

Житомирський державний університет імені Івана Франка
Факультет природничий
Кафедра хімії

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ
САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

Обов'язкової освітньої компоненти

Сорбційні методи в хімічному аналізі

Галузь знань
Спеціальність
Предметна спеціальність
Спеціалізація
Освітня програма
Факультет

10 Природничі науки, математика та статистика
102 Хімія
-
-
Хімія з основами викладання
Природничий

Автори:

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії

Ольга Кичкирук

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії

Наталія Кусяк

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії

Віталій Листван

Розглянуто та схвалено

на засіданні кафедри хімії

Протокол від «10» квітня 2025 р. № 22

Завідувач кафедри _____ Олена АНІЧКІНА

Житомир 2025

УДК 544.7
ББК 24

*Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного університету
імені Івана Франка
(протокол № 8 від 23.04.2025 р.)*

Рецензенти:

Старостенко Ольга - кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник
Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України

Кусяк Андрій – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник,
старший дослідник Інституту хімії поверхні ім.О.О.Чуйка НАН України

Чайка Микола – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії ЖДУ імені
Івана Франка

Кичкирук О.Ю., Кусяк Н.В., Листван В.В.

Методичні рекомендації до організації самостійної роботи обов'язкової освітньої
компоненти «Сорбційні методи в хімічному аналізі» / Кичкирук О.Ю., Кусяк Н.В.,
Листван В.В. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2025. – 21с.

Методичні рекомендації розроблені згідно робочої програми освітньої компоненти «Сорбційні
методи в хімічному аналізі». У виданні містяться короткі теоретичні відомості, контрольні
питання й задачі, рекомендації до виконання лабораторних занять та рекомендована навчальна
література.

© Кичкирук О.Ю. 2025

© Кусяк Н.В. 2025

© Листван В.В. 2025

© Житомирський державний
університет імені Івана Франка, 2025

ЗМІСТ

Модуль 1. Загальна характеристика, класифікація деяких важливих сорбційних матеріалів та процесів за їх участю

1	Завдання для самостійної роботи №1	Тема: <i>Поняття про сорбційні процеси, їх природа та класифікація</i>	стор. 3
2	Завдання для самостійної роботи №2	Тема: <i>Загальна характеристика неорганічних синтетичних та природних сорбентів</i>	стор. 4
3	Завдання для самостійної роботи №3	Тема: <i>Основні типи органічних сорбційних матеріалів. Іонообмінні смоли</i>	стор. 6
	Завдання до підсумкової модульної контрольної роботи № 1		стор. 8

Модуль 2. Застосування сорбційних методів в хімічному аналізі

4	Завдання для самостійної роботи №4	Тема: <i>Механізми процесів сорбції іонів та молекул із розчинів</i>	стор. 11
5	Завдання для самостійної роботи №5	Тема: <i>Модифікування поверхні адсорбентів</i>	стор. 12
6	Завдання для самостійної роботи №6	Тема: <i>Синтез нових композитних матеріалів на основі кремнеземних та інших матриць</i>	стор. 13
7	Завдання для самостійної роботи №7	Тема: <i>Застосування сорбційних матеріалів в хімічному аналізі</i>	стор. 14
	Завдання до підсумкової модульної контрольної роботи № 2		стор. 15
	Індивідуальні завдання		стор. 18
	Список рекомендованої літератури		стор. 20

Тема самостійної роботи: Поняття про сорбційні процеси, їх природа та класифікація (10 год)

Завдання для самостійної роботи:

1. Дати визначення терминам – основним поняттям предмету «Сорбційні методи в хімічному аналізі». Відповіді оформити у вигляді таблиці.
2. Підготувати реферат на одну із запропонованих тем.

Заповнити таблицю за зразком:

№ з/п	Назва терміну або поняття	Визначення терміну або поняття
1.	Сорбція	
2.	Абсорбція	
3.	Адсорбція	
4.	Десорбція	
5.	Адсорбент	
6.	Адсорбат	
7.	Пористі матеріали	
8.	Сорбційна ємність	
9.	Функціональні групи сорбентів	
10.	Нанопористі матеріали	
11.	Пористість	
12.	Питома поверхня	
13.	Площа поверхні	
14.	Ізотерма адсорбції	
14.	Типи ізотерм адсорбції	
15.	Коефіцієнт розподілу	
16.	Хімічна адсорбція	
17.	Фізична адсорбція	
18.	Полімолекулярна адсорбція	
19.	Капілярна конденсація	
20.	Поверхневі явища	

Теми для рефератів

1. Розрахунки сорбційної ємності за ізотермою Ленгмюра
2. Метод вимірювання площі поверхні за методом Брунера, Еммета та Теллера (БЕТ)
3. Особливості поглинання парів поруватими матеріалами, на прикладі азоту
4. Властивості популярних сорбентів та їх застосування
5. Метод вимірювання площі поверхні полімолекулярної адсорбції
6. Теорія мономолекулярної адсорбції
7. Теорія об'ємного заповнення мікроскопічних пор
8. Методи визначення параметрів діаметру пор
9. Методи визначення параметрів площі пор
10. Визначення параметрів мезопор
11. Визначення параметрів макропор
12. Суть сорбції із газових середовищ
13. Суть сорбції із рідинних середовищ
14. Характеристика фундаментального рівняння адсорбції
15. Відмінність фізичної та хімічної адсорбції
16. Основні поняття і терміни хімічної адсорбції
17. Основні поняття і терміни фізичної адсорбції

Методичні рекомендації до виконання завдань самостійної роботи

- Кожен студент має заповнити таблицю та підготувати письмову відповідь на тему реферату, яка відповідає номеру його списку в групі.

- Під час виконання завдань для самостійного опрацювання ви можете звернутися до викладача за консультацією. Час проведення консультацій визначається викладачем і повідомляється студентам.

- Теми, що передбачаються для повного самостійного опрацювання, а також індивідуальні завдання студент зобов'язаний подати викладачу під час консультації. Дату та час консультації оголошує викладач.

Алгоритм підготовки реферату

- Ознайомтеся з обраною темою реферату. Підберіть відповідні джерела інформації, у яких розкривається зміст теми. Для пошуку літератури можна скористатися бібліотечними каталогами: алфавітним, предметним або систематичним.
- Складіть структуру (план) реферату. Опрацюйте знайдену літературу, використовуючи рекомендації щодо конспектування джерел.
- Узагальніть та впорядкуйте зібраний матеріал відповідно до складеного плану.
- Дайте власний аналіз і критичну оцінку порушеної у рефераті проблеми.
- Оформіть роботу згідно з установленими вимогами.
- Подайте готовий реферат викладачу у визначений строк.

Критерії оцінювання здобувача вищої освіти

Вид завдань	Кількість завдань	Кількість балів
Визначення терміну або поняття	20	0-60
Підготовка реферату	1	0-40
Всього	21	0-100

Рекомендована література

1. Яцимирський В.К., Павленко В.О., Савченко І.О. та ін. Хімія. Підручник. – К.: Ірпінськ: Перун. - 2010 - 432 с.
2. Костенко Л.С., Зайцев В.М. Кремнеземи, функціоналізовані похідними амінофосфонові кислоти // Український хімічний журнал. — 2009. — Т. 75, № 10. — С. 83-90.
3. Іваненко І.М., Донцова Т.А., Феденко Ю.М. Адсорбція, адсорбенти і каталізатори на їх основі.- Київ: КІП ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 232 с.

