

**Житомирський державний університет
імені Івана Франка
Природничий факультет
Кафедра хімії**

**ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДО
ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ**

Обов'язкової освітньої компоненти

«ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ»

**для підготовки здобувачів
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	102 Хімія
Предметна спеціальність	-
Спеціалізація	-
Освітня програма	Хімія
Факультет / ННІ	природничий

Укладачі:

к.х.н., доцент **Чайка Микола**,
к.х.н., доцент **Камінський Олександр**,
к.х.н., доцент **Денисюк Роман**,
к.х.н., доцент **Чумак Володимир**,
асистент **Панасюк Дмитро**

Розглянуто та схвалено
на засіданні кафедри хімії
Протокол від «__» червня 2025 р. № __
Завідувач кафедри _____ Олена АНІЧКІНА

Житомир 2025

УДК 378.147:54

I-72

*Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного
університету імені Івана Франка
(протокол № 13 від «27» червня 2025 р.)*

Рецензенти:

Бондар Анатолій – доктор хімічних наук, завідувач відділу фізичної хімії неорганічних матеріалів Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України.

Шелюк Ірина – кандидат хімічних наук, голова циклової комісії хімічних дисциплін Житомирського базового фармацевтичного фахового коледжу Житомирської обласної ради.

Віленський Володимир – доктор хімічних наук, професор кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка.

Чайка М.В., Камінський О.М., Денисюк Р.О., Чумак В.В., Панасюк Д.Ю.

Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять із обов'язкової освітньої компоненти «Інструментальні методи хімічного аналізу»: навчально-методичний посібник для підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2025. – 96 с.

© Чайка М. В., 2025

© Камінський О. М., 2025

© Денисюк Р. О., 2025

© Чумак В. В., 2025

© Панасюк Д. Ю., 2025

© Житомирський державний
університет імені Івана Франка, 2025

ЗМІСТ:

	ВСТУП		5
	КРИТЕРІЙ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ		5
1	Лабораторне заняття № 1	Тема: Класифікація інструментальних методів аналізу.	7
2	Лабораторне заняття № 2	Тема: Хімічні тест – методи аналізу	12
3	Лабораторне заняття № 3	Тема: Рефрактометричне визначення вмісту етанолу у розчина	18
4	Лабораторне заняття № 4	Тема: Визначення вологості в меді рефрактометричним методом	23
5	Лабораторне заняття № 5	Тема: ІЧ-аналіз спектрів органічних та неорганічних сполук	28
6	Лабораторне заняття № 6	Тема: Вивчення мас-спектра простих органічних сполук	35
7	Лабораторне заняття № 7	Тема: Аналіз сполук методом ¹ H-ЯМР-спектроскопії	42
8	Лабораторне заняття № 8	Тема: Фотоколориметричний метод кількісного аналізу. Визначення вмісту йонів металу в розчині.	48
9	Лабораторне заняття № 9	Тема: Фотометричне визначення іонів Fe ³⁺ у тіоціанатному комплексі.	54
10	Лабораторне заняття № 10	Тема: Модульна контрольна №1 «Спектральні та оптичні методи аналізу»	58
11	Лабораторне заняття № 11	Тема: Вивчення сорбції іонів барію активованим вугіллям та іонітами	59

12	Лабораторне заняття № 12	Тема: Розділення та ідентифікація амінокислот методом тонкошарової хроматографії	63
13	Лабораторне заняття № 13	Тема: Кількісне визначення іонів нікелю методом осадової хроматографії	68
14	Лабораторне заняття № 14	Тема: Визначення вмісту натрій хлориду у вершковому маслі методом іонообмінної хроматографії з катіонітом	74
15	Лабораторне заняття № 15	Тема: Модульна контрольна №2 «Методи розділення та концентрування речовин. Хроматографія»	79
16	Лабораторне заняття № 16	Тема: Потенціометрія. Дослідження електрохімічних процесів, що відбуваються при розчиненні напівпровідникових матеріалів	80
17	Лабораторне заняття № 17	Тема: Кондуктометричне титрування розчину оцтової кислоти розчином гідроксиду натрію	86
18	Лабораторне заняття № 18	Тема: Визначення маси міді кулонометричним методом	91
19	Лабораторне заняття № 19	Тема: Модульна контрольна №3 «Електрохімічні методи аналізу»	94

ВСТУП

Освітня компонента «Інструментальні методи хімічного аналізу» вивчається здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на третьому курсі та відповідає освітньо-професійній програмі Хімія.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗАНЯТЬ

Оцінювання здобувачів вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про критерії та порядок оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти Житомирського державного університету імені Івана Франка згідно з Європейською кредитною трансферно-накопичувальною системою»

https://zu.edu.ua/offic/ocinjuvannya_zvo.pdf.

Оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти за всіма видами навчальних робіт проводиться за поточним, модульним та підсумковим контролем.

Кожен здобувач вищої освіти має виконати обов'язкові завдання, передбачені інструктивно-методичними матеріалами до лабораторних занять, методичними рекомендаціями до організації самостійної роботи здобувачів вищої освіти, силабусом, навчальною та робочою програмою освітньої компоненти.

Результати навчальної діяльності здобувачів вищої освіти оцінюються в балах, відповідно до виду діяльності. Визначений мінімум балів, який необхідно набрати для отримання заліку зазначений в робочій програмі навчальної дисципліни.

Критерії оцінювання

№	Лабораторна робота	Т	ТО	ЕР	Д
		15	25	50	10
1	№1				
2	№2				
3	№3				
4	№4				
5	№5				

6	№6				
7	№7				
8	№8				
9	№9				
10	№10				
11	№11				
12	№12				
13	№13				
14	№14				
15	№15				
16	№16				
17	№17				
18	№18				
19	№19				
Рейтинг		100			

Види діяльності на занятті: **Т** – тестовий контроль знань; **ТО** – теоретичне опитування; **ЕР** – виконання експериментальної роботи; **Д** – презентація підготовленої доповіді.

Модуль 1. Спектральні та оптичні методи аналізу

Лабораторна робота № 1

Тема: Класифікація інструментальних методів аналізу

Мета: ознайомитись з сучасними інструментальними методами аналізу, їх класифікацією; навчитися виготовляти індикаторні папірці та тест трубки.

Основні поняття: інструментальні методи дослідження, аналітичний сигнал, індикаторний папір, тест-трубки, шкала порівняння.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.

Інструкція до виконання:

1. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. Класифікація інструментальних методів аналізу: хімічні, фізико-хімічні та фізичні.
2. Переваги та недоліки класичних методів дослідження.
3. Аналітичний сигнал та його вимірювання.
4. Залежність між аналітичним сигналом і концентрацією речовини.
5. Способи визначення вмісту компонента - методи калібрувального графіка, стандартів, добавок.

3. *Виконання експериментальної роботи*

Ознайомтеся з інструкцією до виконання дослідів, підготуйтеся до їх проведення в лабораторії.

Рекомендація до виконання дослідів:

Дослід №1. Виготовлення індикаторного папірця на іони Fe^{3+} ; Co^{2+} ; Cu^{2+}

Індикаторний папір – це також хімічний тест – метод (ХТМ), що дозволяє якісно оцінити наявність тих чи інших речовин у розчині.

Для виготовлення індикаторного папірця на зазначені іони потрібно приготувати 10 % розчин KSCN або NH_4SCN . Окремо приготувати 0,5 % розчин желатину (закріплювач). Для цього у гарячій воді (70 – 80 °C) розчинити відповідну масу швидкорозчинного сухого желатину.

Фільтрувальний папір (синя смужка) нарізати на смужки довжиною 10 см, шириною 2 – 3 см.

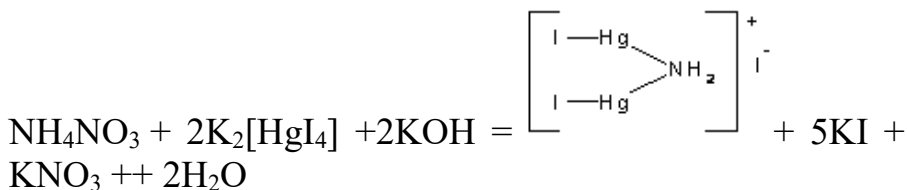
До 20 мл розчину калій чи амоній роданіду додати 10 мл ще теплого розчину желатину (закріплювача), гарно перемішати утворений розчин скляною паличкою (не допускати утворення піни). Потім в утворений розчин занурити смужки з фільтрувального паперу. Коли вони змокнуть повністю, вийняти їх з розчину та висушити на повітрі (можна спробувати висушити над електроплиткою). Фільтрувальні папірці після висихання залишаються білими, їх необхідно зберігати в герметично закритому флаконі.

Для перевірки роботи такого папірця необхідно занурити його у розчин відповідної солі.

У розчині солей Fe^{3+} папірець зафарбується в червоний колір; у розчині Co^{2+} - в блакитно – синій, а Cu^{2+} - зафарбує папірець в коричнево – чорний колір.

Дослід №2. Визначення вмісту іонів NH_4^+ у воді порівняльним ХТМ (візуальне спостереження)

Визначення NH_4^+ базується на утворенні комплексної сполуки червоно-коричневого кольору під час взаємодії іону амонію чи амоніаку з реактивом Несслера:



Відміряють мірною пробіркою 10 мл досліджуваної води та додають до неї 0,3 мл 50 % розчину сегнетової солі (калій-натрій гідротартрат $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Дана сіль запобігає випаданню білого осаду магній гідроксиду, який заважає проведенню аналізу. Потім сюди ж додають 0,5 мл насиченого реактиву Несслера та плавно перемішують розчин декілька разів. Пробірку залишають в штативі на 10 хв. Утворене забарвлення порівнюють з даними таблиці 1 і визначають приблизний вміст іонів NH_4^+ .

У питній воді концентрація іонів NH_4^+ не повинна перевищувати 2 мг/л (ГДК). При концентраціях більше 1,5 мг/л спостерігається погіршення запаху води, а при концентраціях більше 35 мг/л - погіршення смаку води.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика вмісту іонів NH_4^+ у воді

Забарвлення розчину		Концентрація NH_4^+ , мг/л
При розгляді пробірки збоку	При розгляді пробірки зверху	
Немає	Немає	0,04
Немає	Ледь помітне забарвлення	0,08
Ледь помітне забарвлення	Світло – жовте	0,20
Світло – жовте	Жовтувате	0,40
Світло – жовте	Світло – жовте	0,80
Світло – жовте	Жовте	2,00
Жовте	Оранжево – жовте	4,00
Оранжево – жовте	Червоно – буре	більше 15,00

Дослід №3. Виготовлення тест – трубки за допомогою індикаторного порошку

Тест – індикаторною трубкою називають скляну трубку, довжиною 5 – 10 см, діаметром 2 – 5 мм, яка заповнена індикаторним порошком. Одним із методів її використання є **метод вдавлювання** досліджуваного розчину шприцем. Концентрацію досліджуваної речовини визначають за довжиною забарвленого індикаторного порошку та його інтенсивністю (чим довша величина забарвлення, тим більша концентрація речовини, а також чим інтенсивніше забарвлений порошок – тим більша концентрація речовини).

Для приготування індикаторного порошку спочатку потрібно приготувати адсорбент (субстрат). Для цього до 10 мл розчину силікатного клею (натрій силікату), розведеного водою 1:1, додати при перемішуванні (покрапельно) 5 – 10 мл 10 % розчину HCl до утворення густого прозорого (білого) гелю силікатної кислоти. Утворений гель перенести на фільтрувальний папір та промити його дистильованою водою декілька разів до pH = 6 – 7 (перевіряти універсальним індикаторним папірцем). Ще вологий силікагель промити 10 – 15 мл етанолу та висушити його на повітрі чи у сушильній шафі.

Окремо приготувати 10 мл 10 % спиртового розчину 1 – нітрозо – 2 – нафтолу (реактиву Ільїнського).

Зважити 1 г висушеного силікагелю та при перемішуванні влити в нього 10 мл спиртового розчину реактиву Ільїнського (порошок має забарвитись у жовтий колір). Утворений індикаторний порошок необхідно висушити та добре розтерти. Якщо цей порошок буде не рівномірно забарвлений, потрібно ще залити його розчином 1 – нітрозо – 2 – нафтолом.

В чисту суху скляну трубочку з одного кінця помістити маленький шматочок вати, а потім всипати індикаторний порошок через вільний отвір трубки, притрамбовуючи його в трубці шляхом легкого постукування трубки об поверхню стола. Індикаторного порошку необхідно насипати на висоту 5 см (поміряти лінійкою). Таким способом приготувати декілька індикаторних трубок.

Для перевірки роботи трубки необхідно приготувати три розчини CoCl_2 . Приготований 1 % розчин CoCl_2 (**розчин 1**), **взятий з попереднього дослідю**, розвести в половину (1:1) – одержимо 0,5 % розчин (**розчин 2**), який потім також розвести водою навпіл (1:1) – це буде **розчин 3**. рН всіх трьох розчинів повинен знаходитись в межах 6 – 9.

Далі набираємо у шприц 3 мл досліджуваного розчину солі Кобальт(II) і вдавлюємо його у тест трубку із сторони, де є повітряний простір трубки. Через 2 – 3 хвилини відмічаємо товщину (довжину) забарвлення індикаторного порошку трубки у червоний колір. Робимо висновок про довжину та інтенсивність забарвлення індикаторного порошку, використовуючи розчин CoCl_2 різної концентрації.

Рекомендована література

1. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу: Навчальний посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 362 с.
https://library.udpu.edu.ua/library_files/6363_10.pdf
2. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Кількісний аналіз. – К.: ЦУЛ.- 2002. – 544 с.
3. Лобода В.Б., Іваній В.С., Хурсенкота С.М. ін. Сучасні методи дослідження структури речовини. Спеціальний фізичний практикум: навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2010. – 259 с.
4. Francis Rouessac, Annick Rouessac Chemical analysis: modern instrumentation and methods and techniques /translated by Steve Brooks and Francis and Annick Rouessac. - 2nd ed. – 2007 by John Wiley & Sons Ltd, – 586 p.
5. Аналітична хімія та інструментальні методи аналізу: Навчальний посібник / Т.А. Пальчевська, А.П. Строкань, Г.В. Тарасенко та ін. - К.: КНУТД, 2013. - 237 с.
6. Практикум з аналітичної хімії. Інструментальні методи аналізу. [для студ. вищ. навч. закл.] / Студеняк Я.І., Воронич О.Г., Сухарева О.Ю., Фершал М.В., Базель Я.Р - Ужгород, 2014.- 129 с.

Дата

Підпис викладача

Лабораторна робота № 2

Тема: Хімічні тест – методи аналізу

Мета: ознайомитись з сучасними хімічними тест-методами (ХТМ); навчитися виконувати дослідження природної, питної чи води з-під крану.

Основні поняття: хімічні тест-методи, фізико-хімічні методи дослідження, індикаторний папір, тест -методи, шкала порівняння.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.

Інструкція до виконання:

1. Тестовий контроль знань

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. Загальна характеристика фізичних та фізико-хімічних методів досліджень.
2. Переваги та недоліки фізико-хімічних методів досліджень.
3. Методи визначення концентрації речовини в фізико-хімічних методах досліджень.
4. Хімічні тест-методи та їх особливості.
5. Сфери використання тест-методів.

3. Виконання експериментальної роботи

Ознайомтеся з інструкцією до виконання дослідів, підготуйтеся до їх проведення в лабораторії.

Рекомендація до виконання дослідів:

Дослід №1. Визначення вмісту іонів NO_3^- у воді за приготованою шкалою

ГДК нітратів у питній воді – 50 мг/дм³. За дією нітратів на людину розрізняють первинну токсичність власне нітрат-іону; вторинну, пов'язану з утворенням нітрит-іону, і третинну, зумовлену утворенням з нітритів амінів. Смертельна доза нітратів для людини складає 8–15 г; допустиме добове споживання за рекомендаціями ВООЗ — 5 мг/кг маси тіла. Вживання води, що містить нітрати на рівні вище 10 мг/дм³, є небезпечним для дітей, оскільки викликає підвищення в крові рівня метгемоглобіну, а використання води з концентрацією 50–100 мг/дм³ різко збільшує цей рівень, що є смертельно небезпечним.

Концентрацію NO_3^- у воді можна визначити саліциловим тест – методом. В основу методу покладено реакцію переходу саліцилової кислоти в кислому середовищі в присутності нітрат – іонів у нітропохідні фенолів, які забарвлені у жовтий колір.

В якості шкали порівняння використовують правильно приготовану суміш калій дихромату та кобальт хлориду, які імітують забарвлення нітрофенолів.

Для приготування шкали порівняння, спочатку окремо готують 0,01 н водний розчин $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ та 1 % водний розчин CoCl_2 по 50 мл кожен. Для цього розчиняють відповідну точно зважену масу солі у воді, розчин доводять до мітки дистилятом у мірній колбі на 50 мл.

Потім у мірні колби на 50 мл піпеткою вносять дані розчини в об'ємі, вказаному в таблиці 2, і доводять до мітки дистилятом. Кожен з розчинів порівняння налити в окрему пробірку, об'ємом 10 мл кожен і поставити їх в штатив у порядку збільшення забарвлення (концентрації). Вказана шкала відповідає кількості NO_3^- іонів у воді (мг/л).

