для покриття таблеток, нерозчинних у воді, але розчинних в шлунковому соці.

Полімерна хімія зуміла дати нам ряд таких речовин, наприклад, ацетилцелюлоза та ін.

Використання ВМС

У фармацевтичній практиці застосовують природні (полісахариди, білки, ферменти, пектини, камеді, смоли екстракти), синтетичні і напівсинтетичні ВМС (метилцелюлоза, полівінол, полівінілпіролідон, силікони, блоксополімери, жирозахара).

З групи природних ВМС найбільш широко застосовуються: вищі полісахариди загальної формули ($C_6H_{10}O_5$).

Представником цієї групи є крохмаль, який набув значного поширення в природі. Макромолекула крохмалю складається із залишків глюкози (α -форма).

У медицині використовується крохмаль, отриманий із зерен пшениці, рису, кукурудзи, бульб картоплі.

Для внутрішнього застосування і клізм застосовують 2% розчини крохмалю.

Розчини крохмалю на очищеній воді і гліцерині з концентрацією 4-7% використовують як основи для мазей, а концентрації 10% використовують для стабілізації емульсій та суспензій.

Декстрини отримують після обробки крохмалю ферментами при нагріванні. Похідні крохмалю краще розчинні у воді і більш стійкі. Їх використовують в якості допоміжних речовин при виробництві таблеток, а розчини використовують як основи для мазей.

Для медичних цілей застосовується целюлоза, розчинна у воді зі ступенем етерифікації 1,6-2,0, що містить 25-33% метоксильних груп. Ступінь

полімеризації може бути від 150 до 900, що відповідає молекулярній масі від 30000 до 180 000.

За зовнішнім виглядом це білий, іноді кремуватий порошок, гранули або волокна; він не розчиняється в гарячій воді, але набухає в ній; в холодній воді набухає і поступово розчиняється, утворюючи в'язкі розчини.

Таблиця 8.1.

Використання ВМС в фармації

ВМС		
Лікарські речовини	Допоміжні речовини	Пакування
Пепсин Панкреатин Трипсин Стрептодеказа та інші	1. Стабілізатори суспензій та емульсій (желатоза, похідні целюлози, альгінати, екстрін, розчин крохмалю, мікробні полісахариди, бентоніти та ін.	Флакони, корки, плівкове пакування (силікони, поліетилен, полістирол, полікарбонат)
	2. Солюбілізатори (пропіленгліколь, твини)	
	3. Розчинники (пропіленгліколь, есилони)	
	4. Допоміжні речовини у виробництві пігулок (похідні целюлози, крохмаль, желатин, пектин)	
	5. Оболонки для медичних капсул (желатин)	
	6. Мазеві та супозиторні основи (похідні целюлози, колаген, силікони)	
	7. Пролонгатори	
	8. Добавки з заміниками крові та плазми (декстран)	