Інтернет-джерела

1. *Властивості популярних сорбентів та їх застосування»*
<https://www.youtube.com/watch?v=cAyS8wabNas>

Тема самостійної роботи: Загальна характеристика неорганічних синтетичних та природних сорбентів (12 год)

Завдання для самостійної роботи

1. Дати визначення термінам — основним поняттям предмету «Сорбційні методи в хімічному аналізі». Відповіді оформити у вигляді таблиці.
2. Підготувати відповіді на теоретичні питання..

Заповнити таблицю за зразком:

№ з/п	Назва терміну або поняття	Визначення терміну або поняття
1.	<i>Природні цеоліти</i>	
2.	<i>Сапоніт</i>	
3.	<i>Кліноптилоліт</i>	
4.	<i>Вермикуліт</i>	
5.	<i>Бентоніт</i>	
6.	<i>Кремнеземи</i>	
7.	<i>Класифікація кремнеземів за розмірами пор</i>	
8.	<i>Активоване вугілля</i>	
9.	<i>Поверхнево-активні речовини</i>	
10.	<i>Поверхнева активність</i>	

11.	Гідрофобні матеріали	
12.	Ліофобні матеріали	
13.	Суспензія	
14.	Емульсія	
15.	Аерозоль	
16.	Піна	
17.	Порошок	
18.	Гетерогенні системи	
19.	Гомогенні системи	
20.	Поверхневі явища	

Теоретичні питання

1. Методи синтезу активованого вугілля.
2. Сировина для отримання активованого вугілля.
3. Поняття про поверхнево-активні речовини. Приклади їх використання
4. Поняття про поверхневу активність. Зв'язок цієї величини з адсорбцією.
5. Роль адсорбції в хімічних дослідженнях
6. Роль адсорбції в техніці
7. Роль адсорбції в біологічних процесах
8. Фізичні та хімічні характеристики сапоніту
9. Фізичні та хімічні характеристики вермикуліту
10. Фізичні та хімічні характеристики кремнезему
11. Фізичні та хімічні характеристики силікагелю
12. Фізичні та хімічні характеристики аеросилу
13. Фізичні та хімічні характеристики бентоніту
14. Фізичні та хімічні характеристики кліноптилоліту
15. Поняття про дисперсні системи
16. Поняття про колоїдні розчини
17. Електричні властивості колоїдних розчинів
18. Геометричні параметри природних мінералів
19. Геометричні параметри кремнеземів
20. Методи отримання та стійкість колоїдних розчинів

Методичні рекомендації до виконання завдань самостійної роботи

- Кожен студент має заповнити таблицю та підготувати письмову відповідь на тему реферату, яка відповідає номеру його списку в групі.

- Під час виконання завдань для самостійного опрацювання ви можете звернутися до викладача за консультацією. Час проведення консультацій визначається викладачем і повідомляється студентам.

- Теми, що передбачаються для повного самостійного опрацювання, а також індивідуальні завдання студент зобов'язаний подати викладачу під час консультації. Дату та час консультації оголошує викладач.

Алгоритм підготовки відповідей на теоретичні питання

- Ознайомтеся з переліком теоретичних питань. Зверніть увагу на формулювання — зрозумійте, які поняття, терміни та процеси необхідно пояснити.

- Підберіть навчальну літературу. Використовуйте підручники, методичні посібники, лекційні матеріали та наукові статті. За потреби скористайтеся електронними ресурсами та науковими базами.

- Виділіть ключові поняття та визначення. Чітко визначте основні терміни, які є базовими для розкриття питання.

- Структуруйте відповідь. Відповідь має складатися з трьох частин:

- коротке вступне речення (розкриття суті питання);
- основна частина (теоретичні положення, визначення, класифікації, приклади);
- висновок (узагальнення та формулювання основної ідеї відповіді).

- Пояснюйте матеріал своїми словами. Уникайте бездумного переписування з підручника. Пояснюйте зміст зрозуміло, логічно, з урахуванням особистого розуміння.
- Наводьте приклади.
- Слідкуйте за обсягом відповіді. Відповідь має бути змістовною, але лаконічною.
- Використовуйте чітку та грамотну мову. Дотримуйтеся норм орфографії, пунктуації та наукового стилю викладу.

Критерії оцінювання здобувача вищої освіти

Вид завдань	Кількість завдань	Кількість балів
Визначення терміну або поняття	20	0-60
Відповідь на теоретичне питання	1	0-40
Всього	21	0-100

Рекомендована література

1. Яцимирський В.К., Павленко В.О., Савченко І.О. та ін. Хімія. Підручник. – К.: Ірпін: Перун. - 2010 - 432 с.
2. Костенко Л.С., Зайцев В.М. Кремнеземи, функціоналізовані похідними амінофосфонові кислоти // Український хімічний журнал. — 2009. — Т. 75, № 10. — С. 83-90.
3. Іваненко І. М. Теоретичні основи, технологія і обладнання адсорбційних процесів. Розділ 1. Промислові адсорбенти, їх властивості і застосування. - Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2017. – 37 с.
4. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29416/1/MV_PZ_TO%2CCTOAP.pdf
5. Федорченко С. В. Хроматографічні методи аналізу. - Івано-Франківськ : Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаника. - 2012. – 146 с.
6. Яновська Е. С., Кузовенко В. А., Кичирук О. Ю., Тьортих В. А. Сорбційні властивості силікагелю з ковалентно закріпленим 1-(2-піридилазо)-2-нафтолом щодо іонів токсичних металів http://eprints.zu.edu.ua/16862/1/09_yanovska_es.PDF
7. Верба В. В., Запорожець О. Л., Сухан В. В., Кравченко С. М., Грушко І. А. Твердофазний аналітичний реагент для визначення Бісмуту(III) та молібдену(VI) у вигляді тіоціанатних комплексів
8. http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/8571/verba_vv.pdf
9. Рева Т., Зайцев В., Трохименко О., Сорбційна здатність кремнеземів з прищепленими комплексоутворюючими групами до іонів Zn(II), Hg(II), Fe(III), Cu(II), Cd(II) та Pb(II)
10. http://visnyk.chem.univ.kiev.ua/arhiv/2010/48/vknyx_2010_48_9.pdf
11. <https://studfile.net/preview/2276603/#6> <https://studfile.net/preview/2276603/#6>
12. <http://science.lpnu.ua/uk/keywords-paper/sorbciya-0>
13. Галиш В.В. Сорбційне вилучення іонів цезію з водних розчинів <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/16141/1/1.pdf>

Тема самостійної роботи: Основні типи органічних сорбційних матеріалів. Іонообмінні смоли.
(13 год)

Завдання для самостійної роботи

1. Пройти тестові завдання у гугл формі за посиланням <https://forms.gle/E9Cz2QU5poGmuiq79>
2. Підготувати відповідь на теоретичні питання.