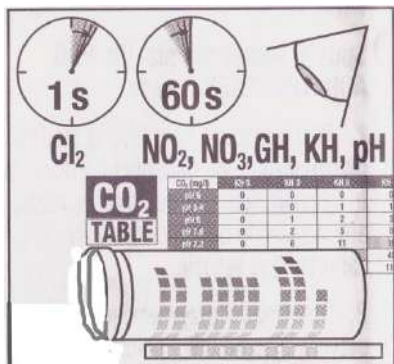
Таблиця 2. Калібрувальна шкала для визначення нітрат – іонів у воді

Об'єм розчину K₂Cr₂O₇, мл	Об'єм розчину CoCl₂, мл	Вміст іонів NO₃⁻, мг/л
0,87	0,25	0,20
1,75	0,50	0,40
2,25	0,50	0,60
3,00	0,50	0,80
3,75	0,75	1,00
6,00	0,75	2,00
9,00	1,00	3,00
11,00	1,00	4,00
16,50	-	6,00
20,00	-	8,00
24,00	-	10,00

Також окремо готують такі розчини: 10 % спиртовий розчин саліцилової кислоти; 30 % водний розчин NaOH та концентрована сульфатна кислота (густина 1,84 г/мл).

Дослідження води проводять так: 1 мл води, відміряний піпеткою, поміщають у фарфорову чашку і випаровують до суха на водяній бані, не допускаючи прожарювання (за умови, якщо рН води становить менше 7, її потрібно трохи підлужити, але не більше рН = 8). Після ожолодження сухого залишку, в чашку додають 3 краплини розчину саліцилової кислоти та 0,5 мл конц. H₂SO₄ і добре перемішують суміш скляною паличкою (щоб гарно змити сухий залишок). Суміш залишити на 5 хвилин. Потім до чашки обережно додати 5 мл води та 3 мл розчину натрій гідроксиду. Вміст чашки перелити у мірну пробірку і довести до мітки 10 мл водою. Отриманий розчин порівняти із шкалою та визначити приблизний вміст нітрат – іонів. Порівняння отриманого розчину із шкалою проводять, дивлячись на пробірку зверху вниз.

Дослід №2. Хімічний індикаторний тест для визначення якості води



Для дослідження якості води використати тест – смужку JDL PRO AQUATEST EASY 7 in 1 за такою інструкцією:

1. Тест – смужку дістати з упаковки, покласти її на поверхню горизонтально (прямокутничками ввєрх)

2. На кожен прямокутничок тест – смужки піпеткою нанести по 3 краплини

досліджуваної води. СПОЧАТКУ НАНЄСТИ ВОДУ НА ПРЯМОКУТНИЧОК, ЩО ВИЗНАЧАЄ ХЛОР.

3. В першу чергу порівняти шкалу Cl_2 за відповідною кольоровою шкалою на упаковці. Хлор визначають в перші секунди дослідження. Результат дослідження записати в зошит.

4. Почекати 1 хвилину до появи зміни забарвлення інших прямокутничків та порівняти їх з відповідними шкалами, зазначеними на тест – упаковці. Результати записати.

5. Концентрацію CO_2 визначити, виходячи з вимірів KH та pH (таблиця 3).

Тест – смужки визначають так звану градус – концентрацію речовини. Ницє наведено перерахунок різних шкал в мг/л.

ШКАЛА ГРАДУСІВ КОНЦЕНТРАЦІЇ

$$1^{\circ}d = 1,25^{\circ}e = 1,78^{\circ}f = 0,178 \text{ мМ} = 17,8 \text{ мг/л}$$

(d – німецька; e – англійська; f – французька одиниці шкал)

Основні позначки на тесті: NO_3 – вміст нітратів; NO_2 – вміст нітритів; KH – використовується для характеристики pH ; pH – визначає pH води; GH – загальний вміст солей (твердість води); Cl – значення загального Хлору у воді; CO_2 – вміст вуглекислого газу.

Таблиця 3. Порівняльний вміст CO₂ у воді

CO ₂ (mg/l)	КН 0	КН 3	КН 6	КН 10	КН 15	КН 20
pH 9	0	0	0	0	0	1
pH 8,4	0	0	1	1	2	2
pH 8	0	1	2	3	5	6
pH 7,6	0	2	5	8	11	15
pH 7,2	0	6	11	19	28	38
pH 6,8	0	14	29	48	71	95
pH 6,4	0	36	72	119	179	239

Дослід №3. Портативний цифровий міні – тестер на залізо

Цифрове визначення вмісту загального заліза у воді можна провести за допомогою цифрового фотоколориметра HI721 Checker HANNA (до 5 мг/л) за такою інструкцією:

1. Відкрити коробочку, дістати фотоколориметр та круглу кювету.
2. У кювету по мітку (10 мл) налити дистилат.
3. Ввімкнути прилад та відкрити кришку. На екрані має з'явитися напис «Add/ Press C.1». Помістити в нього кювету з дистильованою водою, закрити кришку та натиснути кнопку.
4. В другу кювету налити 10 мл (по мітку) досліджувану воду.
5. Ножницями розрізати пакетик з реагентом і висипати його вміст в кювету з водою. Кювету закрити кришкою та добре струсити (до повного розчинення реагенту). Не допускати утворення бульбашок на стінці кювети.
6. Вставити кювету з розчином в прилад та закрити кришку.
7. Натиснути кнопку. Коли з'явиться напис «Add/ Press C.2», потримати кнопку, доки не з'явиться оборотний відлік часу на 3 хвилини.
8. Коли три хвилини пройде, фотоколориметр покаже результат вмісту заліза в ppm (**1 ppm = 0,0001 %**). Одержані дані записати в зошит.



9. Кювети добре вимити дистиллятом, прилад вимкнути, натиснувши кнопку.

Рекомендація до виконання дослідів:

1. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу: Навчальний посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 362 с.
2. Експрес-методи дослідження безпечності та якості харчових продуктів [Електронний ресурс] : навч. посібник / В. В. Євлаш, С. О. Самойленко, Н. О. Отрошко, І. А. Буряк. – Х. : ХДУХТ, 2016. – 336 с.
3. Лобода В.Б., Іваній В.С., Хурсенкота С.М. ін. Сучасні методи дослідження структури речовини. Спеціальний фізичний практикум: навч. посіб.– Суми: Університетська книга, 2010. – 259 с.
4. Francis Rouessac, Annick Rouessac Chemical analysi: modern instrumentation and methods and techniques /translated by Steve Brooks and Francis and Annick Rouessac. - 2nd ed. – 2007 by John Wiley & Sons Ltd, – 586 p.
5. Аналітична хімія та інструментальні методи аналізу: Навчальний посібник / Т.А. Пальчевська, А.П. Строкань, Г.В. Тарасенко та ін. - К.: КНУТД, 2013. - 237 с.
6. Практикум з аналітичної хімії. Інструментальні методи аналізу. [для студ. вищ. навч. закл.] / Студеняк Я.І., Воронич О.Г., Сухарева О.Ю., Фершал М.В., Базель Я.Р - Ужгород, 2014.- 129 с.

Дата

Підпис викладача

Лабораторна робота № 3

Тема заняття: Рефрактометричне визначення вмісту етанолу у розчинах.

Мета: навчитися визначати вміст речовини рефрактометричним методом.

Основні поняття: рефракція, рефрактометр показник заломлення, концентрація, якісний та кількісний аналіз речовин.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання практичних завдань.

Інструкція до виконання:

1. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. Рефрактометричний метод аналізу, його переваги та недоліки.
2. Показник заломлення речовин. Види показників заломлення.
3. Особливості проведення аналізу речовини рефрактометричним методом.
4. Будова приладів для визначення показника заломлення.
5. Етапи встановлення показників заломлення речовин рефрактометричним методом.

3. *Виконання експериментальної роботи*

Ознайомтеся з інструкцією до виконання дослідів, підготуйтеся до їх проведення в лабораторії.

Рекомендація до виконання дослідів:

1. Спочатку підготуйте водні розчини етанолу згідно вказаних в таблиці співвідношень.

Таблиця 4. Вміст етанолу та дистильованої води для приготування стандартних розчинів для калібрувального графіку

Етанол, мл	Вода, мл	Етанол, мл	Вода, мл
1,0	9,0	6,0	4,0
2,0	8,0	7,0	3,0
3,0	7,0	8,0	2,0
4,0	6,0	9,0	1,0
5,0	5,0		

Встановіть показники заломлення спочатку етанолу, дистильованої води та кожного приготовленого розчину. Результат запишіть в таблицю 5.

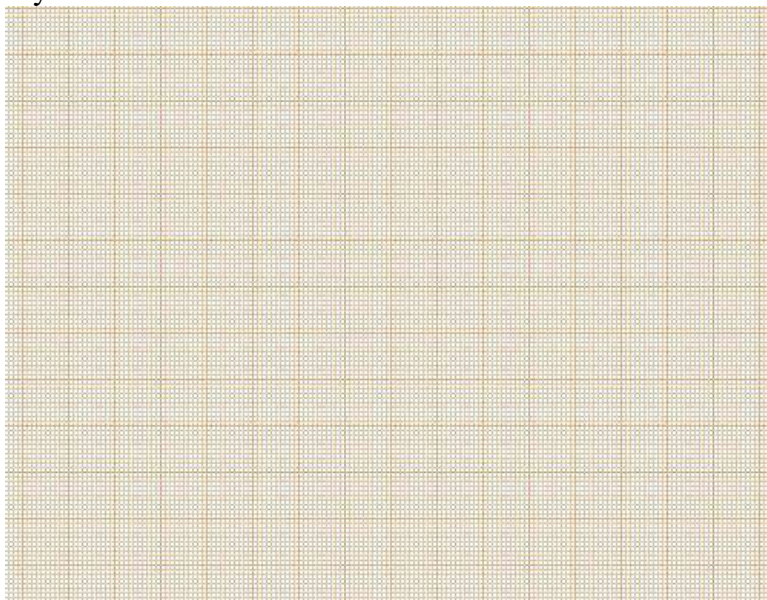
Таблиця 5. Результати вимірювання показника заломлення розчинів

№	Об'ємна частка етанолу, %	Показник заломлення			
		n ₁	n ₂	n ₃	n _{сер}
вода	0				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
етанол	96				

Побудуйте калібрувальний графік (вісь X – концентрація, а вісь Y – показник заломлення).

- За результатами дослідження побудуйте калібрувальний графік. Отримайте контрольний розчин у викладача для визначення та обрахуйте вміст спирту у ньому.

Таблиця 6. Залежність показника заломлення розчину від вмісту етанолу



Водночас визначте густину етанолу в розчиних аерометром та за відомостями таблиці «густина - концентрація спирту» встановіть вміст етанолу в розчині. Порівняйте дані дослідів.

% Ethanol	Density, g/ml	% Ethanol	Density, g/ml	% Ethanol	Density, g/ml
0	0.998	34	0.947	68	0.872
2	0.995	36	0.943	70	0.868
4	0.991	38	0.939	72	0.863
6	0.988	40	0.935	74	0.858
8	0.985	42	0.931	76	0.853
10	0.982	44	0.927	78	0.848
12	0.979	46	0.923	80	0.843
14	0.977	48	0.918	82	0.839
16	0.974	50	0.913	84	0.834
18	0.971	52	0.909	86	0.828
20	0.969	54	0.905	88	0.823
22	0.966	56	0.900	90	0.818
24	0.964	58	0.896	92	0.813
26	0.960	60	0.891	94	0.807
28	0.957	62	0.887	96	0.801
30	0.954	64	0.882	98	0.795
32	0.950	66	0.877	100	0.789

Таблиця 7. Показники заломлення розчинів етанолу при 20°C

Вміст етанолу, мас. %	n	Вміст етанолу, мас. %	n	Вміст етанолу, мас. %	n
0	1,333	35	1,356	70	1,3645
5	1,336	40	1,358	75	1,3648
10	1,340	45	1,360	80	1,3648
15	1,343	50	1,361	85	1,3647
20	1,347	55	1,362	90	1,3642
25	1,351	60	1,363	95	1,363
30	1,353	65	1,3640	100	1,362

Визначення показника заломлення здійснюють за 20°C, але при іншій температурі вводять поправку за формулою:

$$n_t = n_{20^\circ} + (20 - t) \cdot 0,0002$$

3. Визначте вміст етанолу в розчині використовуючи рефрактометричний фактор.

Приготуйте два розчини етанолу із вмістом, що різняться на 2 % та виміряйте значення їх показників заломлення.

Для визначення рефрактометричного фактору скористайтесь формулою:

$$F = \frac{n_2 - n_1}{\omega_2 - \omega_1}, \quad (3)$$

де n_1 і n_2 – показники заломлення розчинів, а ω_1 і ω_2 – масові частки.

Для знаходження концентрації розчинів скористайтесь формулою:

$$C = \frac{n_1 - n_0}{F}, \quad (4)$$

де n_1 – показник заломлення розчину, а n_0 – показник заломлення розчинника,

F – рефрактометричний фактор – показує зміну показника заломлення якщо концентрація зросте на 1 %.

Рекомендована література

Основна:

1. Білий О.В. Фізична хімія. - К.: ЦУЛ, Фітосоціоцентр, 2002. -464 с.
2. Федущак Н. К. та інші. Аналітична хімія. Основи теорії та практика. - Нова Книга, 2012. - 640 с.

Додаткова:

1. Каданер Л.І. Фізична і колоїдна хімія. - К.: Вища школа, 1983. - 287 с.
2. Фізична хімія: підручник / В.Л. Чумак, С.В. Іванов. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2007. – 648с.
3. Оптичні методи аналізу: навч. посібник / Сачко А.В., Кобаса І.М. – Чернівці: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2016. – 160 с.

Лабораторна робота № 4

Тема заняття: Визначення вологості в меді рефрактометричним методом.

Мета: ознайомитись із методом визначення вологості в меді за показником заломлення; навчитися користуватися рефрактометром для контролю якості харчових продуктів; встановити вміст води в зразку меду за таблицею залежності показника заломлення від масової частки води.

Основні поняття: рефракція, рефрактометр показник заломлення, вологість меду.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання практичних завдань.

Інструкція до виконання:

1. Тестовий контроль знань

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. Чому важливо визначати вологість у меді? Які наслідки має її підвищення?
2. На якому фізичному принципі ґрунтується рефрактометричний метод аналізу?
3. Як змінюється показник заломлення з підвищенням вмісту води в меді? Чому?
4. Які переваги та обмеження має рефрактометричний метод для аналізу меду?
5. Чим може бути зумовлена різниця у вологості меду з ринку та з магазину?

6. Які джерела похибок можливі при вимірюванні вологості меду рефрактометром? Як їх мінімізувати?

3. Виконання експериментальної роботи

Ознайомтеся з інструкцією до виконання дослідів, підготуйтеся до їх проведення в лабораторії.

Рекомендація до виконання дослідів:

Дослід №1. Визначення показника вологості меду.

1. Підготовка приладу.

Очистити призму рефрактометра від залишків попередніх речовин. Калібрувати рефрактометр дистильованою водою ($n = 1,3330$ при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$). За потреби відрегулювати шкалу.

2. Підготовка меду.

У разі надмірної кристалізації меду — злегка підігріти до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ на водяній бані до повного розчинення. Не перегрівати! Висока температура змінює склад меду.

3. Проведення вимірювання. Нанесіть невелику кількість рідкого меду на призму рефрактометра.

1) Закрийте верхню призму (якщо є), встановіть чітку межу світла/тіні.

2) Зчитайте показник заломлення (n або вміст твердих речовин у % Brix).

3) Повторіть вимірювання 2–3 рази, обчисліть середнє значення.

4. Обробка результатів

5.

4.1. За шкалою Brix

- Цифрові або ручні рефрактометри можуть одразу давати значення в одиницях Brix.

- Вміст твердих речовин (Brix) = $100 - \text{масова частка води (у \%)}$.
Наприклад: Brix = 79,6 % $\rightarrow$ вода = 20,4 %.

-

4.2. За показником заломлення

Використайте таблицю:

Показник заломлення n (20 °C)	Вологість, %
1,5040	14,0
1,4920	16,5
1,4840	18,0
1,4780	19,0
1,4740	20,0
1,4700	21,0
1,4660	22,0
1,4620	23,0

5. Оформіть результати в таблицю:

№	n (середнє)	Вологість, %	Примітка
1	1,4782	19,0	Межа бродіння

Зверніть увагу!!! Відповідно до ДСТУ 4497:2005 (Мед натуральний. Технічні умови) та міжнародних стандартів (Codex Alimentarius, EU Honey Directive):

- ✓ **Оптимальна вологість** меду — не більше 20,0 %.
- ✓ Для деяких сортів (наприклад, меду з вересу) допустима вологість до 23,0 %.
- ✓ **Мінімальна практична вологість** — близько 14,0–15,0 %, нижче якої мед стає дуже густим і важким для відкачування.
- ✓ Якість і зберігання меду напряму пов'язані з вологістю:
 - Вологість >20 % сприяє **бродінню**, особливо при зберіганні.
 - Підвищена вологість часто свідчить про: передчасне відкачування меду; додавання цукрових сиропів чи води (фальсифікація); неправильне зберігання (вологе середовище).

