

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХІМІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ
Кафедра фізичної та колоїдної хімії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Навчально-наукового
інституту хімії та екології

(Лендел В.Г.)



« 27 » *першого* 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

АДСОРБЦІЯ ТА АДСОРБЕНТИ

Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	102 Хімія
Освітня програма	Хімія
Статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Ужгород 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «**Адсорбція та адсорбенти**» для здобувачів вищої освіти галузі знань **10 Природничі науки** спеціальності **102 Хімія** освітньо-наукової програми «**Хімія**».

Розробник: Дзямко Віталій Михайлович, кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії ДВНЗ «УжНУ»

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізичної та колоїдної хімії ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Протокол №10 від «20» червня 2023 р.

Завідувач кафедри  Голуб Н.П.

Схвалено науково-методичною комісією Навчально-наукового інституту хімії та екології ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Протокол №10 від «26» червня 2023 р.

Голова науково-методичної комісії  Сливка М.В.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 4	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 120	1-й	
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання:	Лекції:	
аудиторних – 2	18	
самостійної роботи студента – 4	Практичні (семінарські):	
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні:	
	24	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	78	

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Адсорбція та адсорбенти» є оволодіння студентами основними фундаментальними законами фізичної хімії, вивчення теоретичних основ адсорбції, значення адсорбційних процесів в сучасному житті, в т.ч. розв'язання екологічних проблем. Це дасть можливість інтегрувати попередньо набуті знання та вміння з основних хімічних дисциплін щодо речовин у високодисперсному стані.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

- ЗК 1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- ЗК 3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК 13. Здатність до активного збереження довкілля;
- ФК 1. Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із відповідними математичними інструментами для опису природних явищ;
- ФК 3. Здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент;
- ФК 6. Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними;
- ФК 8. Розуміння ключових хімічних понять, основних фактів, концепцій, принципів і теорій, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії;
- ФК 9. Здатність застосовувати основні хімічні теорії і методи хімії для опису хімічних законів і конкретних явищ, проводити зіставлення і встановлення зв'язків між характеристиками хімічних систем, явищами, процесами і механізмами для пояснення відомих та прогнозування нових наукових результатів.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Адсорбція та адсорбенти» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

- ОК 5 Вища математика
- ОК 6 Фізика
- ОК 8 Основи екології
- ОК 9 Хімічна технологія
- ОК 15 Фізичні методи дослідження
- ОК 18 Фізична хімія

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньо-професійної програми, вивчення навчальної дисципліни «Адсорбція та адсорбенти» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.	ПРН 1
Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.	ПРН 2
Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.	ПРН 3
Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам.	ПРН 4
Знати методологію та організації наукового дослідження.	ПРН 6
Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.	ПРН 9
Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.	ПРН 10

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «**Адсорбція та адсорбенти**»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Застосовувати наукові концепції та сучасні теорії хімії для засвоєння основ суміжних наук.	ПРН 1
Використовувати факти, концепції, принципи та теорії, що стосуються предметної області для розв'язання складних задач і проблем промисловості і охорони довкілля.	ПРН 2
Вирішувати нові якісні та кількісні задачі хімії на основі отриманих знань	ПРН 3
Синтезувати сорбенти із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам.	ПРН 4
Оволодіти методологією та організацією наукового дослідження.	ПРН 6
Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання проблем практичного застосування сорбентів, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.	ПРН 9
Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження в області адсорбції з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.	ПРН 10

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- накопичувальна бально-рейтингова система, що передбачає оцінювання студентів за всі види аудиторної і поза аудиторної навчальної діяльності, спрямовані на опанування навчального навантаження з освітньої програми; поточний, модульний та підсумковий контроль;
- поточне оцінювання рівня засвоєння теми здійснюється на кожному лабораторному занятті;
- рейтингова оцінка формується на основі поточних оцінок та результатів виконання модульних контрольних робіт;
- підсумкова оцінка за дисципліну може дорівнювати рейтинговій або ж встановлюється за підсумками складання заліку та іспиту.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: індивідуальна, групова, фронтальна.

Форма модульного контролю: письмова.

Форма підсумкового семестрового контролю: усна, письмова.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна контрольна робота	Сума
Т6.1.1	Т6.1.2	Т6.1.3	Т6.1.4	Т6.1.5		
10	10	10	10	10	50	100

Т6.1.1, Т6.1.2 ... – теми лекцій

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота										Модульна контрольна робота	Сума
Т.6.1.6	Т6.1.7	Т6.1.8	Т6.1.9	Т6.1.10	Т6.1.11	Т6.1.12	Т6.1.13	Т6.1.14	Т6.1.15		
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50	100