Приклади тестових завдань

1. При проведенні катіонної іонообмінної хроматографії затримуються:
 - а) позитивно заряджені катіони
 - б) негативно заряджені аніони
 - в) аніони і катіони
 - г) нейтральні молекули
2. при проведенні аніонної іонообмінної хроматографії затримуються:
 - а) позитивно заряджені катіони
 - б) негативно заряджені аніони
 - в) аніони і катіони
 - г) нейтральні молекули

3. Катіоніти – це а) іоніти, у яких іоногенні протиіонами є катіони б) іоніти, у яких іоногенні протиіонами є аніони в) матеріал, який повинен обмінюватись на аніони електроліту г) матеріал, який поглинає молекули з розчину
4. Яка схема описує процес із використанням аніоніту: а) $R-SO_3^-H^+ + Na^+ \leftrightarrow R-SO_3^-Na^+ + H^+$ б) $R-NH_4^+OH^- + Cl^- \leftrightarrow R-NH_4^+Cl^- + OH^-$ в) $NH_3 + OH^- \leftrightarrow NH_4OH$ г) $SO_4^{2-} + Na^+ \leftrightarrow Na_2SO_4$
5. Яким способом можна регенерувати катіоніт: а) пропустити крізь нього хлоридну кислоту б) пропустити крізь нього луг в) промити водою г) пропустити крізь нього розчин соди
6. Оберіть послідовність процесів які відбуваються за участю іонообмінної смоли а) дифузія іонів всередині гранули б) дифузія іонів розчину до поверхні гранули в) протікання реакції іонного обміну г) дифузія протиіону від поверхні в розчин

Приклади задач

7. Для визначення обмінної ємності катіоніту, що знаходиться в Ca^{2+} -формі, до наважки його масою 2,000 г додали 25,0 мл 0,1000 М розчину натрій гідроксиду. На титрування залишку NaOH після встановлення рівноваги витрачено стандартний розчин хлоридної кислоти об'ємом 15,7 мл ($C_{(HCl)} = 0,0800$ моль/л). Визначити статичну обмінну ємність катіоніту (у ммоль/г).
8. Крізь колонку, заповнену катіонітом масою 6,00 г пропустили 250 мл розчину цинк сульфату з молярною концентрацією 0,05000 моль екв/л. Вимивали іони Zn^{2+} порціями по 50,0 мл. В кожній порції визначали вміст іонів Цинк(II) титруванням Трилоном Б. Отримали наступні результати:

молярна концентрація розчину Zn^{2+} моль екв/л	Номер порції елюату, 50 мл
0,008000	I
0,02900	II
0,03800	III
0,05000	IV
0,05000	V

Визначити повну динамічну обмінну ємність катіоніту (в ммоль екв/г), враховуючи фактор еквівалентності іона Zn^{2+} в реакції іонного обміну рівним 1/2.

Розв'язок: Суть іонного обміну на катіоніті відбувається згідно рівняння: $2RSO_3H + ZnSO_4 \rightleftharpoons (RSO_3)_2Zn + H_2SO_4$.

Розраховуємо кількість речовини еквівалента Zn^{2+} (фекв = 1/2), яка поглинається катіонітом з кожної порції розчину об'ємом 50,0 мл:

- I. $n_{екв}(Zn^{2+}) = (0,05000 - 0,008000) \cdot 50,0 = 2,10$ ммоль екв. II. $n_{екв}(Zn^{2+}) = (0,05000 - 0,02900) \cdot 50,0 = 1,05$ ммоль екв. III. $n_{екв}(Zn^{2+}) = (0,05000 - 0,03800) \cdot 50,0 = 0,6$ ммоль екв. IV. $n_{екв}(Zn^{2+}) = 0$ ммоль екв. V. $n_{екв}(Zn^{2+}) = 0$ ммоль екв.

Обраховуємо загальну кількість речовини еквіваленту Zn^{2+} , яка поглинена 6,00 г катіоніту:

$$\Sigma n_{екв}(Zn^{2+}) = 2,10 + 1,05 + 0,6 = 3,25 \text{ ммоль.}$$

Визначаємо повну динамічну обмінну ємність катіоніту: ПДОЄ = $3,25/6 = 0,54$ ммоль екв Zn^{2+} .

Відповідь: ПДОЄ = 0,54 ммоль екв Zn^{2+} на 1 г катіоніту

Теоретичні питання

1. Суть іонного обміну.
2. Загальні характеристики та типи іонітів.
3. Техніка виконання іонообмінної хроматографії: умови досліджень, підготовка іонітів різної природи.
4. Хімічні процеси, що відбуваються під час іонного обміну на катіонітах та аніонітах
5. Поняття про адсорбційна ємність іонообмінників.
6. Техніка елювання речовин з іонообмінників.
7. Визначення практичної обмінної ємності іоніту в статичних умовах (СОЄ)
8. Хімічні процеси, що відбуваються в процесі іонного обміну на катіоніті
9. Хімічні процеси, що відбуваються в процесі іонного обміну на аніоніті
10. Фізико-механічні і фізико-хімічні властивості іонітів

Методичні рекомендації до виконання завдань самостійної роботи

- Ознайомтеся з переліком питань і завдань, передбачених до вивчення теми.

- Підберіть необхідні джерела інформації: підручники, методичні матеріали, довідкову літературу. Їх список ви можете знайти в інструктивно-методичних матеріалах до відповідного модуля або курсу.
- Перегляньте зміст кожного питання, опираючись на власні конспекти, підручники чи інші навчальні матеріали.
- Оцініть рівень власних знань з кожного питання.
- Визначте теми, які потребують додаткового опрацювання. Для цього скористайтесь алгоритмом підготовки до семінарських занять або виконання практичних завдань до лабораторних робіт. За потреби підготуйте короткі конспекти; складіть опорні схеми; виконайте типові задачі чи вправи.
- Для самоперевірки спробуйте усно переказати вивчені теоретичні питання або самостійно розв'язати практичне завдання.

Критерії оцінювання здобувача вищої освіти

Вид завдань	Кількість завдань	Кількість балів
Тестові питання з однією правильною відповіддю	14	0-70
Задача	3	0-30
Всього	17	0-100

Рекомендована література

1. Іонний обмін та іонообмінна хроматографія / В. О. Мінаєва. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. – 128 с.
2. Лисенко О.М., Набиванець Б.Й. Вступ до хроматографічного аналізу: навч. посіб. – К.: Корвін-прес, 2005. – 187 с
3. https://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Kafedry/biofiziki/Library/ion-chrom_lek3.pdf
4. <https://ecosoft.ua/ua/blog/ionoobmennyye-tekhnologii/>
5. Лекція №3. Тема: «Іонообмінна хроматографія»
https://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Kafedry/biofiziki/Library/ion-chrom_lek3.pdf
https://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Kafedry/biofiziki/Library/metod_chrom-ion_3k.pdf

Завдання до підсумкової модульної контрольної роботи № 1.

Загальна характеристика, класифікація деяких важливих сорбційних матеріалів та процесів за їх участю

1. Пройти тести за посиланням <https://forms.gle/w4nKRAisoNEJtgEA>
2. Виконати завдання згідно даних наведених у таблиці

Варіант	Номер завдання	Варіант	Номер завдання
1	1,21	11	11,31
2	2,22	12	12,32
3	3,23	13	13,33
4	4,24	14	14,35
5	5,25	15	15,21
6	6,26	16	16,22
7	7,27	17	17,23
8	8,28	18	18,24
9	9,29	19	19,25
10	10,30	20	20,35

І. Дати визначення термінам

№з/п	Термін	№з/п	Термін
1	Іонний обмін	11	Матриця смоли
2	Катіоніти	12	Іонообмінні смоли
3	Аніоніти	13	Бентонітові глини

4	Амфоліти	14	Регенерація катіоніту
5	Іонообмінник	15	Регенерація аніоніту
6	Протиіони	16	Сапонітова глина
7	Силоксанові групи	17	Вермикуліт
8	Силанольні групи	18	Кремнеземна матриця
9	Катіонообмінник	19	Мінеральні іонообмінні матеріали
10	Аніонообмінник	20	Питома поверхня

II. Розв'язати задачу

21. Через колонку з катіонітом в H^+ -формі пропустили $20,00 \text{ см}^3$ розчину KCl . На титрування елюату витрачено стандартний розчин натрій гідроксиду об'ємом $15,00 \text{ см}^3$ ($C_{(NaOH)} = 0,1000 \text{ моль/дм}^3$). Розрахувати масу KCl в розчині, що аналізується (в мг).