Дослід №2. Порівняння вологості меду різних сортів

Дослідіть як змінюється вологість залежно від ботанічного походження меду (гречаний, липовий, акацієвий, соняшниковий тощо). Для цього необхідно:

1. Зібрати зразки щонайменше 3 різних сортів меду (по 5–10 мл кожного).
2. Визначити показник заломлення кожного зразка тричі, обчислити середнє значення.
3. Визначити вологість кожного сорту за табличним або графічним методом.
4. Зробіть висновки: Який сорт має найнижчу вологість? Як ботанічне походження впливає на концентрацію сухих речовин?

Дослід №3. Порівняння вологості меду з ринку та з магазину

Для порівняння вологості меду, придбаного на стихійному ринку та у торговій мережі придбайте 2 зразки меду:

Зразок А — з ринку (натуральний, «домашній»),

Зразок В — з магазину (промислового виробництва, з етикеткою).

1. Проведіть трикратне вимірювання показника заломлення для кожного зразка.
2. Визначте вологість та порівняйте з нормами:
– За ДСТУ 4497:2005 гранична вологість меду — не більше 20,0 %.
3. Визначте, який зразок відповідає стандарту.
4. Які причини можливої різниці (зберігання, фальсифікація, час збору тощо)?
5. Статистична обробка результатів:

Для вірної оцінки якості меду проведіть обробку експериментальних даних з обчисленням середнього значення, стандартного відхилення та похибки.

- ✓ Проведіть 5 вимірювань n одного зразка меду.
- ✓ Обчисліть та оформіть результати у вигляді таблиці:

середнє значення показника заломлення:	$\bar{n} = \frac{1}{N} \sum n_i$	Типові значення n=1,4740–1,5040
стандартне відхилення:	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (n_i - \bar{n})^2}$	Очікується $\sigma \leq 0,0002$
середня похибку вимірювання:	$\sigma/\sqrt{N}$	Очікується $\leq \pm 0,0001$

Рекомендована література

Основна:

1. ДСТУ 4497:2005. Мед натуральний. Технічні умови. – [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 10 с.
2. AOAC Official Method 969.38. Moisture in Honey (Refractometric Method) // Official Methods of Analysis of AOAC International. – Gaithersburg, MD: AOAC Int., 2016. – Chapter 44.7.03.

Додаткова:

1. Каданер Л.І. Фізична і колоїдна хімія. - К.: Вища школа, 1983. - 287 с.
2. Фізична хімія: підручник / В.Л. Чумак, С.В. Іванов. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2007. – 648с.
3. Оптичні методи аналізу: навч. посібник / Сачко А.В., Кобаса І.М. – Чернівці: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2016. – 160 с.

Дата

Підпис викладача

Лабораторна робота № 5

Тема заняття: ІЧ-аналіз спектрів органічних та неорганічних сполук.

Мета: Опанувати методику якісного аналізу органічних і неорганічних сполук за допомогою інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії. Навчитися інтерпретувати ІЧ спектри речовин, встановлювати наявність функціональних груп та робити структурні висновки на основі спектральних характеристик.

Основні поняття: інфрачервона спектроскопія (ІЧ-спектроскопія), ІЧ спектр, валентні та деформаційні коливання, нормальні коливання, спектральні області (ділянки), частота коливань, структурна ідентифікація речовин.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

Інструкція до виконання:

1. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. Основні принципи інфрачервоної спектроскопії.
2. Причини виникнення ІЧ спектрів у молекулах.
3. Особливості коливальних спектрів та їх характеристика.
4. Типи нормальних коливань у молекулі.
5. Валентні та деформаційні коливання: визначення та приклади.

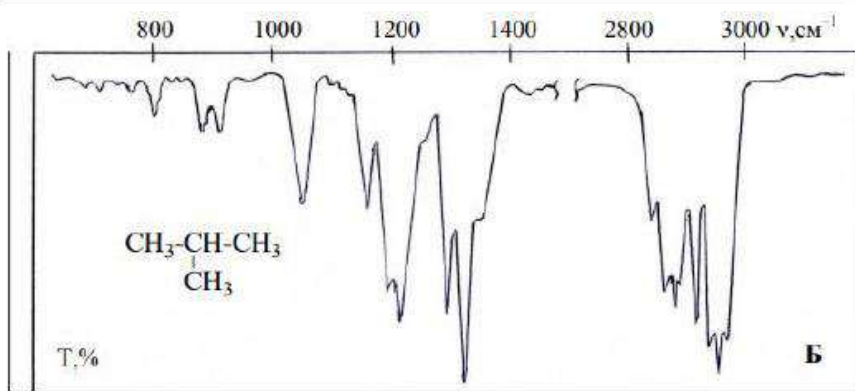
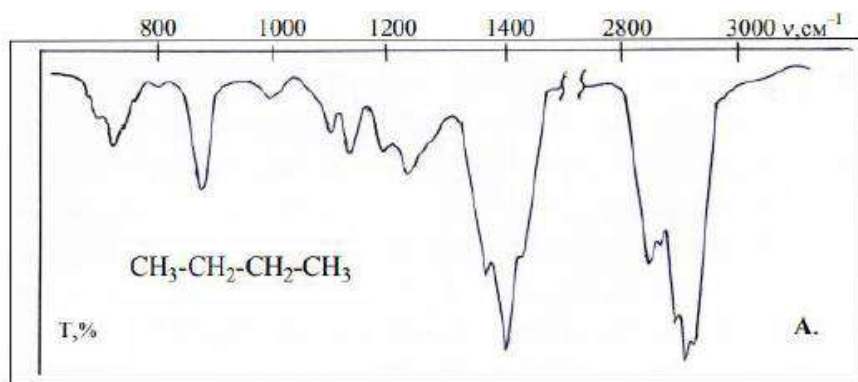
6. Структурна інтерпретація речовин за ІЧ спектрами.
7. ІЧ спектри неорганічних сполук: загальні ознаки.
8. Особливості ІЧ спектрів органічних сполук основних класів.
9. Визначення функціональних груп за спектральними ознаками.

3. Виконання експериментальної роботи

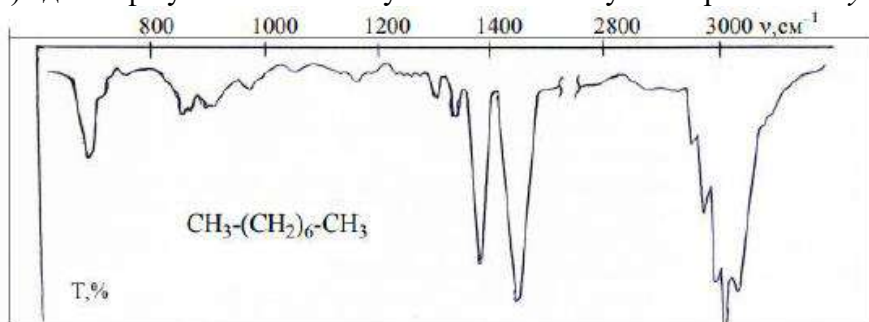
- 1) Отримайте зразки досліджуваних речовин у викладача та підготуйте їх до зняття спектрів.
- 2) Зніміть ІЧ спектри або скористайтесь готовими спектрограмами.
- 3) Проведіть розшифрування спектрів: визначте положення смуг поглинання.
- 4) Встановіть характер смуг: валентні, деформаційні, групові коливання.
- 5) Побудуйте таблицю знайдених частот із зазначенням відповідних груп.
- 6) Визначте структурні елементи, що входять до складу молекули.
- 7) Проведіть структурний аналіз – співставте спектр із хімічною структурою речовини.

а) Порівняйте ІЧ спектри бутану та ізобутану.

- Визначте основні смуги поглинання груп $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$, $-\text{CH}$.
- Поясніть сильніше розщеплення смуг у ізобутані при $3000\text{--}2800\text{ см}^{-1}$.
- Чому в бутані інтенсивніша смуга при $1400\text{--}1300\text{ см}^{-1}$?
- Яке походження смуги при $1300\text{--}1200\text{ см}^{-1}$ в ізобутані?

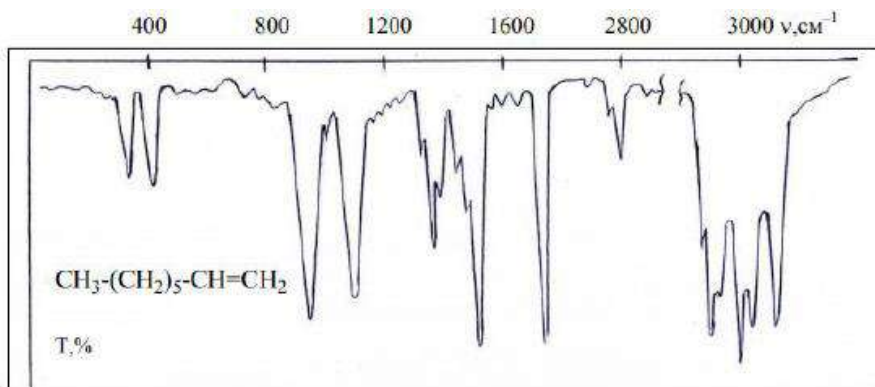


б) Ідентифікуйте основні смуги поглинання у спектрі *n*-октану.

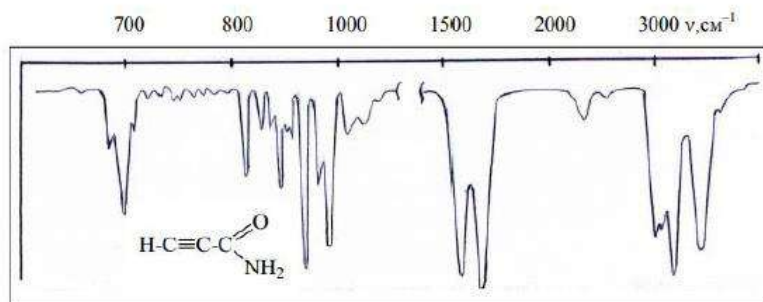
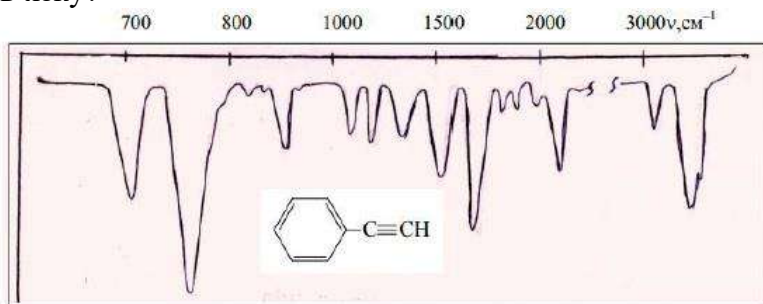


с) Порівняйте ІЧ спектри *n*-октану та *окт-1-ену*.

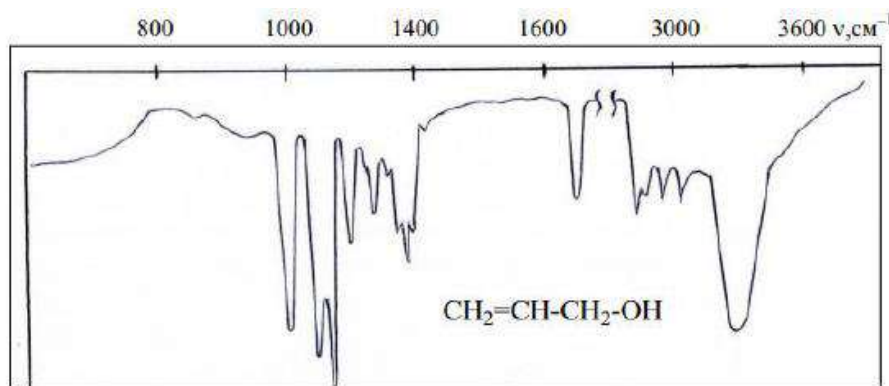
– Визначте вплив подвійного зв'язку на спектральні характеристики.



- d) Дослідіть спектри похідних *ацетиленових вуглеводнів*.
- Вкажіть характерну смугу для потрійного зв'язку.
 - Оцініть положення та інтенсивність цієї смуги.
 - Як змінюється спектр залежно від положення потрійного зв'язку?

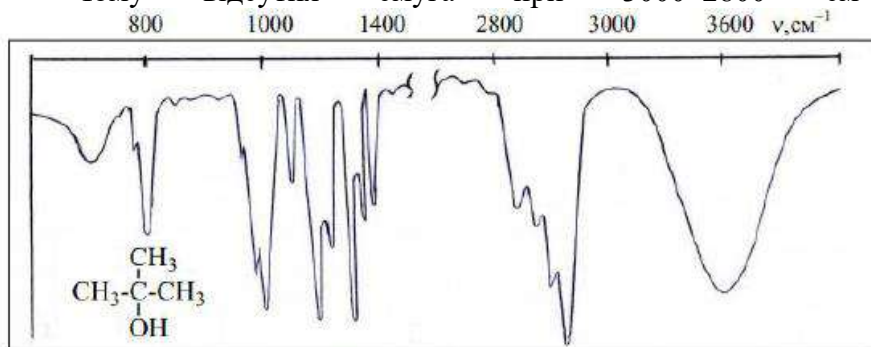


- e) Охарактеризуйте ІЧ спектри спиртів та зробіть віднесення їхніх основних смуг поглинання:



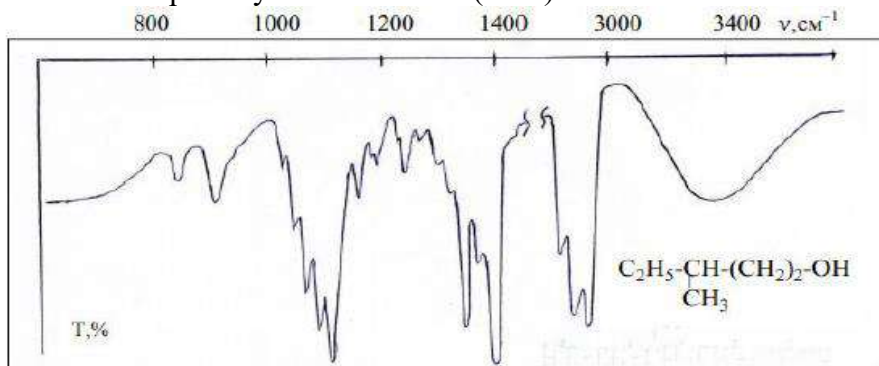
аліловий спирт

- Чому спостерігається смуга при $1700\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$?
- Чому відсутня смуга при $3000\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$?



третбутиловий спирт

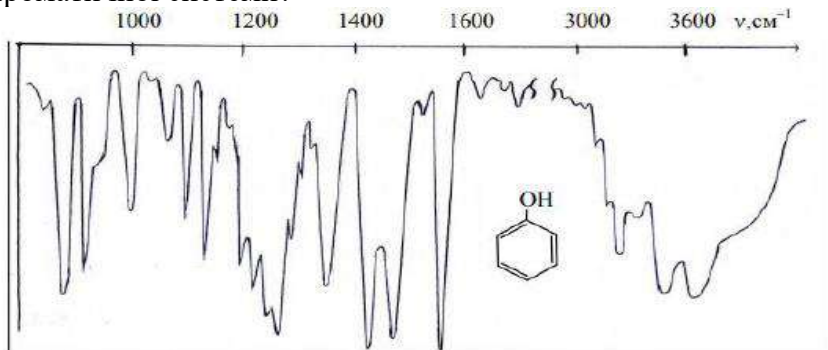
- Визначте причину «плеча» біля $\nu(\text{C}-\text{O}) \approx 1200\text{ cm}^{-1}$.



3-метилпентан-1-ол

– Визначте характерні коливання для первинного спирту з розгалуженням.

д) Які особливості ІЧ спектра фенолу зумовлені наявністю ароматичної системи?



4. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти

За бажанням оберіть одну з наведених тем, пов'язаних із поточною темою заняття. Підготуйте короткий усний виступ у форматі повідомлення та створіть електронну презентацію до нього. Ви маєте бути готові представити свій матеріал перед аудиторією.

Теми повідомлень:

Використання розчинників в інфрачервоній спектроскопії.

Роль та застосування ІЧ спектроскопії в хімічному аналізі.

Особливості отримання ІЧ спектрів для твердих, рідких і газоподібних речовин.

Основні спектральні області в ІЧ спектрах та їх характеристика.

Чинники, що впливають на значення характеристичних частот у ІЧ спектроскопії.

Рекомендована література

Основна:

1. Лобода В.Б., Іваній В.С., Хурсенкота С.М. ін. Сучасні методи дослідження структури речовини. Спеціальний фізичний практикум: навч. посіб.– Суми: Університетська книга, 2010. – 259 с.
2. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні

методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.

3. Фізичні методи дослідження органічних речовин: [Навч. посіб. для студ. пед. ун-тів] / Умрихіна Л.К., Єрупсанова Т.В.; Кіровоград. держ. пед. ун-т ім. Володимира Винниченка. – Кіровоград: КДПУ ім. В.Винниченка, 2002. – 101 с.

Додаткова:

1. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. – Д: Східний видавничий дім, 2013. – Т. 3 : С – Я. – 644 с.