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Болдырев А.И. Физическая и коллоидная химия: Учебник для сельскохозяйственных вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Болдырев А.И. – М.: Высш. шк., 1983. – 406 с.
2. Воловик Л.С. Колоїдна хімія: Підручник. / Л.С. Воловик, Є.І. Ковалевська, В.В. Манк, О.М. Мірошников, М.І. Сербова – К.: НУХТ, 2011, – 247с.
3. Івашина Г.О. Практикум з фізичної та колоїдної хімії. / Г.О. Івашина, А.Ю. Шепель – Херсон: Айлант, 2004, – 76с.
4. Кабачний В.І. Фізична та колоїдна хімія. Збірник задач: Навч. посібник для студ. вищ. фармац. Закладів освіти / В.І. Кабачний, Л.К. Осіпенко, Л.Д. Грицан та ін.; За ред. В.І.Кабачного.– Вид-воНФАУ: Золоті сторінки, 2001.– 208с.
5. Кабачний В.І. Фізична та колоїдна хімія. Збірник задач: Навч. посібник для студ. вищ. фармац. Закладів освіти / В.І. Кабачний, Л.К. Осіпенко, Л.Д. Грицанта ін.; Заред. В.І.Кабачного. – Вид-во НФАУ: Золоті сторінки, 2001.– 208с.
6. Кабачний В.І. Фізична та колоїдна хімія. Лабораторний практикум: Навч. посіб. для студ. вищ. фармац. навч. закладів / В.І.Кабачний, В.П.Колеснік, Л.Д.Грицанта ін.; За ред. В.І.Кабачного.- Х.: Вид-во НФаУ: Золоті сторінки, 2004. – 200с.
7. Каданер Л.І. Фізична і колоїдна хімія. – К.: Вища школа, 1983; 234 с.
8. Каданер Л.І. Фізична і колоїдна хімія: підручник для студентів природничих факультетів педагогічних інститутів. / Л.І. Каданер – К.: Вища шк., 1971. – 284с.
9. Лебідь В.І. Фізична хімія. / В.І. Лебідь – Харків: Фоліо, 2005. – 476 с.
- 10.Минка А.Ф. Методичні вказівки рекомендовані до друку цикловою методичною комісією з хімічних дисциплін та біофізики ЛНМУ імені Д. Галицького. Минка А.Ф, Банах О.С., Мороз А.С., Огурцов В.В., Роговик В.Й., Федин І.М., Яворська Л.П., Гасс Р.С., Муратова Л.О, Сеньків Н.П., Яворська О.П., Тимкевич О.З. – Електронний ресурс
- 11.Мороз А.С Біофізична та колоїдна хімія / А.С.Мороз, Л.П.Яворська, Д.Д.Луцевич та ін. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 600 с.
- 12.Мчедлов-Петросян М.О. Основи колоїдної хімії: фізико-хімія поверхневих явищ і дисперсних систем За ред. М.О. Мчедлова-Петросяна. / М.О. Мчедлов-Петросян, В.І. Лебідь, О.М. Глазкова, С.В. Єльцов, О.М. Дубина, В.Г. Панченко – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2004. – 300 с.
- 13.Огурцов В.В. Методичні вказівки з фізичної та колоїдної хімії для самостійної та аудиторної роботи студентів фармацевтичного факультету спеціальності «Фармація» Огурцов В.В., Кленіна О.В., Роговик В.Й.,

- Гасс Р.С., Драпак І.В., Тимкевич О.З. (Частина 2. Колоїдна хімія) Львів – 2015
- 14.Рябініна А.О. Практикум з фізичної та колоїдної хімії. II частина. / А.О. Рябініна, С.М. Іванищук – ФОП Гринь Д.С. – 2015. – 124 с.
 - 15.Скоробогатий А.П. Фізична і колоїдна хімія та фізико-хімічні методи дослідження. / А.П. Скоробогатий, В.Ф. Федоренко– Львів: «Компакт – ЛВ», 2005. – 244 с.
 - 16.Спольнік О. І. Фізична та колоїдна хімія. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи «Електропровідність. Вимірювання електропровідності розчинів електролітів» / Спольнік О. І., Новікова В.Є., Зайцева Л.Г., Міленіна К.М., Піх Л.О., Тимченко Н.М. – Х.: ХНТУСГ, 2012 – 26с.
 - 17.Усков І.О. Колоїдна хімія з основами фізичної хімії високомолекулярних сполук. / І.О. Усков, Б.В. Єременко, С.С. Пелішенко, В.В. Нижник – Київ: Вища школа, 1995. – 320с.
 - 18.Фізична хімія: Підручник для студентів нехімічних спеціальностей ВНЗ / За ред. В.В. Манка. – К.: ІНКОС, 2007. – 196 с.
 - 19.Цветкова Л.В. Фізична хімія: теорія і задачі: Навч. посібник. / Л.В.Цветкова – Львів: Магнолія 2006, 2008 – 414 с.