Т6.1.6, Т6.1.7 ... – теми лекцій

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кіль- кість	Макси- мальна кількість балів (сумарна)	Кіль- кість	Макси- мальна кількість балів (сумарна)
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	4	50	4	50
Модульна контрольна робота	1	50	1	50
Разом	5	100	5	100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота з навчальної дисципліни «Адсорбція та адсорбенти» передбачає 30 варіантів завдань. Кожен варіант складається з семи завдань: 3 теоретичні завдання, які оцінюються по 10 балів кожне; два тестові завдання, які оцінюються по 7 балів кожне; два тестові завдання, які оцінюються по 3 бали кожне. Максимальна кількість балів за кожну модульну контрольну роботу становить 50.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Навчальна діяльність студента з предмету «Адсорбція та адсорбенти» оцінюється наступним чином:

- 50% балів оцінки модульного контролю виставляє лектор на підставі результатів перевірки рівня засвоєння теоретичного матеріалу дисципліни (теоретичний компонент оцінки). Теоретичний компонент оцінки складається з сумарних результатів контрольної роботи.
- 50% балів (практичний компонент) виставляє викладач, який веде лабораторні заняття. Практичний компонент оцінки складає поточна успішність - усні та письмові відповіді під час занять (30% балів) та оцінка самостійної і індивідуальної роботи (20% балів)».

Змістові модулі оцінюються наступним чином:

Модульна контрольна робота	Оцінка за роботу на лабораторних заняттях	Самостійна та індивідуальна робота студента	Всього
50 балів	30	20	100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Інформація про підсумкову успішність студентів з навчальної дисципліни за семестр подається викладачем в деканат.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. АДСОРБЦІЙНІ РІВНОВАГИ

Змістовий модуль 1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ АДСОРБЦІЇ

Тема 1. Вступ. Загальна характеристика адсорбції

Основні поняття адсорбції. Графічне представлення адсорбції. Фізична та хімічна адсорбція. Критерії відмінності фізичної адсорбції від хімічної адсорбції. Хемосорбовані частинки. Каталітична активність центрів поверхні.

Тема 2. Природа і енергія адсорбційних сил

Сили адсорбційної взаємодії. Потенціальна енергія адсорбції. Теплота адсорбції та її визначення. Калориметричний та термодинамічний метод визначення теплоти адсорбції. Ентропія адсорбції.

Тема 3. Методи одержання адсорбентів та практичне застосування адсорбції

Методи одержання адсорбентів: осадження, термічний розклад, гідротермальний синтез, метод вибіркового розчинення речовин. Практичне застосування адсорбції. Роль адсорбційних процесів у живих організмах. Роль структури і поверхні твердих тіл в адсорбції і гетерогенному каталізі. Очищення поверхонь сорбентів.

Змістовий модуль 2. ТЕОРІЇ АДСОРБЦІЇ

Тема 4. Теорії мономолекулярної адсорбції Ленгмюра та полімолекулярної адсорбції Поляні

Емпіричні рівняння адсорбції (Генрі, Бедеккера-Фрейндліха, Шишковського). Графічний розв'язок рівняння Фрейндліха. Теорія мономолекулярної адсорбції Ленгмюра. Графічний розв'язок рівняння Ленгмюра. Застосування ізотерми Ленгмюра. Теорія полімолекулярної адсорбції Поляні. Адсорбційний потенціал. Коефіцієнт афінності. Розрахунок ізотерм адсорбції за теорією Поляні.

Тема 5. Теорії БЕТ та капілярної конденсації і гістерезису

Теорія полімолекулярної адсорбції Брунауер-Еммет-Теллер (БЕТ). Розв'язування рівняння БЕТ. Межі застосовності рівняння БЕТ. Поняття про 3-х та 4-х параметричні рівняння БЕТ. Основні типи ізотерм за класифікацією БЕТ. Теорія капілярної конденсації та гістерезису. Рівняння Кельвіна. Капілярна конденсація в глобулярних структурах. Типи кривих капілярно-конденсаційного гістерезису.

Модуль 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРБЕНТІВ

Змістовий модуль 3. ПОРИСТА СТРУКТУРА СОРБЕНТІВ

Тема 6. Структурні типи адсорбентів та їх властивості

Умови формування структури пористих тіл. Походження пор. Різновидність пор адсорбентів та їх структурні типи (макропори, перехідні пори, мікропори). Класифікація адсорбентів за їх геометричною структурою (Дубініна; Брунауер, Демінг та Теллер; Кисельова).

Тема 7. Зв'язок структури пористих тіл з їх каталітичною активністю

Вплив розміру пор на швидкість сорбційного процесу. Дифузія в ультрапорах. Вплив структури пористих тіл на їх каталітичну активність. Умови протікання каталітичного процесу в кінетичній та дифузійній областях. Підбір пористої структури каталізатору для каталітичного процесу, який протікає при різних тисках. Залежність вибірковості процесу від розміру пор каталізатора.