22. До $100,0 \text{ см}^3$ розчину цинк нітрату з молярною концентрацією еквівалента речовини $Zn(NO_3)_2$ $0,05000 \text{ моль/дм}^3$ ($f_{екв}(Zn^{2+}) = 1/2$) додали $10,00 \text{ г}$ сухого катіоніту в H^+ формі. Після встановлення рівноваги молярна концентрація речовини еквівалента $Zn(NO_3)_2$ зменшилась до $0,006000 \text{ моль/дм}^3$. Визначити статичну обмінну ємність катіоніту в ммоль екв/г.

23. На підставі досліджених даних графічним методом розрахувати константи Γ_∞ та b в рівняннях Ленгмюра для адсорбції мурашиної кислоти з водного розчину вугіллям: Γ , моль/кг $0,124 \ 0,186 \ 0,238 \ 0,267$ Рівноважна молярна концентрація, моль/л $0,002 \ 0,005 \ 0,014 \ 0,055$.

24. Побудувати графік ізотерми адсорбції в координатах $x/m - c$, використовуючи експериментальні дані, отримані при вивченні адсорбції оцтової кислоти вугіллям при $25^\circ C$. Визначте константи рівняння за Фрейндліхом

c , моль/см ³	0,018	0,031	0,062	0,126	0,268	0,471
x/m	0,467	0,624	0,801	1,11	1,55	2,04

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

Рівноважний тиск $p \cdot 10^2$, Па	10,0	44,8	100,0	144,0	250,0	452
Величина адсорбції Γ , моль/кг	0,734	1,516	2,186	2,664	3,295	4,023

26. До $50,0 \text{ мл}$ розчину $Cd(NO_3)_2$ з молярною концентрацією еквівалента $Cd(NO_3)_2$ $0,05000 \text{ мольекв/л}$ додали $3,000 \text{ г}$ сухого катіоніту в H^+ -формі. Після встановлення рівноваги молярна концентрація еквівалента речовини $Cd(NO_3)_2$ зменшилась до $0,003000 \text{ моль екв/л}$. Визначити статичну обмінну ємність катіоніту.

27. До $75,0 \text{ мл}$ розчину $Ni(NO_3)_2$ з молярною концентрацією еквівалента $Ni(NO_3)_2$ $0,05000 \text{ мольекв/л}$ додали $5,000 \text{ г}$ сухого катіоніту в H^+ -формі. Після встановлення рівноваги молярна концентрація еквівалента речовини $Ni(NO_3)_2$ зменшилась до $0,008000 \text{ мольекв/л}$. Визначити статичну обмінну ємність катіоніту.

28. Через колонку, яка заповнена катіонітом масою $10,00 \text{ г}$ (в розрахунку на абсолютно сухий катіоніт) пропустили $250,0 \text{ мл}$ розчину $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ з молярною концентрацією еквіаалента речовини $0,08000 \text{ моль екв/л}$. Елюат збирали порціями по $50,0 \text{ мл}$. В кожній порції визначали вміст іонів Купруму титруванням розчином натрій тіосульфату з молярною концентрацією речовини $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ $0,1000 \text{ моль екв/л}$ і отримали наступні результати:

Порції розчину	1	2	3	4	5
$V(Na_2S_2O_3)$, мл	0,0	12,0	25,0	40,0	40,0

Розрахувати повну динамічну обмінну ємність катіоніту.

29. Яка маса кобальту (II) залишиться в розчині об'ємом 1 л , якщо через колонку, яка заповнена $5,0 \text{ г}$ катіоніту в H^+ -формі пропустили 200 мл розчину $CoSO_4$ з молярною

концентрацією речовини еквівалента 0,05000 моль екв/л. Повна динамічна обмінна ємність катіоніту дорівнює 1,6 ммоль екв Co^{2+} /г.

30. Для визначення обмінної ємності катіоніту, що знаходиться в Ca^{2+} -формі, до наважки його масою 2,000 г додали 25,0 мл розчину натрій гідроксиду з молярною концентрацією речовини NaOH 0,1000 моль/л. На титрування залишку NaOH після встановлення рівноваги витрачено стандартний розчин хлоридної кислоти об'ємом 15,7 мл $C_{\text{екв}}(\text{HCl}) = 0,0800$ моль екв/л). Визначити статичну обмінну ємність катіоніту.

31. Яка маса іонів Ni^{2+} залишиться в розчині, якщо через колонку, яка містить 10,00 г катіоніту, пропустити 500 мл розчину солі Нікелю з молярною концентрацією еквівалента речовини 0,05000 моль екв/л. Повна динамічна обмінна ємність катіоніту в даних умовах дорівнює 1,4 ммоль екв Ni^{2+} /г.

32. Компонент має $D_s = 8,4$. Знайти VR цього компонента на іонообмінній колонці, якщо $V_s = 1,5$ мл, $V_m = 1,5$ мл. Який час елюювання компонента до моменту досягнення його максимальної концентрації, якщо швидкість протікання елюента дорівнює 2,0 мл/хв?

33. Через колонку, яка заповнена катіонітом масою 5,000 г (в розрахунку на абсолютно сухий катіоніт) пропустили 500,0 мл розчину $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Елюат збирали порціями по 50,0 мл. В кожній порції визначали вміст іонів Купруму титруванням розчином натрій тіосульфату з молярною концентрацією речовини $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,02000 моль екв/л. Перші дві порції елюату не містили іонів Cu^{2+} . На титрування 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9 і 10 порцій витрачено відповідно 5,0; 12,0; 17,6; 20,0; 26,2; 30,5; 39,2 і 39,22 мл розчину натрій тіосульфату. Побудувати вихідну хроматограму в координатах: кількість речовини еквівалента Cu^{2+} (ммоль екв) в кожних 50 мл елюату – об'єм елюату (мл) та розрахувати ДОС і ПДОС катіоніту.

34. До 100,0 мл розчину цинк нітрату з молярною концентрацією речовини еквівалента $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 0,05000 моль екв/л додали 10,00 г сухого катіоніту в H^+ -формі. Після встановлення рівноваги молярна концентрація речовини еквівалента $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ зменшилась до 0,006000 моль екв/л. Визначити статичну обмінну ємність катіоніту.

35. Наважку зразку масою 2,000 г, що містить натрій нітрат і різні органічні речовини в молекулярній формі, розчинили в 100,0 мл води. 10,00 мл отриманого розчину пропускають через колонку, яка містить катіоніт в H^+ -формі. На титрування елюату витрачено стандартний розчин натрій гідроксиду об'ємом 15,00 мл $C_{\text{екв}}(\text{NaOH}) = 0,1110$ моль екв/л). Розрахувати масову частку натрій нітрату у зразку.