2. Pavia D. L., Lampman G. M., Kriz G. S., Vyvyan J. R. Introduction to Spectroscopy. – 5th ed. – Boston: Cengage Learning, 2015. – 748 p.

3. Smith B. C. Infrared Spectral Interpretation: A Systematic Approach. – Boca Raton: CRC Press, 1999. – 176 p.

4. NIST Chemistry WebBook [Електронний ресурс] / National Institute of Standards and Technology. – Режим доступу: <https://webbook.nist.gov/chemistry/> – Назва з екрана.

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття №6

Тема заняття: Вивчення мас-спектра простих органічних сполук.

Мета: Опанувати основні принципи мас-спектрометрії, навчитися розпізнавати основні типи іонів у мас-спектрі, визначати молекулярну масу речовини та ідентифікувати фрагменти на основі готових спектрів із літератури.

Основні поняття: Мас-спектр, молекулярний іон (M^+), іон-фрагмент, мас-зарядове відношення (m/z), ізотопні піки, фрагментація молекули, іонізація (електронна ударна іонізація EI), інтенсивність піків.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

Інструкція до виконання:

1. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. Що таке молекулярний іон у мас-спектрі?
2. Як утворюються фрагментні іони?
3. Що таке ізотопні піки?
4. Які найбільш характерні фрагменти у мас-спектрах простих органічних речовин?
5. Як за мас-спектром можна підтвердити структуру молекули?

3. *Виконання експериментальної роботи*

Рекомендації до виконання роботи:

Мас-спектрометрія — це метод, який дозволяє визначати масу і структуру молекул на основі розщеплення молекули на іони та детекції їх мас-зарядового відношення. Електронна ударна іонізація (EI) призводить до утворення молекулярного іона (M^+) та характерних фрагментів, кожен з яких відповідає певній частині молекули.

1) Ознайомлення з мас-спектром речовини:

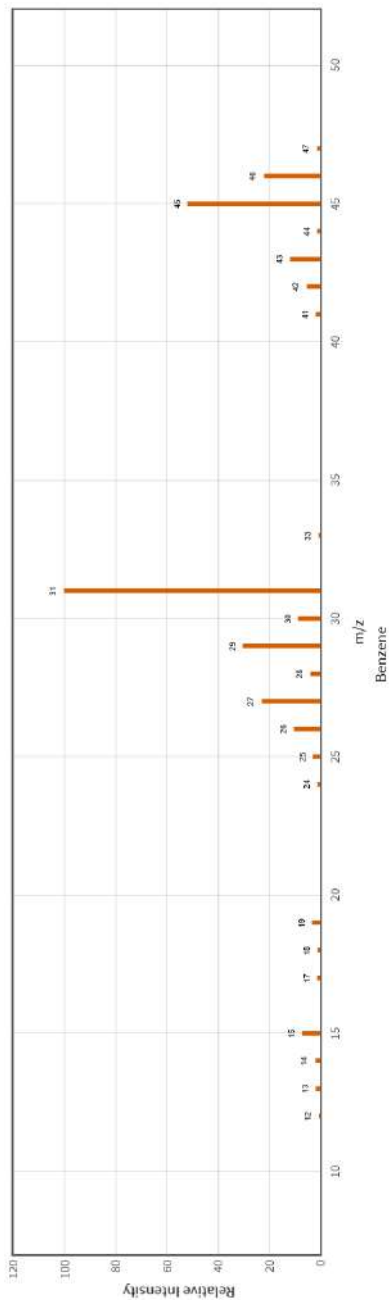
Оберіть для роботи мас-спектр органічної сполуки (наприклад, етанолу чи бензолу).

Розгляньте графік спектра: по горизонтальній осі відкладена величина m/z (масова-to-charge ratio — співвідношення маси йона до заряду), по вертикальній — інтенсивність піків (відносна кількість іонів певної маси).

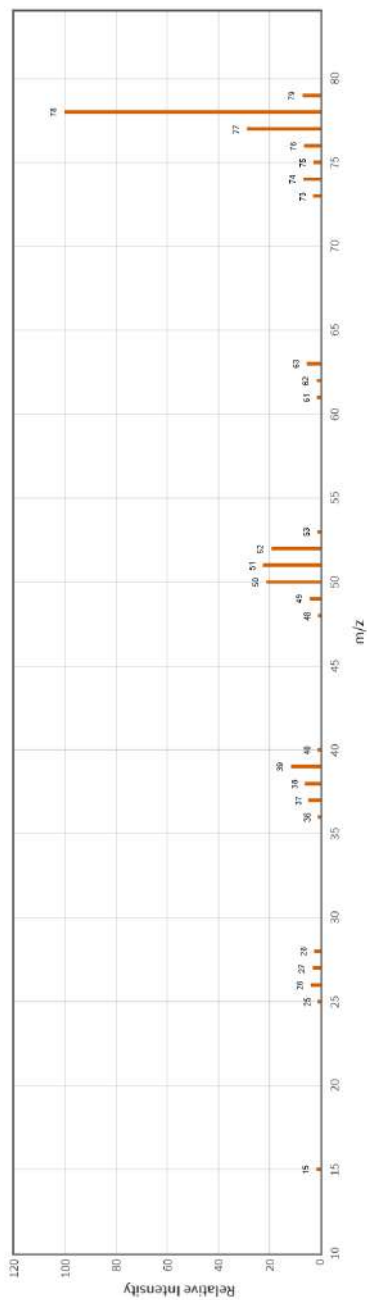
Пам'ятайте, що кожен пік відповідає йону, який утворився в результаті іонізації та фрагментації молекули.

Ethanol

Mass Spectrum



Mass Spectrum



2) Ідентифікація молекулярного піку (M^+).

Пошукайте в спектрі пік з найбільшим значенням m/z (масою). Цей пік зазвичай відповідає молекулярному іону (M^+) — іону, який утворюється при відриві одного електрона від молекули без руйнування її структури.

Молекулярний іон показує масу всієї молекули. Наприклад, для етанолу (C_2H_5OH) це буде приблизно $m/z = 46$.

Якщо молекулярний пік відсутній або дуже слабкий, це означає, що молекула швидко розпадається на фрагменти — тоді ідентифікація може ускладнюватися.

3) Аналіз ізотопних піків

Навколо молекулярного піку можуть з'являтися невеликі піки, які пов'язані з наявністю ізотопів.

Наприклад, ^{13}C — ізоотп Карбону з масою на 1 більша за основний ^{12}C — викликає появу піка на $+1$ m/z від основного молекулярного піку. Інтенсивність такого піка приблизно відповідає природній частці ^{13}C (~1.1% на атом).

Для молекул з кількома атомами Карбону ці ізотопні піки можуть бути більш помітними. Аналіз їх інтенсивності допомагає підтвердити кількість атомів Карбону в молекулі.

4) Визначення фрагментів молекули

Розгляньте піки із меншими значеннями m/z — це фрагменти молекули, які утворилися внаслідок розриву хімічних зв'язків під час іонізації.

Наприклад: Пік 15 часто відповідає іону метильної групи CH_3^+ (масою 15).

Пік 29 може бути іоном етила ($C_2H_5^+$) або формілом (CHO^+).

Пік 31 може бути CH_3O^+ — фрагментом, характерним для спиртів.

Співставляйте ці піки з можливими структурними елементами молекули, щоб розпізнати, які частини молекули розпалися.

5) Побудова можливої схеми фрагментації

Спробуйте логічно пояснити утворення основних фрагментів.

Опишіть типи розривів зв'язків:

Гомолітичний розрив — кожен атом отримує по одному електрону.

Гетеролітичний розрив — обидва електрони залишаються на одному з атомів.

Поясніть, які саме зв'язки у молекулі є найбільш слабкими і де з великою ймовірністю виникають розриви.

Наприклад, у етанолі: молекула може втратити ОН-групу, утворюючи йон з $m/z=31$ (CH_3O^+), або розпадатися до метильного йона ($m/z=15$).

6) Підтвердження структури речовини.

Порівняйте знайдені дані: молекулярний пік, характерні фрагменти, ізотопні співвідношення — із відомими даними для досліджуваної речовини.

Якщо маса молекули і фрагментів збігаються із теоретичною структурою, можна підтвердити правильність ідентифікації.

Використовуйте довідкові таблиці та бази мас-спектрів для уточнення ідентифікації.

Наприкінці складіть короткий звіт із результатами: який молекулярний пік визначено, які фрагменти виявлені, які механізми фрагментації ймовірні та як це підтверджує структуру молекули.

7) На основі проведеного аналізу заповніть таблицю:

№ п/п	m/z (піки)	Інтенсивність (%)	Можливий іон/фрагмент	Пояснення утворення

8) Порівняння з літературними даними

Перевірте свої висновки за допомогою довідкових мас-спектрів або публікацій.

Завдання до роботи

- a. Оберіть 2-3 прості органічні речовини із запропонованого списку:
 - етанол (C_2H_5OH)
 - бензол (C_6H_6)
 - толуол (C_7H_8)
 - ацетон (C_3H_6O)
 - аспірин ($C_9H_8O_4$)
- b. Отримайте для речовини мас-спектр з баз даних або літератури.
- c. Проаналізуйте спектр за планом, визначте молекулярний пік, характерні фрагменти та побудуйте таблицю.
- d. Підготуйте короткий звіт з описом:
 - ✓ Характеристика спектрів
 - ✓ Визначена молекулярна маса
 - ✓ Опис основних фрагментів
 - ✓ Загальний висновок про структуру

Використовуйте офіційні бази даних, такі як NIST Chemistry WebBook (<https://webbook.nist.gov/chemistry/>), Spectral Database for Organic Compounds (SDBS, <https://sdb.sdb.aist.go.jp/>).

4. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

Теми повідомлень:

Принцип дії мас-спектрометра: від йонізації до детекції.

Типи мас-спектрів та інтерпретація фрагментації.

Роль ізотопів у мас-спектроскопії: виявлення та застосування.

Мас-спектрометрія в органічному синтезі та ідентифікації.

Мас-спектроскопія біомолекул: білків, пептидів, ліків.

Історія мас-спектроскопії: від Дж. Томсона до сучасності.

Мас-спектроскопія у космічних дослідженнях.

Вплив типу йонізації на вигляд спектру.

Порівняння мас-спектроскопії з іншими методами ідентифікації.

Рекомендована література

Основна:

1. Мас-спектрометрія: підручник / О. В. Іщенко, С. В. Гайдай, О. А. Беда.- К.: ВПЦ "Київський університет". 2018. - 244 с..
2. Фізичні методи дослідження органічних речовин: [Навч. посіб. для студ. пед. ун-тів] / Умрихіна Л.К., Єрупсанова Т.В.; Кіровогр. держ. пед. ун-т ім. Володимира Винниченка. – Кіровоград: КДПУ ім. В.Винниченка, 2002. – 101 с.

Додаткова:

1. Francis Rouessac, Annick Rouessac Chemical analysi: modern instrumentation and methods and techniques /translated by Steve Brooks and Francis and Annick Rouessac. - 2nd ed. – 2007 by John Wiley & Sons Ltd, – 586 p.
2. Литвин Б.Л., Романюк А.Л. Фізичні методи дослідження органічних речовин: навч-метод. посіб. – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т. ім. В. Стефаника, 2003. – 118 с.
3. Chapman, J. R. Practical Organic Mass Spectrometry: A Guide for Chemists. 3rd ed. Chichester : John Wiley & Sons, 1993. 288 p.

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття №7

Тема заняття: Аналіз сполук методом ^1H -ЯМР-спектроскопії.

Мета: Опанувати інтерпретацію ^1H -ЯМР спектрів (для етанолу, бензолу, ацетону, аспірину), навчитися визначати: кількість і параметри сигналів, хімічні зсуви й спін-спінову взаємодію, класифікувати типи протонів у молекулах.

Основні поняття: Хімічний зсув δ , кратність сигналу, інтеграція сигналів, вплив електронного оточення, спін-спінове розділення (нюанс Юнга).

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами.

Інструкція до виконання:

1. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. Основи ядерного магнітного резонансу.
 2. Параметри спектрів ЯМР. Хімічні зсуви.
 3. Спін-спінова взаємодія.
 4. Застосування спектроскопії ЯМР.
 5. Структурні, кінетичні та інші дослідження.
 6. Техніка і експериментальні методики ЯМР.
3. *Виконання експериментальної роботи*

Рекомендації до виконання роботи:

- 1) Ознайомлення зі спектрами речовини:
✓ Перейдіть на сайт спектроскопічної бази SDBS:

 <https://sdbb.db.aist.go.jp>

✓ У пошуковому полі введіть назву сполуки. *Наприклад, ethanol, benzene, acetone, aspirin*

Після пошуку оберіть із переліку відповідний запис (номер CAS можна використати для точного вибору, напр. етанол — **64-17-5**).

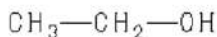
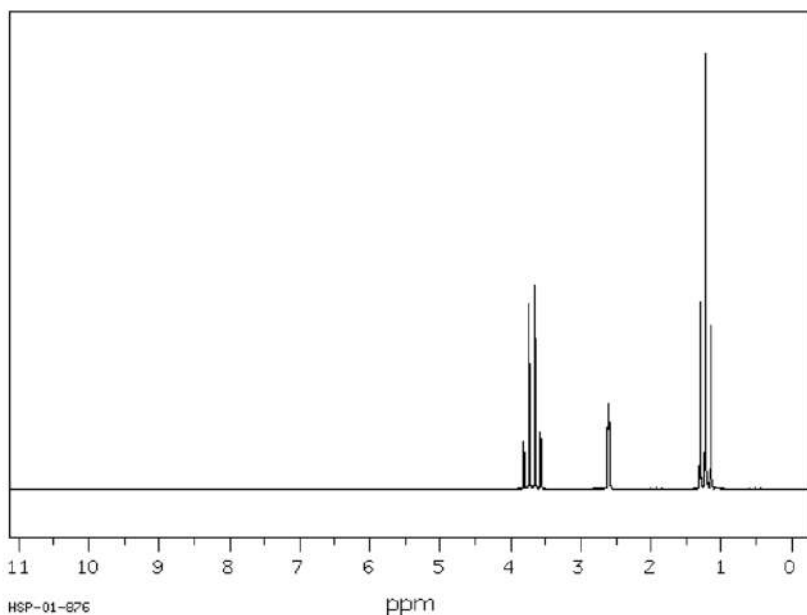
✓ Відкрийте вкладку «¹H NMR Spectrum».

Це буде зображення або графік спектра — він виглядає як горизонтальна лінійна шкала з піками.

✓ Збережіть зображення спектра: правою кнопкою миші на графіку → *Зберегти як...* або зробіть *скріншот*, якщо зображення не дає зберегтися безпосередньо.

Увага! ¹H-ЯМР спектр відображає сигнали протонів (атомів Гідрогену) у різному хімічному оточенні.

✓ Розглянемо на прикладі спектру етанолу (для 2-3 інших речовин виконати самостійно).



(C) (A) (B)

Assign. Shift(ppm)

A	3.687
B	2.61
C	1.226

2) Ідентифікація сигналів.

Для кожної речовини проаналізуйте спектр і визначте:

2.1. Кількість сигналів

Кожен сигнал (пік або група піків) у спектрі відповідає певному типу протонів. Різні хімічні середовища → різні сигнали.

2.2. Хімічний зсув (δ , ppm)

- Зчитується по осі X — це положення сигналу.
- Вимірюється в ppm (parts per million).

2.3. Кратність (s, d, t, q, m)

Кратність показує, як сигнал розщеплюється через сусідні протони:

- s (singlet) – синглет (1 пік) → немає сусідів
- d (doublet) – дублет (2 піки) → 1 сусід
- t (triplet) – триплет (3 піки) → 2 сусіди
- q (quartet) – квартет (4 піки) → 3 сусіди
- m (multiplet) – мультиплет (більше 4 або складна структура)

2.4. Інтеграція (співвідношення площ)

Інтегральна крива (іноді цифри під піками) показує відносну кількість протонів, які дають сигнал → зіставте кількість протонів у структурі з інтеграцією.

3) Інтерпретація хімічних зсувів.

Для кожного сигналу співвіднесіть значення δ з хімічною природою відповідних протонів у молекулі.

Використовуйте довідкові значення (chem.libretexts.org):

- 0,7–1,5 ppm → алкільні CH_3 та CH_2 далеко від електронегативних груп.
- 2,0–3,0 ppm → CH_3 біля $\text{C}=\text{O}$ (ацетон).
- 3,3–4,5 ppm → CH_2 біля $-\text{OH}$ або $-\text{O}-$.
- 6,5–8,0 ppm → ароматичні протони.
- ~11–12 ppm → COOH (аспірин), дуже дескриновані.

Розуміння зсуву:

- Чим ближче до електронегативних атомів (O, N, Cl), тим вище значення δ .

- Протони в ароматичних системах або біля карбонілів завжди мають більші значення δ .

4) Спін-спінова взаємодія (розщеплення сигналів)

Основне правило: $n + 1$

n = кількість протонів-сусідів, тобто атомів Н на сусідньому атомі С.

Наприклад:

- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$:
 - CH_3 має 2 сусідніх Н $\rightarrow t$
 - CH_2 має 3 сусідніх Н $\rightarrow q$

Розбір:

- Визначте, які групи взаємодіють.
- Для ароматичних систем — мультиплети через складну взаємодію.