Критерії оцінювання здобувача вищої освіти

Вид завдань	Кількість завдань	Кількість балів
Тестові питання з однією правильною відповіддю	20	0-70
Задача	1	25
Визначення терміну	1	5
Всього	22	0-100

Модуль 2. Застосування сорбційних методів в хімічному аналізі

Тема самостійної роботи: *Механізми процесів сорбції іонів та молекул із розчинів* (9 год)

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацювати наукову публікацію із переліку рекомендованої літератури і презентувати власне бачення даної теми

Методичні рекомендації до виконання завдань самостійної роботи

- Оберіть наукову публікацію з рекомендованого списку. Враховуйте актуальність, обсяг матеріалу та рівень вашої підготовки з теми.
- Уважно прочитайте текст публікації. Зверніть увагу на головні тези, наукові підходи, методологію дослідження, висновки автора.
- Випишіть ключові поняття, ідеї та аргументи. Виділіть основні положення, які розкривають суть теми, а також цікаві або суперечливі моменти.
- Проведіть короткий аналіз прочитаного. Визначте: які проблеми порушує автор; наскільки глибоко розкрита тема; чи є спірні твердження; наскільки ця публікація допомогла вам зрозуміти тему.
- Сформулюйте власне бачення теми. Висловіть свою точку зору, підкріпивши її аргументами. Ви можете: підтримати думку автора; доповнити її власними прикладами; запропонувати альтернативний підхід або розв'язання проблеми.
- Оформіть коротку презентацію або доповідь. У ній варто зазначити: повну назву публікації та автора; короткий зміст прочитаного; основні ідеї; вашу оцінку та бачення теми.
- Підготуйтеся до виступу або обговорення. Продумайте відповіді на можливі запитання щодо публікації чи вашої позиції.

Критерії оцінювання здобувача вищої освіти

Критерій оцінювання	Кількість балів
Глибина розкриття теми	0-40
Оформлення презентації	0-40
Захист презентації	0-20
Всього	0-100

Рекомендована література

1. Хлинцева С.В., Вишнікін А.Б. Іонообмінне розділення поліфосфатів та їх комплексних сполук з Zn(II). Методи та об'єкти хімічного аналізу, 2009, т. 4, № 2, С. 139–144.
2. Пономаренко О.М., Сукач В.В., Самчук А.І., Красюк О.П., Огар, Т.В., Коваленко О.О. Особливості розподілу рідкісноземельних елементів в базит-ультрабазитах Середньопридніпровського мегаблоку Українського щита. Геохім. та рудоутв. 2014. Вип. 34 с. 26-33
3. Грабітченко В.М., Трус І. М., Гомеля, М. Д. Розділення сульфатів і нітратів під час іонообмінного знесолення води. Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, 2014, № 2, 72–76.
4. Макаренко І. М., Трус І. М., Грабітченко В. М. Іонообмінне знесолення та пом'якшення вод із підвищеними рівнями мінералізації та жорсткості. Праці Одеського політехнічного університету, 2014
5. Гомеля М. Д. Оцінка впливу хлоридів на іонообмінне очищення води від нітратів. Екологія и промисленность. – 2015. – № 1, 45. – С. 61-65.
6. Гомеля М.Д., Трус І.М., Петриченко А.І., Грабітченко В.М. Іонообмінне знесолення високомінералізованих вод Збірка тез доповідей XVII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство». м. Київ, Україна, 2014 р. С.86
7. Грабітченко В.М. Комплексна переробка високомінералізованих стоків в екологічно безпечному промисловому водоспоживанні <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/8e94ea47-a142-4ca5-8887-0f50f294b502/content>

8. Сухарева А.С., Трохименко Г.Г., Гомеля М.Д. [Електрохімічне розділення міді й цинку в процесі іонообмінного очищення води](#) Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування, 2017.
9. Методи очищення води для питнього та промислового водопостачання. <https://www.slideshare.net/slideshow/ss-77144168/77144168#1>
10. Іваненко І.М., Донцова Т.А., Феденко Ю.М. Адсорбція, адсорбенти і каталізатори на їх основі. КПІ ім. Ігоря Сікорського – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 232 с. <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29419/1/Adsorbsia-adsorbenty-i-katalizatory-na-yikh-osnovi.pdf>

Тема самостійної роботи: Модифікування поверхні адсорбентів

Завдання для самостійної роботи

Опрацювати теоретичні питання

1. З якою метою використовують різноманітні прийоми модифікації поверхні сорбентів?
2. Чим обумовлено інтерес щодо використання модифікованих високодисперсних кремнеземів у практиці тест-методів аналізу?
3. Наведіть структурну формулу 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолу. Опишіть його фізичні і хімічні властивості.
4. У чому складаються особливості закріплення 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолу на поверхні силікагелю? Вкажіть при яких саме умовах відбувається модифікування поверхні сорбенту.
5. Які іони здатні утворювати комплексні сполуки з 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолом у розчині складу 1:2 при $pH \leq 4$. Наведіть ймовірні хімічні реакції.
6. Які іони здатні утворювати комплексні сполуки з 4-(2-піридилазо)резорцином? Вкажіть умови взаємодії. Наведіть ймовірні хімічні реакції.
7. Наведіть структурну формулу 4-(2-піридилазо)резорцину. Опишіть його фізичні і хімічні властивості.
8. Теорія методу кольорометрії. Її використання в тест-методах аналізу речовин.
9. Розчинники у паперовій хроматографії. Метод обернених фаз
10. Одновимірна та двовимірна хроматографія. Приклади застосування в аналізі
11. Радіальна хроматографія. Приклади застосування в аналізі
12. Суть електрофоретичної хроматографії.
13. Тонкошарова хроматографія та використання в якісному і кількісному аналізі
14. Приклади застосування афінної хроматографії.
15. Методи застосування паперової хроматографії в медичній практиці
16. Методи застосування паперової хроматографії в фармації
17. Методи застосування паперової хроматографії в біології

Методичні рекомендації до виконання завдань самостійної роботи

- Ознайомтеся з переліком питань і завдань, передбачених до вивчення теми.
- Підберіть необхідні джерела інформації: підручники, методичні матеріали, довідкову літературу. Їх список ви можете знайти в інструктивно-методичних матеріалах до відповідного модуля або курсу.
- Перегляньте зміст кожного питання, опираючись на власні конспекти, підручники чи інші навчальні матеріали.
- Оцініть рівень власних знань з кожного питання.
- Визначте теми, які потребують додаткового опрацювання. Для цього скористайтесь алгоритмом підготовки до семінарських занять або виконання практичних завдань до лабораторних робіт. За потреби підготуйте короткі конспекти; складіть опорні схеми; виконайте типові задачі чи вправи.
- Для самоперевірки спробуйте усно переказати вивчені теоретичні питання або самостійно розв'язати практичне завдання.

Критерії оцінювання здобувача вищої освіти

Критерій оцінювання	Кількість балів
Глибина розкриття теми	0-60
Відповіді на питання	0-20
Обговорення та дискусія	0-20
Всього	0-100

Рекомендована література

1. Мінаєва В.О. Методи концентрування неорганічних речовин. Навч.-мет. посібник. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького. - 2014. – 313 с.
2. Антал І.П., Базель Я.Р., Кормош Ж.О. Методи розділення та концентрування речовин в аналізі. - Луцьк: Східноєвропейський нац.ун-т ім. Лесі Українки. - 2015. - 300 с.

Тема самостійної роботи: *Синтез нових композитних матеріалів на основі кремнеземних та інших матриць (10 год)*

Завдання для самостійної роботи

Виконати експериментальне завдання на тему «Фізичне просочення будь якого сорбенту хімічним реагентом».

Методичні рекомендації до виконання завдань самостійної роботи

- Вивчити теоретичні відомості з даної тематики. Описати у вигляді коротких тез із посиланнями на літературні джерела.
- Підготувати опис реагентів і матеріалів. Приготувати розчини, необхідні для виконання експерименту.
- Виконати експеримент фізичного модифікування поверхні неорганічних матеріалів (силікагель, вугілля, алюміній оксид, природна глина) будь яким модифікатором (органічний або неорганічний реагент) та описати методику,
- Виконати експеримент промивання неорганічного матеріалу від модифікатора.
- Зробити висновки.

Тема самостійної роботи: *Застосування сорбційних матеріалів в хімічному аналізі (9 год)*

Завдання для самостійної роботи

Підготувати проєкт на одну із наступних тем

1. Класифікація, хімічний склад і вимоги до сорбентів екологічного призначення.
2. Сорбційні методи ліквідації нафтових виливів з використанням різних видів сорбентів.
3. Механізми дії сорбентів екологічного призначення.
4. Сучасні методи синтезу сорбентів.
5. Використання сорбентів екологічного призначення.
6. Технологічні основи сорбційного очищення водних стоків. Головні сорбенти та способи їх регенерації.
7. Сорбційні методи очистки газових викидів підприємств і виробництв.
8. Історія та приклади застосування сорбентів в медицині.
9. Ентеросорбенти на основі природних матеріалів. Механізми дії ентеросорбентів.
10. Сорбційно-детоксикаційна дія вуглецевих сорбентів.
11. Методи одержання та фізико-хімічні властивості вуглецевих ентеросорбентів.
12. Ентеросорбенти на основі діоксиду кремнію та органосилоксанів.
13. Ентеросорбенти на основі алюмосилікатних та глинистих матеріалів.
14. Ентеросорбенти на основі біополімерів та синтетичних органічних полімерів.
15. Поняття про гемосорбцію. Гемосорбенти.
16. Адсорбційна терапія та її перспективи розвитку.

Методичні рекомендації до виконання завдань самостійної роботи

- Виберіть одну з тем, запропонованих викладачем. Враховуйте свої інтереси, попередні знання та доступність джерел інформації.
- Сформулюйте, яку проблему ви будете розкривати, що плануєте дослідити, проаналізувати або запропонувати.
- Складіть план проєкту. План має містити основні розділи роботи (наприклад: вступ, теоретична частина, практична частина, висновки, список джерел).
- Підберіть інформаційні джерела. Використовуйте рекомендовану літературу, наукові статті, підручники, статистичні дані, нормативні документи та інші достовірні матеріали.
- Опрацюйте зібраний матеріал. Відіберіть найважливіші дані, факти, ідеї, які допоможуть вам розкрити тему.
- Розробіть практичну частину проєкту (за потреби). Це може бути аналіз конкретного прикладу, розв'язання проблемної ситуації, підготовка графіків, таблиць, схем, пропозицій або проєктних рішень.
- Зробіть висновки. Узагальніть результати роботи, підкресліть значення проведеного дослідження, вкажіть можливі шляхи подальшого вивчення теми.
- Оформіть проєкт відповідно до вимог. Дотримуйтесь правил оформлення: структура, шрифт, інтервал, наявність титульної сторінки, списку використаних джерел.
- Підготуйте коротку презентацію проєкту (за потреби). Стисло викладіть основні результати своєї роботи, виділіть ключові ідеї.
- Здайте готовий проєкт у визначений термін. Додатково підготуйтеся до його захисту та відповіді на можливі запитання викладача або групи.

Критерії оцінювання здобувача вищої освіти

Критерій оцінювання	Кількість балів
Глибина розкриття теми	0-40
Оформлення презентації	0-40
Захист презентації	0-20
Всього	0-100

Рекомендована література

1. Сабадаш В.В. Теоретичні основи сорбційних процесів на природних та синтетичних сорбентах. Львів. 2019. 472 с.
2. Адсорбція, адсорбенти і каталізатори на їх основі [Електронний ресурс] І.М. Іваненко, Т.А. Донцова, Ю.М. Феденко; КПП ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2018. 232 с.
3. Жданюк Н.В. Розробка сорбентів на основі модифікованих глин для захисту вод від неорганічних токсикантів. Рукопис. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ. Національний авіаційний університет, Київ, 2019.
4. Антал І.П., Базель Я.Р., Кормош Ж.О. Методи розділення та концентрування речовин в аналізі. Луцьк: Східноєвропейський нац. ун-т ім. Лесі Українки. 2015. 300 с.
5. Атаманюк В. Ю., Трачевський В. В. Сорбційні та іонообмінні методи вилучення бору з природних та стічних вод (огляд) наукові записки. Том 20. Хімічні науки і технології.

Інтернет-джерела

1. Екологічні аспекти зниження токсичності відходів <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologichni-aspekti-znizhennya-toksichnosti-vidhodiv>
2. Екологічні аспекти утилізації осадів стічних вод <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/17-1.pdf>
3. Екологічні аспекти відновлення довкілля: нанотехнології видалення з води мікро- та нанопластиків <http://www.dovkil-zdorov.kiev.ua/env/109-0060.pdf>
4. Використання гелевої моделі для дослідження кінетики адсорбції прямих барвників із стічних вод природними сорбентами [https://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2013-2\(79\)/129.pdf](https://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2013-2(79)/129.pdf)

5. Застосування сорбційних матеріалів на основі золи виносу тес у процесах кондиціонування високомінералізованих стічних вод <http://sj.dstu.dp.ua/article/view/279208>
6. Дослідження способів одержання та оцінки сорбційних властивостей сорбентів на основі відходів виробництва кави <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ec226140-c377-44fd-b2c4-f0dd69cf5fce/content>
7. Використання природних та абсорбтивних субстанцій для очищення природних та стічних вод https://www.researchgate.net/publication/346258695_VIKORISTANNA_PRIRODNIH_TA_ABSORBTI_VNIH_SUBSTANCIJ_DLA_OCISENNA_PRIRODNIH_TA_STICNIH_VOD
8. Роль сорбційних методів в очищенні стічних вод на міських очисних спорудах https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/13550/1/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8__%D0%96%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%B0.pdf
9. Очищення стічних вод від іонів хрому та нікелю глинистими сорбентами https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/40568/2/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82_%D0%A0%D1%8F%D0%B1%D1%87%D0%B5%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%9E..pdf
10. Сорбційні та іонообмінні методи вилучення бору з природних та стічних вод (огляд) <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/152e7245-50af-4168-81e6-3ccca55db91f/content>
11. Ентеросорбенти вчора та сьогодні: аспекти застосування <http://mif-ua.com/archive/article/40294>
12. Очищення стічних вод від барвників шляхом адсорбції на природних дисперсних сорбентах <https://dspace.lvduvs.edu.ua/bitstream/1234567890/424/1/%D0%9B%D0%B5%D1%81%D1%8C%D0%BA%D1%96%D0%B2%20dusertacia.pdf>

Завдання до підсумкової модульної контрольної роботи № 2.