5) Групування і порівняння

Накресліть або вставте схеми молекул:

- Етанол ($\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$):
 $\text{CH}_3 \leftrightarrow \text{CH}_2 \leftrightarrow \text{OH}$
- Бензол (C_6H_6):
Шестикутник з 3 подвійними зв'язками, усі Н однакові.
- Ацетон ($(\text{CH}_3)_2\text{CO}$):
Два CH_3 з обох боків від $=\text{O}$
- Аспірин:
Ароматичне кільце з ацетильною та карбоксильною групами.

Прикріпіть спектри до кожної схеми $\rightarrow$ зручне візуальне зіставлення.

6) Створіть таблицю з результатами аналізу.

Сполука	δ , ppm	Кратність	Інтеграція	Тип протонів	Пояснення
Етанол (CH_3)	$\sim 1,2$	t	3	CH_3	Сусідній CH_2
Етанол (CH_2)	$\sim 3,6$	q	2	$\text{CH}_2\text{—OH}$	Сусідній CH_3

Етанол (ОН)	~4,5	broad s	1	ОН	Обмін з водою, широка лінія

Завдання до роботи

- Оберіть 2-3 прості органічні речовини із запропонованого списку:
 - етанол (C_2H_5OH)
 - бензол (C_6H_6)
 - ацетон (C_3H_6O)
 - аспірин ($C_9H_8O_4$)
 - інші (за вибором)
- Зайдіть на сайт SDBS, у пошуку введіть назву сполуки або її CAS-номер, перейдіть у вкладку “ 1H NMR” та збережіть зображення спектра.
- Для кожного спектра: визначте кількість сигналів, що відповідає числу нееквівалентних протонів; для кожного сигналу запишіть: δ (ppm), кратність (s, d, t, q, m), зробіть попередній розподіл сигналів по типах протонів.
- Поясніть кожен сигнал на основі довідкових хімічних зсувів. Поясніть кратність сигналу за правилом $n+1$. У разі ароматичних сигналів (аспірин, бензен) проаналізуйте мультиплетну структуру. Порівняйте ваші висновки зі структурою речовини.

Використовуйте офіційні бази даних, зокрема SDBS: (https://sdb.sdb.db.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/cre_index.cgi?lang=eng).

4. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

Теми повідомлень:

Принцип дії ЯМР-спектрометра. Основні вузли приладу.
Параметри ЯМР-спектру: хімічний зсув, інтегрування, кратність.
Роль хімічного середовища у формуванні хімічного зсуву.
Порівняння ЯМР і ІЧ-спектроскопії: особливості та переваги.
Типові хімічні зсуви для органічних груп: алкіли, ароматичні, гідроксильні.
Застосування ЯМР у фармацевтичній хімії та контролі якості ліків.
Спектроскопія ^{13}C ЯМР: принципи та приклади.
Застосування ЯМР у дослідженні біомолекул: білки, нуклеїнові кислоти.
Методи обробки та інтерпретації спектрів ЯМР. Програмне забезпечення.
Магнітне поле та резонансна частота: вплив на спектр.

Рекомендована література

Основна:

1. Спектральні методи аналізу в органічній хімії» : навч. посіб. / Є. Є. Біла, М. Д. Обушак. — Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2023. — 92 с.
2. Корнілов М. Ю., Туров О. В., Борсдорф Р., Клейнпетер Е. Ядерний магнітний резонанс. — К.: Вища шк.. 1995. — 288 с.
3. Воловенко Ю.М., Туров О.В. Ядерний магнітний резонанс. - Київ: ВТФ "Перун", 2007. - 480 с.

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття №8

Тема заняття: **Фотоколориметричний метод кількісного аналізу. Визначення вмісту йонів металу в розчині.**

Мета: опанувати принципи та техніку фотоколориметричного методу кількісного аналізу; навчитися готувати стандартні розчини, знімати калібрувальні графіки та використовувати їх для визначення концентрації йонів речовин у розчині.

Основні поняття: фотоколориметрія, спектр електромагнітного випромінювання, довжина хвилі, світлопоглинання, оптична густина, розчинник, аналіт, концентрація, калібрувальний графік, комплексоутворення, закон Бугера–Ламберта–Бера.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

Інструкція до виконання:

1. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. Класифікація спектроскопічних методів аналізу.
2. Області спектру електромагнітного випромінювання: УФ, видима, ІЧ, мікрохвильова.
3. Закон Бугера–Ламберта–Бера: фізична суть та математичний вираз.
4. Принцип дії фотоколориметричного методу.

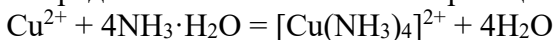
5. Основні переваги та обмеження фотокolorиметрії.
6. Застосування фотометрії у медичній, харчовій, екологічній та аналітичній хімії..

3. Виконання експериментальної роботи

Рекомендації до виконання дослідів:

Метод ґрунтується на утворенні забарвлених комплексів Купруму (II) з аміаком. За певної концентрації NH_3 в розчині переважає комплекс $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, який має інтенсивне синьо-фіолетове забарвлення, з максимумом поглинання при $\lambda = 640 \text{ нм}$.

Основою представленого визначення є реакція:



Ключові особливості:

- ✓ Колір комплексу: синьо-фіолетовий
- ✓ Максимум поглинання: $\lambda = 640 \text{ нм}$
- ✓ Вибір оптимального світлофільтра - головна частина роботи
- ✓ Можлива інтерференція з Co^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Pb^{2+} — використовуються маскуючі агенти

- 1) Приготування еталонного розчину Cu^{2+} з концентрацією 1 мг/мл

Розрахуйте масу кристалогідрату $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ для приготування 1 л розчину з концентрацією 1 мг/мл за іонами Cu^{2+} .

Зважте наважку на аналітичних терезах.

Перенесіть у мірну колбу (1 л), розчиніть у дистильованій воді, додайте 5 мл конц. H_2SO_4 , долийте водою до мітки.

- 2) Приготування стандартних розчинів для калібрувального графіка.

Для побудувати калібрувального графіку необхідно підготувати 6 розчинів.

Спочатку приготуйте розчин з максимальною концентрацією. У мірну колбу на 50 мл внесіть 25 мл еталонного

розчину, 10 мл розведеного аміаку (1:3), доведіть водою до мітки, перемішайте.

Приготуйте ще 5 розчинів аналогічно, використовуючи:

- 20 мл
- 15 мл
- 10 мл
- 5 мл
- 2,5 мл еталонного розчину + по 10 мл розведеного аміаку до кожного.

Доведіть розчини до мітки дистиллятом.

3) Підбір світлофільтра та кювети для фотометрії

Проведіть дослідження розчину з найбільшим забарвленням відносно дистильованої води.

Послідовно виміряйте оптичну густину зі всіма світлофільтрами (λ : 400–870 нм) у кюветах на 5, 10 і 20 мл.

Результати занесіть у таблицю.

Світлофільтр, λ нм	400	440	490	540	590	670	750	870
Кювета 5 мл								
Кювета 10 мл								
Кювета 20 мл								

Надалі вимірювання виконуйте з світлофільтром та кюветою, що відповідають найбільшому світлопоглинанню розчину.

4) Побудова калібрувального графіка

Виміряйте оптичну густину кожного розчину тричі, знайдіть середнє значення.

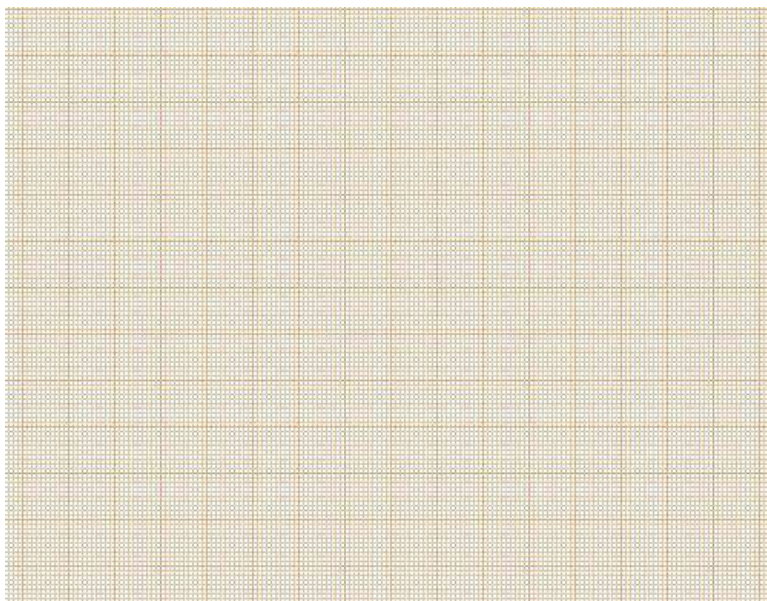
Занесіть дані в таблицю:

№ з/п	Вміст Cu^{2+} в 1 мл розчину, мг	Оптична густина			
		1	2	3	Середнє значення
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Побудуйте калібрувальний графік залежності «оптична густина – концентрація»:

X-вісь – концентрація Cu^{2+} (мг/мл)

Y-вісь – оптична густина».



Використовуйте графік для визначення вмісту Cu^{2+} у контрольному розчині.

5) Визначення вмісту Купруму у невідомому зразку.

Відберіть 10 мл розчину, наданого викладачем.

Додайте 10 мл розведеного аміаку (1:3), доведіть об'єм до мітки, перемішайте.

Виміряйте оптичну густину.

За калібрувальним графіком визначте концентрацію Cu^{2+} у дослідженому зразку.

4. *Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти*

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

Теми повідомлень:

Принцип дії фотоколориметрів і спектрофотометрів

Фотометричні реакції в аналітичній хімії

Фактори, що впливають на оптичну густину

Особливості калібрувального графіка в кількісному аналізі

Види кювет та особливості їхнього використання

Значення спектра електромагнітного випромінювання у фотометрії

Рекомендована література

Основна:

1. Аналітична хімія та інструментальні методи аналізу: Навчальний посібник / Т.А. Пальчевська, А.П. Строкань, Г.В. Тарасенко та ін. - К.: КНУТД, 2013. - 237 с.

2. Лобода В.Б., Іваній В.С., Хурсенкота С.М. ін. Сучасні методи дослідження структури речовини. Спеціальний фізичний практикум: навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2010. – 259 с.

3. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видав. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.

Додаткова:

4. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. – Д: Східний видавничий дім, 2013. – Т. 3 : С – Я. – 644 с.

5. Кичирук О. Ю. Аналітична хімія. Якісний та кількісний аналіз : курс лекцій для студентів природничих факультетів. – Житомир : ЖДУ ім. І. Франка, 2018. – 160 с

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття №9

Тема заняття: Фотометричне визначення іонів Fe^{3+} у тіоціанатному комплексі.

Мета: Опанувати метод фотометричного визначення концентрації іонів Fe^{3+} у водному розчині через утворення забарвленого комплексу з тіоціанат-іоном (SCN^-), з використанням калібрувального графіка.

Основні поняття: Фотометричний аналіз, спектр електромагнітного випромінювання, довжина хвилі, оптична густина, тіоціанатний комплекс заліза(III), калібрувальний графік, аналітична хвиля, чутливість методу, світлофільтр.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

Інструкція до виконання:

1. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

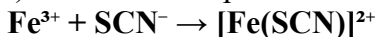
Контрольні запитання/завдання

1. Суть методу фотометричного аналізу.
2. Закон Бугера-Ламберта-Бера: формулювання та фізичний зміст.
3. Особливості забарвлення комплексних сполук Fe^{3+} з тіоціанатом.
4. Вибір довжини хвилі для фотометричного аналізу.
5. Побудова калібрувального графіка.
6. Похибки фотометричного методу.

3. Виконання експериментальної роботи

Рекомендації до виконання дослідів:

У кислому середовищі Fe^{3+} утворює з тіоціанат-іоном (SCN^-) інтенсивно червоно-кольоровий комплекс $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$:



Комплекс має максимум поглинання при $\lambda = 447\text{--}480\text{ нм}$.

1) Приготування еталонного розчину Fe^{3+} (1 мг/мл):

Відважте точну кількість кристалогідрату $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Розчиніть наважку у незначній кількості дистильованої води.

Додайте 5 мл 1 М розчину HNO_3 (або 1 М H_2SO_4).

Доведіть об'єм до 1 л дистильованою водою.

2) Приготування стандартних розчинів для калібрувального графіка.

Приготуйте 6 розчинів з вмістом Fe^{3+} : 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 мг/100 мл.

Для кожного зразка додайте 5 мл 0,1 М KSCN.

Доведіть об'єм до 100 мл дистильованою водою..

3) Вимірювання оптичної густини:

Установіть довжину хвилі $\lambda = 470\text{--}480\text{ нм}$ (або підберіть оптимальний світлофільтр).

Використайте дистильовану воду як контрольний розчин.

Проведіть 2–3 вимірювання для кожного розчину.

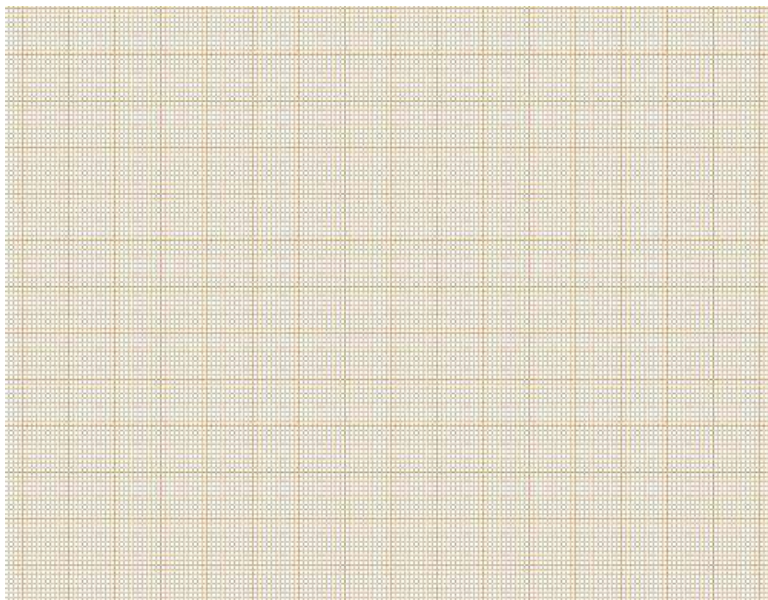
Розрахуйте середні значення та запишіть у таблицю:.

№ з/п	C(Fe^{3+}), мг/100 мл	Оптична густина			
		1	2	3	Середнє значення
1	0.2				
2	0.4				
3	0.6				
4	0.8				
5	1.0				
6	1.2				

Побудуйте калібрувальний графік залежності «оптична густина – концентрація»:

X-вісь – концентрація Fe^{3+} (мг/100 мл)

Y-вісь – оптична густина».



Використовуйте графік для визначення вмісту Cu^{2+} у контрольному розчині.

4) Визначення концентрації Fe^{3+} у невідомому зразку.

Відберіть 10 мл зразка, додайте 5 мл 0,1 М KSCN, доведіть до 100 мл.

Виміряйте оптичну густину.

За калібрувальним графіком визначте концентрацію Fe^{3+} у досліджуваному зразку.

5) Встановіть особливості взаємодії амоній тіоціанату з Fe^{3+} .

Розрахуйте масу $\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, необхідну для приготування 250 мл розчину з концентрацією $\text{Fe}^{3+} = 0,5$ мг/мл.

Поясніть хімічну суть використання амоній тіоціанату в реакції з Fe^{3+} .

Дослідіть вплив рН середовища на стабільність тіоціанатного комплексу Fe^{3+} . Яке кислотне середовище доцільніше?

Як би змінився результат, якби додали надлишок KSCN ? Або якби комплекс був нестійким?

Чи можна застосовувати інші комплексоутворювачі для Fe^{3+} у фотометрії?

6) Моделювання експерименту

За наданими даними побудуйте калібрувальний графік у програмі Excel або Google Sheets.

Визначте концентрацію невідомого зразка за рівнянням тренду.

4. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

Теми повідомлень:

Комплексоутворення в аналітичній хімії.

Кольорові реакції з Fe^{3+} : аналітичне та біологічне значення.

Фотометрія у фармацевтичному та екологічному аналізі.

Вплив рН середовища на фотометричне визначення.

Сучасні прилади для фотометричних досліджень.

Рекомендована література

Основна:

1. Аналітична хімія та інструментальні методи аналізу: Навчальний посібник / Т.А. Пальчевська, А.П. Строкань, Г.В. Тарасенко та ін. - К.: КНУТД, 2013. - 237 с.
2. Лобода В.Б., Іваній В.С., Хурсенкота С.М. ін. Сучасні методи дослідження структури речовини. Спеціальний фізичний

практикум: навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2010. – 259 с.

4. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видав. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.

Додаткова:

6. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. – Д: Східний видавничий дім, 2013. – Т. 3 : С – Я. – 644 с.