1. Виконати тестові завдання в гугл-формі за посиланням <https://forms.gle/TSKFFeiVNnPXtdks5>
2. Пройти курси на освітній платформі Coursera (на вибір):
 - ✓ Advanced functional ceramics <https://www.coursera.org/learn/advanced-functional-ceramics>
 - ✓ Materials science for the specialization of technological application <https://www.coursera.org/specializations/materials-science-for-technological-application>
 - ✓ Introduction to the development of high-performance material applications <https://www.coursera.org/learn/high-throughput>
 - ✓ English for Science, Technology, Engineering and Mathematics <https://www.coursera.org/learn/stem>

Теоретичні питання.

1. Хто і коли запропонував хроматографічний аналіз?
2. У чому полягає суть хроматографічного аналізу?
3. В якому агрегатному стані можуть перебувати нерухома й рухома фази, а також компоненти суміші, що аналізується?
4. За якими принципами класифікують хроматографічні методи?
5. Які різновиди хроматографічного аналізу належать до молекулярної хроматографії?
6. Які різновиди хроматографічного аналізу об'єднує іонообмінна хроматографія?
7. Назвіть основні етапи хроматографічного аналізу.
8. Які задачі вирішуються за допомогою хроматографічних методів?
9. Методи синтезу активованого вугілля.
10. Сировина для отримання активованого вугілля.
11. Способи модифікування активованого вугілля.
12. Способи одержання кремнеземних адсорбентів. Основні функціональні групи поверхні кремнеземів.
13. Класифікація методів розділення та концентрування.
14. Екстракція: основні поняття та терміни.
15. Поняття про сорбцію: основні поняття та терміни. Механізми здійснення хімічної та фізичної адсорбції
16. Класифікація мінеральних сорбентів та їх характеристики

17. Класифікація хроматографічних методів за агрегатним станом рухомої (і нерухомої) фази.
18. Класифікація хроматографічних методів за домінуючим механізмом процесу розділення.
19. Класифікація хроматографічних методів за методикою виконання розділення.
20. Класифікацію хроматографічних методів за метою проведення розділення (хроматографування).
21. В чому суть хроматографічного розділення за методом осадової хроматографії?
22. Розрахувати розчинність Ag_2O , $\text{Cu}(\text{OH})_2$ та HgO за значеннями ДР.
23. Опишіть методику розділення і виявлення Ag^+ , Cu^{2+} , Hg^{2+} -іонів методом осадової хроматографії.
24. З яких конструктивних елементів складається хроматографічна система?
25. Що таке хроматографічна колонка? Що таке хроматограма?
26. Які речовини використовують у якості розчинників для розділення суміші амінокислот?
27. Підготовка хроматографічної камери до аналізу.
28. В чому полягають недоліки та переваги даного методу перед іншими при визначенні амінокислот?
29. Що таке величина R_f , і за якою формулою проводять її обчислення?
30. Яким засобом отримують та обчислюють значення R_{st} ?
31. Способи модифікування активного вугілля

Критерії оцінювання здобувача вищої освіти

Тип завдання	Кількість завдань	Кількість балів
Тестові завдання в гугл-формі	20	0-60
Індивідуальні завдання	1-4	0-40
Всього	24	0-100

Рекомендована література

Основна:

1. Сабадаш В.В. Теоретичні основи сорбційних процесів на природних та синтетичних сорбентах. Львів. 2019. 472 с.
2. Адсорбція, адсорбенти і каталізатори на їх основі [Електронний ресурс] І.М. Іваненко, Т.А. Донцова, Ю.М. Феденко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 232 с.
3. Жданюк Н.В. Розробка сорбентів на основі модифікованих глин для захисту вод від неорганічних токсикантів. Рукопис. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ. Національний авіаційний університет, Київ, 2019.
4. Антал І.П., Базель Я.Р., Кормош Ж.О. Методи розділення та концентрування речовин в аналізі. Луцьк: Східноєвропейський нац. ун-т ім. Лесі Українки. 2015. 300 с.
5. Яцимирський В.К., Павленко В.О., Савченко І.О. та ін. Хімія. Підручник. К.: Ірпінь: Перун. 2010. 432 с.
6. Мінаєва В.О. Методи концентрування неорганічних речовин. Навч-мет. Посібник. Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького. 2014. 313 с.
7. Циганок Л.П., Бубель Т.О., Вишнікін А.Б., Вашкевич О.Ю. Аналітична хімія. Хімічні методи аналізу: навчальний посібник. Дніпропетровськ: ДНУ ім. О.Гончара. 2014. 252 с.
8. Чеботарьов О. М. Сорбційно-спектроскопічні та тест-методи в хімічному аналізі: методичні вказівки до лабораторних робіт. Одеса: «Одеський національний університет імені І. І. Мечникова». 2014. 55 с.

Додаткова:

1. Зайцев В.М., Савранський Л.І. Функціоналізовані пористі матеріали для аналітичної хімії. Київ: ВПЦ КНУ імені Тараса Шевченка, 2005. 202 с
2. Тьортих В. А., Белякова Л. А. Хімічні реакції за участю поверхні кремнезему. К.: Наук. Думка. 1991. 260 с.
3. Костенко Л.С., Зайцев В.М. Кремнеземи, функціоналізовані похідними амінофосфонові кислоти. Український хімічний журнал, 2009. Т. 75, № 10. С. 83-90.

Інтернет-ресурси:

1. <https://ecology.kpi.ua/wp-content/uploads/2018/12/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82-%D0%9C%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%BE%D1%88.pdf>
2. https://nung.edu.ua/files/attachments/sakalova_dysertacyya_s_dodatkam.pdf
3. https://studopedia.su/13_54084_sorbtsiynI-protsezi-I-yih-klasifikatsIya.html
https://studopedia.com.ua/1_16848_sorbtsiyni-protsezi-ih-klasifikatsiya-adsorbtsiya-na-mezhi-riznomanitnih-faz.html
5. https://lpnu.ua/sites/default/files/dissertation/2019/12954/dis_sabadash_1.pdf
6. <https://studfile.net/search/?q=%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0>