7. Кичкирук О. Ю. Аналітична хімія. Якісний та кількісний аналіз : курс лекцій для студентів природничих факультетів. – Житомир : ЖДУ ім. І. Франка, 2018. – 160 с

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття №10

Тема: Модульна контрольна №1 «Спектральні та оптичні методи аналізу»

Обсяг вимог визначається програмою

Модуль 2 Методи розділення та концентрування речовин. хроматографія

Лабораторне заняття №11

Тема заняття: Вивчення сорбції іонів барію активованим вугіллям та іонітами.

Мета: Ознайомитись із сутністю сорбційних процесів та їх роллю у розділенні/концентруванні речовин; дослідити здатність активованого вугілля та іонообмінника поглинати іони з розчину; визначити коефіцієнт сорбції та ступінь вилучення іонів барію.

Основні поняття: сорбція, сорбент, іоніт, коефіцієнт сорбції (K_d), ступінь вилучення (R , %).

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

Інструкція до виконання:

1. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. Що таке сорбція? Які її види ви знаєте?
2. У чому різниця між фізичною та хімічною сорбцією?
3. Що таке іоніти? Які їх основні типи та властивості?
4. Чому важливо проводити концентрування перед визначенням?
5. У яких галузях використовуються сорбційні методи?

3. Виконання експериментальної роботи

Рекомендації до виконання дослідів:

1) Підготовка зразків для сорбції.

Відміряти 10 мл розчину BaCl_2 (0,01 М) у три пробірки:

Пробірка №1 — контроль (без сорбенту);

Пробірка №2 — додати 0,5 г активованого вугілля;

Пробірка №3 — додати 0,5 г катіоніту КУ-2 (H^+ -форма).

Щільно закрити або накрити пробірки, збовтати, залишити на 30 хвилин з періодичним перемішуванням.

2) Фільтрування або центрифугування.

Після сорбції пробірки з твердим сорбентом — відцентрифугувати або відфільтрувати через сухий фільтр у чисті пробірки.

Отриманий фільтрат міститиме залишкову кількість Ba^{2+} .

3) Виявлення залишкових Ba^{2+} .

До кожного фільтрату додати 2–3 краплі 0,1 М розчину Na_2SO_4 .

Спостерігати за утворенням білого осаду (BaSO_4).

Примітка: Чим менше осаду – тим ефективніше вилучено іони барію сорбентом.

4) Обчислення коефіцієнта сорбції та ступеня вилучення.

Можна зважити осади після фільтрування, сушіння та зважування (за можливості) або порівняти візуально інтенсивність осаду.

Якщо є дані про кінцеву концентрацію (С), обчислюємо:

$$K_d = \frac{C_0 - C}{C} \quad \text{та} \quad R = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100\%$$

де:

C_0 — початкова концентрація (мг/л),

C — концентрація після сорбції,
R — ступінь вилучення, %

При відсутності фотометрії або титрування можна провести візуальне порівняння.

Сорбент	Осад BaSO ₄ (візуально)	Висновок щодо ефективності	C (мг/л)	Kd	R, %
Без сорбенту (контроль)	+++ (рясний)	—	10,00	—	0
Активоване вугілля	+ (слабкий)	Середня сорбція	3,00	2,33	70,0
Катіоніт КУ-2	± (сліди осаду)	Висока сорбція	1,00	9,00	90,0

Завдання для студентів (на вибір):

- Побудуйте діаграму порівняння ступеня вилучення для трьох проб.
- Оцініть, який сорбент має кращу сорбційну здатність і чому.
- Запропонуйте зміну умов, щоб підвищити ефективність вилучення (час, маса сорбенту, концентрація).
- Поясніть, чому катіоніт поглинає Ba²⁺ краще, ніж активоване вугілля.
- Проведіть дослід порівняння щодо дії різної маси сорбенту (0,25 г / 0,5 г / 1,0 г).
- Побудуйте ізотерму сорбції.

4. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та презентацію.

Теми повідомлень:

Основи сорбції: механізми, типи, залежність від умов.
Види сорбентів: органічні, мінеральні, полімерні.
Іоніти в аналітичній хімії: класифікація, будова, приклади.
Застосування сорбції для очищення води та стічних розчинів.
Методи концентрування аналітів перед визначенням.

Рекомендована література

Основна:

1. . Федущак Н. К. та інші. Аналітична хімія. Основи теорії та практика. - Нова Книга, 2012. - 640 с.
2. Пальчевська Т.А., Строкань А.П., Тарасенко Г.В. Аналітична хімія та інструментальні методи аналізу: Навчальний посібник. - К.: КНУТД, 2013. - 237 с.
3. Лобода В.Б., Іваній В.С., Хурсенкота С.М. ін. Сучасні методи дослідження структури речовини. Спеціальний фізичний практикум: навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2010. – 259 с.

Додаткова:

1. Загальна та неорганічна хімія: У 2-х ч./О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовских, С.В. Іванов. – К.: Пед. Преса, 2002.– Ч. I.– 520 с.;– Ч. II.– 544 с.
2. Кичкирук О.Ю., Кусяк Н.В. Інструктивно-методичні матеріали до лабораторних занять вибіркової освітньої компоненти «Сорбційні методи в хімічному аналізі» – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. – 37 с.
3. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видав. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття №12

Тема заняття: Розділення та ідентифікація амінокислот методом тонкошарової хроматографії

Мета: опанувати навички роботи з методом тонкошарової хроматографії для аналізу суміші амінокислот, навчитися визначати коефіцієнт рухливості (R_f), ідентифікувати компоненти суміші за допомогою порівняння зі стандартами.

Основні поняття: хроматографія, аналіз, розділення сумішей речовин, тонкошарова хроматографія (ТШХ), коефіцієнт рухливості, елюент, пластини для ТШХ.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

Інструкція до виконання:

1. Тестовий контроль знань

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. Що таке R_f і від чого залежить його значення?
2. Як ідентифікують речовини у ТШХ методом свідків?
3. Які вимоги до нанесення проби на пластинку?
4. Чому після хроматографування використовують проявлення?
5. Як провести кількісний аналіз за хроматограмою?
3. *Виконання експериментальної роботи*

Тонкошарова хроматографія (ТШХ) — метод розділення речовин, який ґрунтується на різній швидкості переміщення компонентів суміші в шарі сорбенту під дією капілярних сил.

R_f (коефіцієнт рухливості) — відношення відстані, пройденої речовиною, до відстані, пройденої фронтом елюента.

$$R_f = \frac{\text{довжина ходу речовини (l)}}{\text{довжина ходу розчинника (L)}}$$

Для ідентифікації компонентів використовують **метод свідків** — нанесення на пластинку стандартних зразків відомих речовин.

Для візуалізації безбарвних сполук застосовують **реактив нінгідрину**, який утворює кольорові продукти взаємодії з α -амінокислотами.

Рекомендації до виконання дослідів:

1) Підготовка хроматографічної камери.

Процес хроматографування виконувати у спеціальній камері для ТШХ чи в герметичному скляному посуді з плоским дном. Змішайте компоненти елюента у співвідношенні н-бутанол : вода : оцтова кислота = 4:5:1.

Налийте 5-10 мл елюента на дно камери (висота шару ~0,5 см).

Закрийте камеру щільною кришкою та залиште на 15 хв для насичення пари розчинника — це забезпечить рівномірне хроматографування.

2) Приготування стандартних розчинів амінокислот.

Щоб приготувати розчини аланіну, лейцину та валіну із вмістом по 1 мг/мл на відважте по 0,0250 г амінокислот та додайте в мірну колбу на 25 мл, доведіть дистильованою водою до мітки.

3) Підготовка пластин.

Відріжте прямокутну пластинку із фільтрувального паперу (приблизно 6×10 см або відповідно розміру посудини для хроматографування).

Від нижнього краю олівцем відступіть 1 см і накресліть лінію старту.

Позначте на лінії 4 точки, де буде нанесено зразки: аланін, лейцин, валін, суміш. Зверніть увагу, що точки повинні бути однаково віддалені одна від одної та від країв пластинки. Відстань між ними має бути не менше ніж 1,5 см.

4) Підготовка зразків

Візьміть капіляр або мікропіпетку.

У відповідні точки нанесіть:

1 – аланін

2 – валін

3 – лейцин

4 – суміш усіх трьох

Після кожного нанесення просушіть краплю (або повторіть нанесення 2–3 рази, просушуючи кожен шар). Додавайте проби легким дотиком піпетки до точки на пластині. Діаметр плям має бути 5–6 мм. Після їх нанесення та висихання плям – пластина готова для виконання хроматографування.

5) Процес хроматографування.

Встановіть пластинку вертикально в камеру або хімічний стакан, щоб лінія старту ледь торкалась розчинника.

Закрийте камеру чашкою Петрі та спостерігайте, як рухається фронт елюента.

Коли фронт досягне $\sim 2/3$ висоти пластинки, вийміть пластинку.

Відразу позначте рівень фронту розчинника.

Висушіть пластинку на повітрі або феном.

6) Проявлення хроматограми

Щоб проявити зони компонентів хроматограми виконайте обробку реагентом пульверизатором. Розпиліть 0,5% розчин нінгідрину в ацетоні на пластинку з відстані 15–20 см.

Помістіть у термостат на 5 хв при 100–105 °С.

Плями амінокислот проявляться у вигляді кольорових плям.

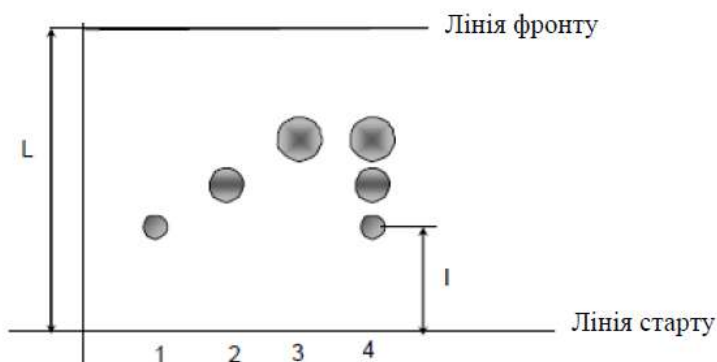
7) Аналіз хроматограм.

Виміряйте відстань (l) від лінії старту до центру плями кожної амінокислоти.

Виміряйте загальну довжину (L) — від лінії старту до фронту елюента.

$$R_f = \frac{l}{L}$$

Розрахунок виконуйте за формулою:



Результати запишіть у таблицю, зробіть висновок про склад суміші.

Амінокислоти	l , см		L , см		R_f		Наявність компонентів (+/-)
	інд. комп.	суміш	інд. комп.	суміш	інд. комп.	суміш	
Амінокислота 1		-		-		-	
Амінокислота 2		-		-		-	
Амінокислота 3		-		-		-	
Компонент 1	-		-		-		
Компонент 2	-		-		-		
Компонент 3	-		-		-		

Проаналізуйте. Які амінокислоти були в суміші? Як вплинула будова молекул на величину R_f ? Чому одна з амінокислот має найбільше/найменше R_f ?

Індивідуальне завдання (за бажанням): Порівняйте ефективність розділення тієї ж суміші в іншій системі розчинників (наприклад: етанол:вода:ацетон – 4:4:2).

4. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та презентацію.

Теми повідомлень:

Принципи тонкошарової хроматографії. Сорбенти і типи фаз.

Методи виявлення амінокислот на хроматограмах.

Порівняння ТШХ і паперової хроматографії.

Вплив структури амінокислот на їх рухливість у ТШХ.

Хроматографія як метод аналітичної хімії: застосування у фармації, харчовій промисловості, біохімії.

Візуалізація речовин у ТШХ: нінгідрин, йод, флуоресценція.

Рекомендована література

Основна:

1. Загальна та неорганічна хімія: У 2-х ч./О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовских, С.В. Іванов. – К.: Пед. Преса, 2002.– Ч. I.– 520 с.;– Ч.ІІ.– 544 с.
2. Хроматографічні методи аналізу : навч. посіб. / Федорченко С. В., Курта С. А. – Івано-Франківськ : Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2012. – 146 с.
3. Мінаєва В. О. Хроматографічний аналіз: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Черкаси: Вид. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. – 284 с..

Додаткова:

1. Чмутов К. В. Хроматографія / К. В. Чмутов. – М.: Хімія, 1978. – 128 с.
2. Wixom R.L.Chromatography: A Science of Discovery / Wiley-Interscience, 2010. – 410 pp.
3. Лисенко О.М., Набиванець Б.Й. Вступ до хроматографічного аналізу. Навчальний посібник. – К.: Корвін-прес, 2005. – 187с

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття №13

Тема заняття: Кількісне визначення іонів нікелю методом осадової хроматографії.

Мета: Опанувати метод осадової хроматографії для кількісного визначення іонів Ni^{2+} у розчині. Навчитись будувати калібрувальний графік і проводити аналіз за допомогою вимірювання висоти хроматографічного піка.

Основні поняття: осадова хроматографія, осадження, осад, реактив Чугаєва, «пік або «борода», калібрувальний графік.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

Інструкція до виконання:

1. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

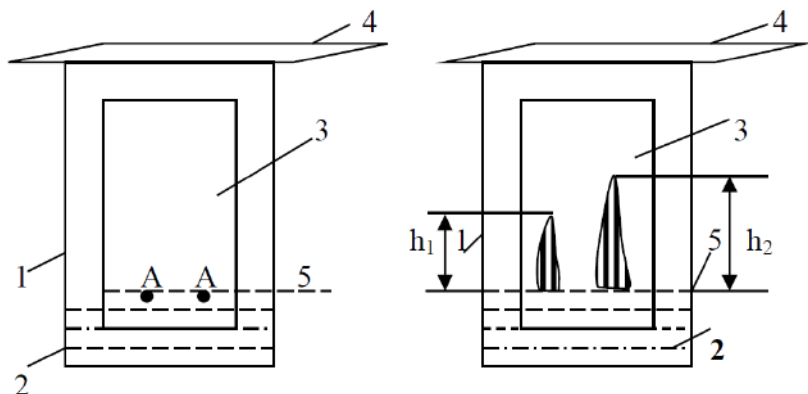
1. У чому полягає суть хроматографічного методу аналізу?
2. Які є типи хроматографії та їх класифікація?
3. Що таке осадова хроматографія та чим вона відрізняється?
4. Як працює реактив Чугаєва?
5. Від яких чинників залежить точність побудови калібрувального графіка?
6. Як визначають концентрацію за графіком??

3. *Виконання експериментальної роботи*

Осадова хроматографія — це метод розділення і кількісного аналізу речовин, який базується на утворенні малорозчинних осадів під час проходження зразка через носій, просочений спеціальним реактивом (осаджувачем). Ключовий чинник розділення – різна розчинність продуктів осадження. Осад утворюється у вигляді чіткої кольорової зони, яка затримується на носії.

Типовий носій: папір, тонкий шар сорбенту або колонка.

Осаджувач – речовина, яка взаємодіє з іонами досліджуваного елемента та утворює з ним малорозчинну сполуку (наприклад, реактив Чугаєва для Ni^{2+}).



1 – стакан для хроматографії; 2 – елюент; 3 – папір, просочений осаджувачем; 4 – кришка; 5 – лінія старту речовини А з різним вмістом; h_1 , h_2 – висота піків речовини А залежно від вмісту

Суть кількісного визначення:

- ✓ Довжина кольорової зони ("піка") прямо пропорційна концентрації аналіту (іонів) у зразку.
- ✓ Що більше іонів у зразку – то довша зона осаду утворюється на носії.

Кількісний аналіз проводять шляхом:

- ✓ вимірювання довжини піків;
- ✓ побудови калібрувального графіка залежності «довжина піка – концентрація»;
- ✓ визначення вмісту іонів у невідомому зразку за графіком.

Осадова хроматографія дозволяє візуально та кількісно оцінити вміст іонів у зразку на основі довжини забарвленого осаду, що утворюється при їх взаємодії з реактивом, закріпленим у носії.

Рекомендації до виконання дослідів:

1) Приготування вихідного розчину нікелю.

Зважити 0,4001 г сульфату нікелю (NiSO_4) на аналітичних терезах.

Перенести у 25 см³ мірну колбу та розчинити у 0,1 н HCl . Довести об'єм до мітки, це буде стандартний розчин №1.

2) Підготовка розведених стандартних розчинів.

Відміряти 12,5 мл розчину №1, перенести в іншу мірну колбу (№2) на 25 см³, довести до мітки HCl .

Із колби №2 відібрати 12,5 мл і знову розвести у третій колбі (№3) аналогічно.

Таким чином отримано три стандартні розчини з поступово зниженою концентрацією.

Результати розведення записати до таблиці.

Номер колби	Об'єм розчину, мл	Вміст іонів Ni^{+2} в 1 мл	Висота піка, мм	Концентрація розчину NiSO_4 , мг/мл	Середнє значення висоти піків, мм
1					
2					
3					
Контр. розчин					

3) Підготовка хроматографічного паперу.

Взяти 2-4 смужки щільного фільтрувального паперу, просоченого диметилгліоксимом (реактив Чугаєва), розміром 6×20 см.

Олівцем нанести лінію старту на відстані 2 см від нижнього краю.

На лінії старту на кожній смужці розмістити 3 краплі (по 0,1 мл) одного стандартного розчину з мікропіпетки (по одній смужці на кожен із трьох розчинів).

4) Нанесення контрольного розчину.