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1	Виконати тести модульної роботи № 1.	https://forms.gle/bk1bxEvfMbmj5kK88
2	Виконати тести модульної роботи № 2.	https://forms.gle/TSKFfeIVNnPXtdks5
3	Підготувати проєкт на одну із наступних тем 1. Класифікація, хімічний склад і вимоги до сорбентів екологічного призначення. 2. Сорбційні методи ліквідації нафтових виливів з використанням різних видів сорбентів. 3. Механізми дії сорбентів екологічного призначення. 4. Сучасні методи синтезу сорбентів. 5. Використання сорбентів екологічного призначення. 6. Технологічні основи сорбційного очищення водних стоків. Головні сорбенти та способи їх регенерації. 7. Сорбційні методи очистки газових викидів підприємств і виробництв. 8. Історія та приклади застосування сорбентів в медицині. 9. Ентеросорбенти на основі природних матеріалів. Механізми дії ентеросорбентів. 10. Сорбційно-детоксикаційна дія вуглецевих сорбентів.	Рекомендована література. 1. Сабадаш В.В. Теоретичні основи сорбційних процесів на природних та синтетичних сорбентах. Львів. 2019. 472 с. 2. Адсорбція, адсорбенти і каталізатори на їх основі [Електронний ресурс] І.М. Іваненко, Т.А. Донцова, Ю.М. Феденко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 232 с. 3. Жданюк Н.В. Розробка сорбентів на основі модифікованих глин для захисту вод від неорганічних токсикантів. Рукопис. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ. Національний авіаційний університет, Київ, 2019. 4. Антал І.П., Базель Я.Р., Кормош Ж.О. Методи розділення та концентрування речовин в аналізі. Луцьк: Східноєвропейський нац. ун-т ім. Лесі Українки. 2015. 300 с. 5. Атаманюк В. Ю., Трачевський В. В. Сорбційні та іонообмінні методи вилучення бору з природних та стічних вод (огляд) наукові записки. Том 20. Хімічні науки і технології.
4	Пройти курс на освітній платформі Coursera: Advanced functional ceramics	https://www.coursera.org/learn/advanced-functional-ceramics
5	Пройти курс на освітній платформі Coursera: Materials science for the specialization of technological application	https://www.coursera.org/specializations/materials-science-for-technological-application
6	Пройти курс на освітній платформі Coursera: Introduction to the development of high-performance material applications	https://www.coursera.org/learn/high-throughput
7	Пройти курс на освітній платформі Coursera: English for Science, Technology, Engineering and Mathematics	https://www.coursera.org/learn/stem
8	Пройти курс на освітній платформі Micromeritics learning Center: Physisorption 101	https://learn.micromeritics.com/courses/physisorption-101/
9	Пройти курс на освітній платформі Micromeritics learning Center: AutoPore V 96xx	https://learn.micromeritics.com/courses/autopore-v-96xx-training/
10	Пройти курс на освітній платформі Micromeritics learning Center: Mercury Porosimetry 101	https://learn.micromeritics.com/courses/mercury-porosimetry-101/
11	Пройти курс на освітній платформі Micromeritics learning Center: Micromeritics SAS	https://learn.micromeritics.com/courses/micromeritics-sas/
12	Пройти курс на освітній платформі OpenLearn: Introduction to polymers (Знайомство з полімерами)	https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/chemistry/introduction-polymers/content-section-0?active-tab=content-tab
13	Пройти курс на освітній платформі OpenLearn: Surfaces (Поверхні)	https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/mathematics-statistics/surfaces/content-section-0?active-tab=description-tab
14	Пройти курс на освітній платформі OpenLearn: Working with charts, graphs and tables (Робота з діаграмами, графіками та таблицями)	https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/mathematics-statistics/working-charts-graphs-and-tables/content-section-0?active-tab=content-tab
15	Підготувати конспект-словник термінів	

	<i>Сорбція</i>	
	<i>Абсорбція</i>	
	<i>Адсорбція</i>	
	<i>Десорбція</i>	
	<i>Адсорбент</i>	
	<i>Адсорбат</i>	
	<i>Пористі матеріали</i>	
	<i>Сорбційна ємність</i>	
	<i>Функціональні групи сорбентів</i>	
	<i>Нанопористі матеріали</i>	
	<i>Пористість</i>	
	<i>Питома поверхня</i>	
	<i>Площа поверхні</i>	
	<i>Ізотерма адсорбції</i>	
	<i>Типи ізотерм адсорбції</i>	
	<i>Коефіцієнт розподілу</i>	
	<i>Хімічна адсорбція</i>	
	<i>Фізична адсорбція</i>	
	<i>Полімолекулярна адсорбція</i>	
	<i>Капілярна конденсація</i>	
	<i>Поверхневі явища</i>	
	<i>Природні цеоліти</i>	
	<i>Сапоніт</i>	
	<i>Кліноптилоліт</i>	
	<i>Вермикуліт</i>	
	<i>Бентоніт</i>	
	<i>Кремнеземи</i>	
	<i>Класифікація кремнеземів за розмірами пор</i>	
	<i>Активоване вугілля</i>	
	<i>Поверхнево-активні речовини</i>	
	<i>Поверхнева активність</i>	
	<i>Гідрофобні матеріали</i>	
	<i>Ліофобні матеріали</i>	
	<i>Суспензія</i>	
	<i>Емульсія</i>	
	<i>Аерозоль</i>	
	<i>Піна</i>	
	<i>Порошок</i>	
	<i>Гетерогенні системи</i>	
	<i>Гомогенні системи</i>	
	<i>Поверхневі явища</i>	
16	Опрацювати відео і підготувати презентацію на тему	https://www.youtube.com/watch?v=EHT7zUUQi2Q

Список рекомендованої літератури

Основна:

1. Сабадаш В.В. Теоретичні основи сорбційних процесів на природних та синтетичних сорбентах. Львів. 2019. 472 с.
2. Адсорбція, адсорбенти і каталізатори на їх основі [Електронний ресурс] І.М. Іваненко, Т.А. Донцова, Ю.М. Феденко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 232 с.
3. Жданюк Н.В. Розробка сорбентів на основі модифікованих глин для захисту вод від неорганічних токсикантів. Рукопис. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ. Національний авіаційний університет, Київ, 2019.
4. Антал І.П., Базель Я.Р., Кормош Ж.О. Методи розділення та концентрування речовин в аналізі. Луцьк: Східноєвропейський нац.ун-т ім. Лесі Українки. 2015. 300 с.
5. Яцимирський В.К., Павленко В.О., Савченко І.О. та ін. Хімія. Підручник. К.: Ірпінь: Перун. 2010. 432 с.
6. Мінаєва В.О. Методи концентрування неорганічних речовин. Навч.-мет. Посібник. Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького. 2014. 313 с.
7. Циганок Л.П., Бубель Т.О., Вишнікін А.Б., Вашкевич О.Ю. Аналітична хімія. Хімічні методи аналізу: навчальний посібник. Дніпропетровськ: ДНУ ім. О.Гончара. 2014. 252 с.
8. Чеботарьов О. М. Сорбційно-спектроскопічні та тест-методи в хімічному аналізі: методичні вказівки до лабораторних робіт. Одеса: «Одеський національний університет імені І. І. Мечникова». 2014. 55 с.

Додаткова:

1. Зайцев В.М., Савранський Л.І. Функціоналізовані пористі матеріали для аналітичної хімії. Київ: ВПЦ КНУ імені Тараса Шевченка, 2005. 202 с
2. Тьортих В. А., Беякова Л. А. Хімічні реакції за участю поверхні кремнезему. К.: Наук. Думка. 1991. 260 с.
3. Костенко Л.С., Зайцев В.М. Кремнеземи, функціоналізовані похідними амінофосфонові кислоти. Український хімічний журнал, 2009. Т. 75, № 10. С. 83-90.

Інтернет-ресурси:

1. <https://ecology.kpi.ua/wp-content/uploads/2018/12/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82-%D0%9C%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%BE%D1%88.pdf>
2. https://nung.edu.ua/files/attachments/sakalova_dysertacyya_s_dodatkamyy.pdf
3. https://studopedia.su/13_54084_sorbtsiynI-protsezi-I-yih-klasifikatsiya.html
4. https://studopedia.com.ua/1_16848_sorbtsiyni-protsezi-ih-klasifikatsiya-adsorbtsiya-na-mezhi-riznomanitnih-faz.html
5. https://lpnu.ua/sites/default/files/dissertation/2019/12954/dis_sabadash_1.pdf
6. <https://studfile.net/search/?q=%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0>