Отримати зразок досліджуваного розчину (з невідомою концентрацією Ni^{2+}) від викладача.

На четвертому папірці аналогічно нанести 3 краплі досліджуваного розчину.

5) Проведення осадової хроматографії.

Налити 12% розчин гліцерину в хроматографічну камеру на дно (шар 1-2 см).

Встановити смужки вертикально, так щоб лінія старту була дещо нижче рівня елюенту.

Закрити камеру. Дочекатись, поки фронт елюенту підніметься до $\sim 2/3$ висоти паперу.

При перемішуванні проявника на папері відбувається переміщення іона, який не прореагував з осадником іона Ni^{+2} , і реагує далі з новою порцією осадника. При цьому утворюється забарвлений слід осаду («борода»). Висота піка пропорційна концентрації іона Ni^{+2} в розчині.

Вийняти смужки, відразу позначити фронт розчинника, просушити папір на повітрі.

6) Обчислення результатів

За допомогою лінійки виміряти висоту «піків» (червоних осадових смуг) у мм.

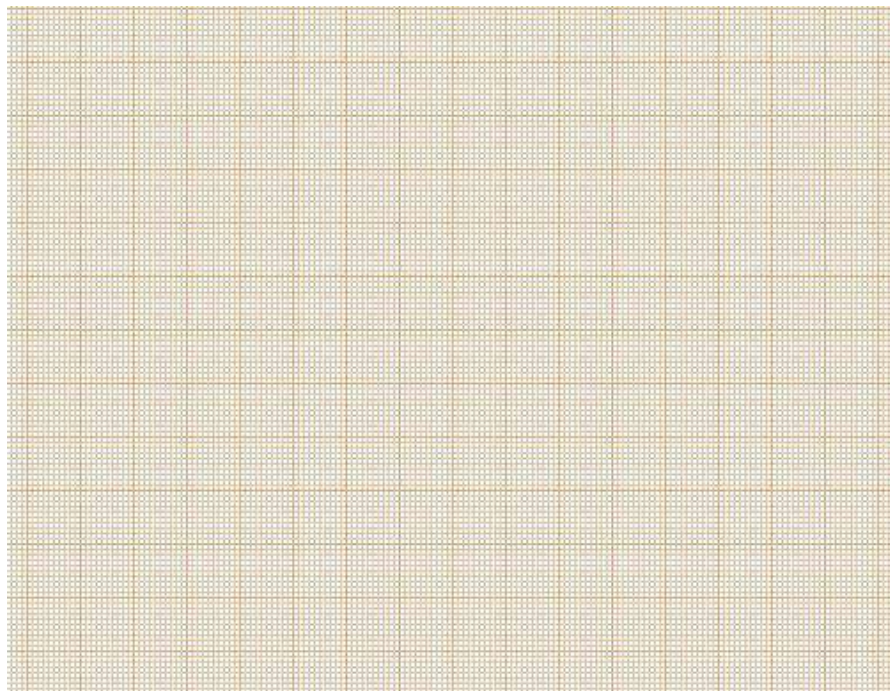
Для кожного зразка зробити три вимірювання, обчислити середнє значення.

Побудувати графік:

по осі X — концентрація Ni^{2+} , мг/мл

по осі Y — висота піка, мм

Побудувати лінію тренду та знайти рівняння прямої.



За побудованим графіком знайти концентрацію Ni^{2+} у досліджуваному зразку, використовуючи відому висоту піка.

Яка точність вимірювання та фактори, що впливають на якість проведених досліджень?

4. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та презентацію.

Теми повідомлень:

Реактив Чугаєва та його застосування в аналітичній хімії.

Методи візуалізації хроматограм у паперовій хроматографії.

Порівняння осадової та тонкошарової хроматографії.
Аналіз іонів перехідних металів методом хроматографії.
Калібрувальний графік як інструмент кількісного аналізу.
Сучасні застосування осадової хроматографії в біоаналітиці.

Рекомендована література

Основна:

1. Загальна та неорганічна хімія: У 2-х ч./О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовских, С.В. Іванов. – К.: Пед. Преса, 2002.– Ч. I.– 520 с.;– Ч. II.– 544 с.
2. Хроматографічні методи аналізу : навч. посіб. / Федорченко С. В., Курта С. А. – Івано-Франківськ : Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2012. – 146 с.
3. Мінаєва В. О. Хроматографічний аналіз: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Черкаси: Вид. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. – 284 с..

Додаткова:

4. Чмутов К. В. Хроматографія / К. В. Чмутов. – М.: Хімія, 1978. – 128 с.
5. Wixom R.L. Chromatography: A Science of Discovery / Wiley-Interscience, 2010. – 410 pp.
6. Лисенко О.М., Набиванець Б.Й. Вступ до хроматографічного аналізу. Навчальний посібник. – К.: Корвін-прес, 2005. – 187с

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття №14

Тема заняття: Визначення вмісту натрій хлориду у вершковому маслі методом іонообмінної хроматографії з катіонітом

Мета: навчитись використовувати іонообмінну колонкову хроматографію для виділення та кількісного визначення йонів Na^+ у харчових продуктах (на прикладі вершкового масла), оволодіти методикою підготовки іонообмінної колонки та обробки результатів титрування.

Основні поняття: іонообмінна хроматографія, катіоніт, іоніт, регенерація іоніту, хроматографічна колонка.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

Інструкція до виконання:

1. Тестовий контроль знань

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. Який принцип роботи іонообмінної хроматографії?
2. Що таке катіоніт? Які функціональні групи він містить?
3. Як відбувається переведення іонообмінника в H^+ -форму?
4. Від чого залежить іонообмінна здатність катіонітів?
5. Опишіть процес титрування елюату NaOH . Чому використовують метиловий оранжевий?

3. Виконання експериментальної роботи

Іонообмінна хроматографія – це метод розділення іонів, який ґрунтується на їх здатності обмінюватися з рухомими іонами, закріпленими у спеціальних речовинах – **іонообмінниках** (іонітах).

Іоніти поділяють на:

- **Катіоніти** – обмінюють катіони (мають кислотні групи: – SO_3H , – COOH);
- **Аніоніти** – обмінюють аніони (містять основні групи: аміни, іміногрупи);
- Існують також **амфоліти**, які можуть обмінювати і катіони, і аніони.

Активні групи іонітів хімічно закріплені на полімерній основі, тому самі не переходять у розчин. При проходженні розчину через шар іоніту відбувається **обмін іонів**, що дає змогу вибірково затримати або замінити певні компоненти суміші.

У роботі використовується **катіоніт КУ-2**, який утримує йони водню і може обмінювати їх на йони натрію з проби. Кількість вивільнених іонів водню визначається титруванням лугом.

Рекомендації до виконання дослідів:

1) Підготовка катіоніту.

1.1. Зважування і попередня обробка:

Відважте 15,00 г катіоніту КУ-2 у повітряно-сухому стані (безводна маса).

Перенесіть у склянку, залийте дистильованою водою (приблизно у співвідношенні 1:10) і залиште на 24 години для набухання.

Примітка: набухання необхідне для забезпечення рівномірного розподілу іонообмінної здатності по об'єму зерен. За цей час катіоніт вбирає воду і переходить у гелеподібний стан.

1.2. Заповнення колонки:

Підготуйте скляну хроматографічну колонку (можна використати обрізану бюретку на 25 мл або трубку з краном).

На дно помістіть шар скляної вати для запобігання вимиванню катіоніту.

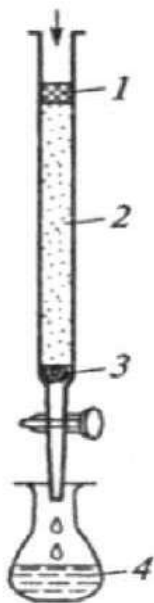
Перенесіть набряклий катіоніт до колонки поступово, разом із частиною води, щоб не утворювались повітряні бульбашки.

Якщо утворюється пінна подушка — її видаляють скляною паличкою або промивають водою.

Дайте шару катіоніту осісти природно (не ущільнювати сильним натиском), верхній рівень сорбенту повинен бути горизонтальним.

Важливо: не допустити появи повітря між частинками — це призведе до нерівномірного проходження розчину.

2) Переведення катіоніту у H^+ -форму (активація).



Обережно пропустіть через колонку 100 мл розчину HCl .

Швидкість протікання: 1 крапля на секунду (використовуйте кран або затискач).

Дочекайтесь повного проходження кислоти, після чого промийте колонку дистильованою водою до нейтральної реакції елюату.

Як перевірити нейтральність:

Візьміть 1-2 краплі елюату, додайте краплю метилового оранжевого:

Кисле середовище – рожево-червоне;

Нейтральне середовище – помаранчеве;

Якщо розчин безбарвний або світло-жовтий – ще недостатньо промито.

Важливо: Стежте, щоб меніск рідини ніколи не опускався нижче верхнього краю катіоніту!

3) Регенерація колонки (за потреби).

Колонку можна використовувати для дослідження до 100 проб без втрати якості.

При ослабленні іонообмінної здатності (наприклад, помітне зниження об'єму NaOH у контрольному титруванні):

- ✓ Пропустити через колонку 50 см^3 50 г/дм^3 HCl зі швидкістю 2-3 краплі в секунду.
- ✓ Промити дистильованою водою до нейтральності з тією ж швидкістю.
- ✓ Повторно провести активацію при необхідності.

4) Перевірка придатності колонки до аналізу.

Перед початком аналізу обов'язково провести контрольне титрування:

- ✓ Через підготовлену колонку пропустіть 5 мл стандартного розчину NaCl.
- ✓ Далі – 50 мл дистильованої води.
- ✓ Отриманий елюат титрують 0,1 н NaOH у присутності метилового оранжевого.

Очікуване значення: витрата лугу має бути $5,0 \pm 0,2$ мл.

Якщо результат виходить за межі – потрібно повторити промивання чи регенерацію.

5) Аналіз зразка вершкового масла.

5.1. Підготовка водної витяжки:

- ✓ Зважте 5,00 г вершкового масла у колбу об'ємом 100 мл.
- ✓ Додайте 50 мл дистильованої води.
- ✓ Помістіть на водяну баню або нагрівайте обережно до розплавлення жиру.
- ✓ Ретельно перемішайте скляною паличкою 2-3 хв.
- ✓ Остудіть в холодній воді – жир відділиться як верхній шар.

Важливо: вода під жиром містить іони Na^+ , які потрібно дослідити.

- ✓ Скляною паличкою роблять у шарі вершкового масла отвір. Через отвір у жирі відберіть 10 см^3 водної фази піпеткою.

5.2. Хроматографування:

- ✓ Обережно перенесіть 10 мл витяжки у підготовлену колонку.
- ✓ Швидкість: 3-4 краплі/сек.
- ✓ Потім з такою ж швидкістю промийте 50 мл дистильованої води, щоб змити всі йони натрію.

5.3. Титрування:

- ✓ Змішайте елюат і промивні води.
- ✓ Додайте 2-3 краплі метилового оранжевого.
- ✓ Титруйте 0,1 н NaOH до появи солом'яно-жовтого забарвлення.

5.3. Обчислення масової частки натрій хлориду:

$X = V \cdot K \cdot 0,585$, де:

X – масова частка NaCl, %

V – об'єм 0,1 н NaOH, мл

K – поправочний коефіцієнт до точної концентрації NaOH

0,585 – титр NaOH за NaCl (для наважки 5 г).

Примітка: Обчислення проводять для кожного вимірювання окремо. Результатом вважається середнє арифметичне двох паралельних визначень, які не повинні відрізнятися більше ніж на 0,1%.

6) Оформлення результатів

№ з/п	Маса наважки, г	Об'єм NaOH, мл	Поправка K	Обчислене X, %
1	5,00			
2	5,00			

4. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та презентацію.

Теми повідомлень:

Іонообмінна хроматографія: історія, класифікація, застосування.

Синтетичні іоніти: будова, властивості, приклади.

Принцип дії катіоніту КУ-2. Його функціональні групи.

Застосування іонітообмінної хроматографії у харчовій промисловості.

Методи визначення кухонної солі в харчових продуктах.

Порівняльний аналіз хроматографічних методів у харчовій хімії.

Рекомендована література

Основна:

3. Загальна та неорганічна хімія: У 2-х ч./О.М. Степаненко, Л.Г. Рейтер, В.М. Ледовских, С.В. Іванов. – К.: Пед. Преса, 2002.– Ч. I.– 520 с.;– Ч.ІІ.– 544 с.

4. Хроматографічні методи аналізу : навч. посіб. / Федорченко С. В., Курта С. А. – Івано-Франківськ : Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2012. – 146 с.

3. Мінаєва В. О. Хроматографічний аналіз: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Черкаси: Вид. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. – 284 с..

Додаткова:

4. Чмутов К. В. Хроматографія / К. В. Чмутов. – М.: Хімія, 1978. – 128 с.

5. Лисенко О.М., Набиванець Б.Й. Вступ до хроматографічного аналізу. Навчальний посібник. – К.: Корвін-прес, 2005. – 187с

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття №15

Тема: Модульна контрольна №2 «Методи розділення та концентрування речовин. Хроматографія»

Обсяг вимог визначається програмою

Модуль 3. Електрохімічні методи аналізу

Лабораторне заняття №16

Тема заняття: Потенціометрія. Дослідження електрохімічних процесів, що відбуваються при розчиненні напівпровідникових матеріалів.

Мета: Ознайомитися з особливостями електрохімічної поведінки напівпровідникових матеріалів у процесі їхнього хімічного розчинення. Опанувати метод потенціометричних вимірювань з використанням електрода порівняння та дослідити зміну електродного потенціалу в динаміці.

Основні поняття: електрохімічний процес, електродний потенціал, поверхнева реакція, потенціометрія, напівпровідник.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

Інструкція до виконання:

1. Тестовий контроль знань

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. Які електродні процеси є нерівноважними? Наведіть приклади.
2. Сформулюйте закони Фарадея. У чому їхня фізико-хімічна суть?
3. Як впливають закони Фарадея на швидкість електрохімічних процесів?

4. Які методи використовують для дослідження кінетики електродних реакцій?

5. У чому полягає специфіка розчинення поверхонь напівпровідникових матеріалів?

3. *Виконання експериментальної роботи*

Рекомендації до виконання дослідів:

1) Підготовка зразків до дослідження.

Оберіть напівпровідникову пластину з монокристалу CdTe або твердого розчину на його основі.

Для виготовлення точкового електрода:

- Осадить на поверхню пластини мідну плівку з розчину CuSO_4 .
- До плівки припаяйте мідний провідник індієм.
- Ізолюйте контакт хімічно стійким полімером типу EVICROL для запобігання паразитним струмам.

Створіть модель опору контакту: у зовнішній ланцюг між електродом і клемою приладу включіть додатковий опір $(1-5) \cdot 10^6$ Ом. Важливо, щоб цей елемент не спричиняв флуктуацій потенціалу.

2) Проведення хімічного травлення поверхні зразків.

Підготуйте травильний розчин:

Склад:

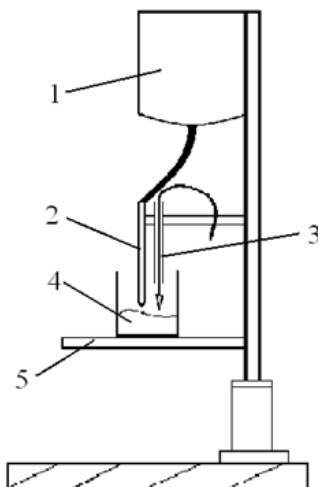
- 10,5 мл насиченого розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (10,8 г / 100 мл води)
- 15 мл розчину HBr
- 4,5 мл етиленгліколю

Змішайте компоненти у склянці об'ємом 100 мл і залиште на 40–60 хв для досягнення рівноваги.

Занурте підготовлений електрод у підготовлений розчин на 1 хвилину, після чого:

- Промийте зразок 0,1 М водним розчином $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
- Потім декілька разів дистильованою водою.

Мета: формування стабільного і реакційно-активного шару на поверхні електрода.



Установка для вимірювання електродних потенціалів: 1 – резервуар з насиченим KCl; 2 – хлор-срібний електрод; 3 – досліджуваний електрод; 4 – підставка; 5 – хімічний стакан з травильним розчином.

3) Вимірювання електродних потенціалів

Проведіть вимірювання потенціалів у тій самій травильній суміші:

Установіть систему електродів:

- досліджуваний напівпровідниковий електрод
- насичений хлор-срібний електрод порівняння ($E^0 = 0,2445 \text{ V}$)

Занурте обидва електроди у травильний розчин, слідкуйте:

- щоб електроди не торкалися стінок посудини;
- щоб відстань між ними була сталою (наприклад, 5 мм).

Використовуйте іонометр И-160М (або аналогічний прилад) для фіксації потенціалів кожні 2 секунди протягом досліджу.

Температура розчину має бути $293 \pm 0,5$ К, процес проводиться у статичному режимі (без перемішування).

Результати вимірювань зберігаються у вигляді таблиці або експортуються у програму для подальшого аналізу.

[illegible]

Рекомендовано проводити вимірювання щонайменше впродовж 2-5 хвилин (до 150–300 секунд), щоби відстежити динаміку стабілізації потенціалу електрода.

Завдання для студентів (на вибір):

1. Побудуйте графік залежності потенціалу від часу: $E=f(t)$.
2. Визначте час досягнення стабільного потенціалу (± 1 мВ коливання).
3. Розрахуйте середнє значення потенціалу в стабільному режимі.
4. Порівняйте отриманий потенціал з табличними стандартними електродними потенціалами.
5. Порівняйте отримані криві $E(t)E(t)E(t)$ для різних зразків (наприклад, CdTe і твердий розчин на CdHgTe).
6. Визначте, які етапи процесу розчинення супроводжуються найбільш різкими змінами електродного потенціалу.

4. *Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти*

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

Теми повідомлень:

Потенціометрія як метод електрохімічного контролю: переваги, недоліки, приклади.

Поверхневі процеси при хімічному травленні напівпровідників: механізми та вплив середовища.

Контактні явища в електродах на основі CdTe та інших $A^{II}B^{VI}$ матеріалів.

Іонометрія та її застосування в аналітичній хімії та сенсоріці.

Роль потенціометричного контролю в технологіях створення елементів фотоніки та детекторів.

Електродний потенціал: термодинамічна і кінетична природа.

Стандартизація електродів порівняння: типи, будова, точність.

Рекомендована література

Основна:

1. Аналітична хімія та інструментальні методи аналізу: Навчальний посібник / Т.А. Пальчевська, А.П. Строкань, Г.В. Тарасенко та ін. - К.: КНУТД, 2013. - 237 с.
2. Рубцов В. І. Потенціометричні методи дослідження розчинів : навчальний посібник / В. І. Рубцов. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 252 с.
3. Федущак Н.К. та інші. Аналітична хімія. Основи теорії та практика. - Нова Книга, 2012. – 640 с.

Додаткова:

1. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.
2. Francis Rouessac, Annick Rouessac Chemical analysis: modern instrumentation and methods and techniques /translated by Steve Brooks and Francis and Annick Rouessac. - 2nd ed. -2007 by John Wiley & Sons Ltd, - 586 p.

Довідково-інформаційні дані для проведення лабораторних робіт:

<http://chemistry-chemists.com/>

<http://nbuv.gov.ua>

www.dnpb.gov.ua

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття №17

Тема заняття: Кондуктометричне титрування розчину оцтової кислоти розчином гідроксиду натрію.

Мета: Ознайомитися з основами кондуктометричного титрування. Навчитися будувати графік залежності електропровідності від об'єму титранта. Визначити точку еквівалентності в реакції нейтралізації слабкої кислоти сильною основою. Закріпити знання про електропровідність, іони у розчині та вплив природи електролітів на поведінку системи..

Основні поняття: кондуктометрія, електропровідність, точка еквівалентності, кондуктометричне титрування.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

Інструкція до виконання:

1. Тестовий контроль знань

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. У чому полягає суть кондуктометричного титрування?
2. Чому при додаванні NaOH провідність спочатку знижується, а потім зростає?
3. Як розрізнити точку еквівалентності на кондуктометричній кривій?
4. Які переваги має кондуктометричне титрування у порівнянні з індикаторним?
5. Як впливає природа іонів на значення електропровідності?

3. Виконання експериментальної роботи

Рекомендації до виконання дослідів:

1) Підготовка приладу до дослідження.

Увімкніть кондуктометр, перевірте калібрування (за інструкцією до приладу).

Встановіть вимірювальний електрод у мірний стакан, заповнений 50 мл 0,05 М розчину оцтової кислоти.

Встановіть стабільне положення електрода — він має бути повністю зануреним, не торкатися стінок та дна стакану.

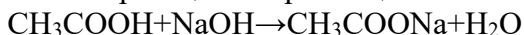
2) Проведення титрування.

За допомогою бюретки додайте по 1,0 мл 0,05 М розчину NaOH до оцтової кислоти.

Після кожного додавання ретельно перемішайте розчин (електрод не витягувати!) і запишіть значення електропровідності у мкСм/см.

Продовжуйте титрування до об'єму 10 мл понад передбачувану точку еквівалентності (загалом $\approx 25\text{--}30$ мл NaOH).

Хімічне рівняння реакції нейтралізації:



3) Обробка результатів

Згідно встановлених результатів побудуйте графік:

Вісь X — об'єм NaOH, мл

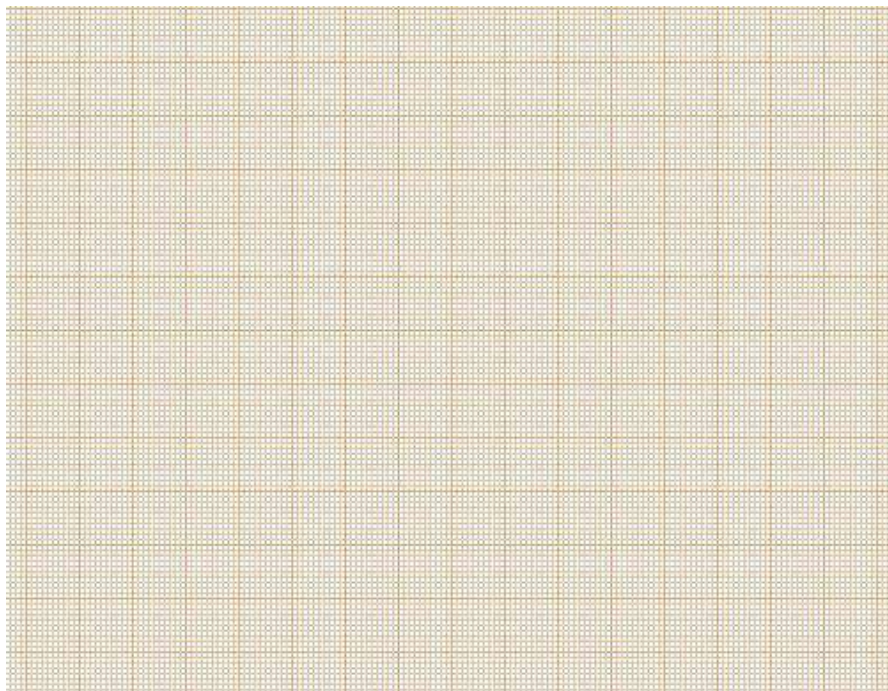
Вісь Y — електропровідність, мкСм/см

На графіку буде два відрізки з різним нахилом, які перетинаються в точці еквівалентності — визначте її.

Рекомендовано проводити вимірювання щонайменше впродовж 2-5 хвилин (до 150–300 секунд), щоби відстежити динаміку стабілізації потенціалу електрода.

Таблиця для реєстрації результатів

№	Об'єм NaOH, мл	Електропровідність, мкСм/см
0	0,00	
1	1,00	
2	2,00	



Завдання для студентів (на вибір):

1. Побудуйте графік «електропровідність — об'єм NaOH».
2. Визначте точку еквівалентності (об'єм NaOH).
3. Розрахуйте кількість речовини CH_3COOH у дослідженому зразку.
4. Розрахуйте масову частку оцтової кислоти в дослідженому розчині.
5. Поясніть зміну електропровідності до і після точки еквівалентності.
6. Порівняйте форму кривої при титруванні сильної кислоти (наприклад, HCl) за моделлю.
7. Проаналізуйте вплив концентрації реагентів на форму графіка.

4. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

Теми повідомлень:

Кондуктометрія в аналітичній хімії: теорія та застосування.

Порівняння потенціометричного і кондуктометричного титрування.

Електропровідність розчинів: молекулярний рівень пояснення.

Практичне застосування методів кондуктометрії в харчовій і фармацевтичній промисловості.

Кондуктометричні сенсори у медицині та екології.

Рекомендована література

Основна:

1. Пилипенко О. І. Методи фізико-хімічного аналізу. Модуль 2. Електрохімічні методи аналізу : навч. посіб. Харків. нац. ун-т міськ. госпва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 142 с.

2. Рубцов В. І. Потенціометричні методи дослідження розчинів : навчальний посібник / В. І. Рубцов. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 252 с.
3. Масленко С. Н., Величко В. В., Великонська Н.М., Перескока В. В. Аналітична хімія і методи аналізу: навч. посіб. – Дніпропетровськ : НМетАУ, 2011. – 162 с.

Додаткова:

1. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.
2. Смик Н.І. Сучасні електрохімічні методи аналізу. Основні поняття електрохімії. Електропровідність розчину. Методи, не пов'язані з протіканням фарадеевського струму. Навчально-методичний посібник для студентів хімічного факультету. Київ., 2020. -45 с..

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття №18

Тема заняття: Визначення маси міді кулонометричним методом.

Мета: Опанувати основи кулонометричного методу кількісного аналізу. Застосувати закон Фарадея для розрахунку маси речовини, що виділяється під час електролізу. Порівняти теоретичну та експериментальну масу міді, осадженої на катоді.

Основні поняття: кулонометрія, закон Фарадея, електроліз, катод, анод.

План заняття:

1. Організаційний момент.
2. Тестовий контроль знань здобувачів вищої освіти.
3. Теоретичне опитування за планом самостійної роботи.
4. Виконання експериментальної роботи.
5. Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти.

Інструкція до виконання:

1. *Тестовий контроль знань*

Опрацюйте запропоновані літературні джерела та підготуйтеся до індивідуального тестування за основними поняттями теми.

2. *Теоретичне опитування за планом самостійної роботи*

Самостійно опрацюйте запропоновані контрольні запитання/завдання та підготуйтеся до усного виступу та співбесіди за ними.

Контрольні запитання/завдання

1. Що таке кулонометрія та в чому її переваги?
2. Сформулюйте перший та другий закони Фарадея.
3. Чому для осадження Cu^{2+} потрібні саме 2 електрони?
4. Як можна зменшити похибку кулонометричного вимірювання?
5. Наведіть практичні приклади використання кулонометрії.

3. *Виконання експериментальної роботи*

Рекомендації до виконання дослідів:

- 1) Підготовка катоду.

Добре очистіть та висушіть мідну пластинку (катод).

Зважте її з точністю до 0,0001 г – зафіксуйте масу m_0 .

Встановіть катод у розчин CuSO_4 0,1 М, не торкаючись стінок посудини.

2) Проведення електролізу.

З'єднайте катод і анод у ланцюг через амперметр.

Увімкніть постійний струм – $I \approx 0,20$ А, час електролізу $t = 20$ хв (1200 с).

Впродовж процесу контролюйте силу струму та стабільність кола.

Після завершення – вийміть катод, промийте:

- ✓ спочатку дистильованою водою;
- ✓ потім етанолом;
- ✓ висушіть на повітрі або в сушильній шафі.

Зважте катод повторно – зафіксуйте масу m_1 .

3) Обчислення маси міді.

Експериментальна маса міді:

$$m_{\text{експ}} = m_1 - m_0$$

Теоретична маса міді (за законом Фарадея):

$$m_{\text{теор}} = \frac{I \cdot t \cdot M}{n \cdot F} \quad \text{де:}$$

I – сила струму (А)

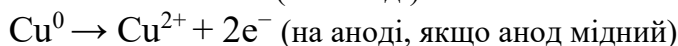
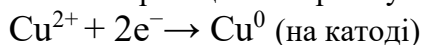
t – час (с)

$M=63,5$ г/моль – молярна маса міді

$n=2$ – число електронів у реакції

$F=96485$ Кл/моль – стала Фарадея.

Рівняння реакції електролізу міді:



Таблиця результатів

Параметр дослідження	Значення
Маса катода до електролізу (m_0)	_____ г
Маса катода після електролізу (m_1)	_____ г
Експериментальна маса Cu	$m_{\text{експ}} =$ _____ г
Час електролізу (t)	_____ с
Сила струму (I)	_____ А
Теоретична маса Cu	$m_{\text{теор}} =$ _____ г
Похибка, %	_____ %

Завдання для студентів (на вибір):

1. Проведіть розрахунок $m_{\text{експ}}$ $m_{\text{теор}}$, похибки.
2. Побудуйте графік залежності: « m (маса осадженої міді) – t (за змінного часу)».
3. Поясніть, чому мідь виділяється тільки на катоді.
4. Поясніть, як похибка при вимірюванні струму впливає на результат.
5. Визначте, яка маса міді виділиться при $I = 0,5$ А, $t = 1$ год.
6. Порівняйте результат електролізу з теоретичними розрахунками для інших металів (Ag^+ , Zn^{2+}).
7. Виведіть загальний вигляд закону Фарадея для різних значень n .

4. *Презентація підготовлених повідомлень здобувачами вищої освіти*

За бажанням оберіть запропоновану тему повідомлення з теми, яку вивчаєте. Підготуйте усний виступ та електронну презентацію з теми. Будьте готові виступити перед аудиторією.

Теми повідомлень:

Кулонометрія: класифікація, особливості, галузі застосування.
Застосування законів Фарадея в кількісному аналізі.

Контроль чистоти металевих покриттів: електролітичні методи.
Порівняння кулонометричного та гравіметричного визначення металів.

Історія розвитку електролізу: від Фарадея до сучасних технологій.

Рекомендована література

Основа:

1. Пилипенко О. І. Методи фізико-хімічного аналізу. Модуль 2. Електрохімічні методи аналізу : навч. посіб. Харків. нац. ун-т міськ. госпва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 142 с.
2. Рубцов В. І. Потенціометричні методи дослідження розчинів : навчальний посібник / В. І. Рубцов. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 252 с.
3. Масленко С. Н., Величко В. В., Великонська Н. М., Перескока В. В. Аналітична хімія і методи аналізу: навч. посіб. – Дніпропетровськ : НМетАУ, 2011. – 162 с.

Додаткова:

1. Зінчук В. К., Левицька Г. Д., Дубенська Л. О. Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.
2. Смик Н. І. Сучасні електрохімічні методи аналізу. Основні поняття електрохімії. Електропровідність розчину. Методи, не пов'язані з протіканням фарадеевського струму. Навчально-методичний посібник для студентів хімічного факультету. Київ., 2020. - 45 с.

Дата

Підпис викладача

Лабораторне заняття №19

Тема: Модульна контрольна №3 «Електрохімічні методи аналізу»

Обсяг вимог визначається програмою

Рекомендована література

Основна:

1. Лобода В.Б., Іваній В.С., Хурсенкота С.М. ін. Сучасні методи дослідження структури речовини. Спеціальний фізичний практикум: навч. посіб.– Суми: Університетська книга, 2010. – 259 с.
2. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.
3. Francis Rouessac, Annick Rouessac Chemical analysis: modern instrumentation and methods and techniques /translated by Steve Brooks and Francis and Annick Rouessac. - 2nd ed. – 2007 by John Wiley & Sons Ltd, – 586 p.
4. Аналітична хімія та інструментальні методи аналізу: Навчальний посібник / Т.А. Пальчевська, А.П. Строкань, Г.В. Тарасенко та ін. - К.: КНУТД, 2013. - 237 с.
5. Практикум з аналітичної хімії. Інструментальні методи аналізу. [для студ. вищ. навч. закл.] / Студеняк Я.І., Воронич О.Г., Сухарева О.Ю., Фершал М.В., Базель Я.Р - Ужгород, 2014.- 129 с.
6. Бохан Ю.В. (у співавторстві) Хімічні методи аналізу. Теорія та практика (навчальний посібник з грифом МОН). Вид.ДНУ - Кіровоград, 2013. - 312 с.
7. Солтис М.М., Закордонський В.П. Математичне моделювання у хімії та хімічній технології : навч. посібник. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 328 с.
8. Іщенко О.В., Гайдай С.В., Беда О.А. Мас-спектрометрія (підручник). ВПЦ «Київський університет».- 2018 р. - 244 с.
9. Рубцов В. І. Потенціометричні методи дослідження розчинів : навчальний посібник / В. І. Рубцов. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 252 с.

Додаткова:

1. Корнілов М. Ю., Туров О. В., Борсдорф Р., Клейнпетер Е. Ядерний магнітний резонанс. – К.: Вища шк.. 1995. – 288 с
2. Фізичні методи дослідження органічних речовин: [Навч. посіб. для студ. пед. ун-тів] / Умрихіна Л.К., Єрупсанова Т.В.;

- Кіровоград. держ. пед. ун-т ім. Володимира Винниченка. – Кіровоград: КДПУ ім. В.Винниченка, 2002. – 101 с.
3. Воловенко Ю.М., Туров О.В. Ядерний магнітний резонанс. - Київ: ВТФ "Перун", 2007. - 480 с.
 4. Литвин Б.Л., Романюк А.Л. Фізичні методи дослідження органічних речовин: навч-метод. посіб. – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т. ім. В. Стефаника, 2003. – 118 с.
 5. Неділько С.А. Математичні методи в хімії. К: Либідь, 2005. – 256 с.
 6. Воловенко Ю.М., Туров О.В. Ядерний магнітний резонанс. - Київ: ВТФ "Перун", 2007. - 480 с.

Інтернет ресурси:

1. Бібліотека Житомирського державного університету імені Івана Франка [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://irbis.zu.edu.ua/cgi-bin/irbis64r_11/cgiirbis_64.exe
2. Бібліотека українських підручників [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://pidruchniki.ws/>
3. Державна науково-педагогічна бібліотека України ім. В. О. Сухомлинського. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: www.dnpg.gov.ua
4. Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського: режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>