Тема 8. Фізична адсорбція газів та парів в мікропорах

Граничні випадки фізичної адсорбції. Термодинамічні відмінності граничних випадків адсорбції. Особливості адсорбції в мікропорах. Вихідні положення для теоретичного опису адсорбції в мікропорах. Теорія об'ємного заповнення мікропор (ТОЗМ). Рівняння Дубініна-Радускевича. Розрахунковий апарат теорії об'ємного заповнення мікропор.

Тема 9. Проблема мілких пор

Практичне застосування ТОЗМ до адсорбції мікропористими сорбентами. Ізотерми адсорбції 1-го типу (ленгмюрівська, ТОЗМ, перехід). Ізотерми адсорбції 4-го типу, розрахунок об'єму мікро-, мезо- макропор. Інтегральна та диференціальна крива розподілу об'єму пор за радіусами. Основні етапи розрахунку. Врахування товщини адсорбційного шару при капілярній конденсації. Середній ефективний радіус пор.

Тема 10. Застосування теорії об'ємного заповнення мікропор до адсорбції газів та парів на мікропористих адсорбентах різної хімічної природи

Мікропористі адсорбенти на основі карбону. Аморфні мінеральні мікропористі адсорбенти. Особливості цеолітів як мікропористих адсорбентів. Експериментальні основи теорії адсорбції в мікропорах цеолітів. Цеоліти з малим числом адсорбційних центрів. Адсорбція відносно великих молекул на фожазітах.

Тема 11. Методи визначення питомої поверхні сорбентів

Визначення питомої поверхні сорбентів за даними фізичної адсорбції. Методи визначення питомої поверхні за ізотермами адсорбції парів. Розрахунок питомої поверхні (метод Гаркінса-Юра; метод Кістлера, Фішера та Фрімена; метод Ленгмюра; "точки Б; метод "єдиної точки"; метод Дубініна; метод молекулярної сорбції з розчинів).

Тема 12. Пориста структура адсорбентів.

Основні параметри пористої структури сорбентів. Дійсна та уявна густина сорбентів і каталізаторів. Розподіл пор за радіусами. Товщина адсорбційного шару. Ртутна порометрія. Електронномікроскопічні методи дослідження пористої структури адсорбентів. Середній ефективний радіус пор. Визначення об'єму мікро-, макро- і перехідних пор. Пористість і методи її визначення.

Змістовий модуль 4. ПРИРОДНІ СОРБЕНТИ

Тема 13. Будова, властивості та пориста структура природних сорбентів

Класифікація природних сорбентів. Дисперсні кремнеземи (діатоміти, трепели, опоки), їх будова та властивості. Шаруваті та шарувато-стрічкові силікати, їх класифікація, будова та властивості. Каркасні силікати (цеоліти,

фельдшпатоїди), їх будова та властивості. Пориста структура деяких дисперсних мінералів (природні кремнеземи, глинисті мінерали, монморилоніт, коалініт, вермикуліт, палигорскіт тощо). Ізотерми адсорбції на глинистих мінералах. Природа обмінної здатності глинистих мінералів. Йонний обмін. Рівняння Нікольського.

Тема 14. Застосування сорбентів

Застосування сорбентів (йоннообмінники, очищення стійних вод від йонів амонію, радіонуклідів, важких металів, дисперсних домішок, органічних речовин, ПАР, пестицидів, застосування в якості молекулярних сит, зернистих фільтруючих матеріалів, нафтопоглинальних сорбентів тощо). Застосування природних сорбентів для очистки газових систем від: CO, CO₂, H₂S, SO₂, NH₃, N_xO_y, Cl₂.

Тема 15. Природні сорбенти Закарпаття

Загальна характеристика природних ресурсів Закарпаття. Природні цеоліти Закарпаття. Перспективи використання природних сорбентів Закарпаття в народному господарстві. Дослідження українських учених у галузі адсорбції, пошуку ефективних сорбентів для вирішення різноманітних екологічних проблем.

...

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
	Форма навчання : денна			
	усього	у тому числі		
лекції		лаб. роботи	самоств. робота	
1	2	3	4	5
Модуль 1 Адсорбційні рівноваги				
Змістовий модуль 1. Загальні поняття адсорбції				
Тема 1. Вступ. Загальна характеристика адсорбції	13	1	2	10
Тема 2. Природа і енергія адсорбційних сил	11	1	2	8
Тема 3. Методи одержання адсорбентів та практичне застосування адсорбції	9	1	2	6
Разом за змістовим модулем 1	33	3	6	24
Змістовий модуль 2. Теорії адсорбції				
Тема 4. Теорії мономолекулярної адсорбції Ленгмюра та полімолекулярної адсорбції Полянні	13	1	2	10
Тема 5. Теорії BET та капілярної конденсації і гістерезисну	19	1		18
Разом за змістовим модулем 2	32	2	2	28
Разом за модулем 1	65	5	8	52

Модуль 2. Загальна характеристика сорбентів				
Змістовий модуль 3. Пориста структура сорбентів				
Тема 6. Структурні типи адсорбентів та їх властивості	1	1		
Тема 7. Зв'язок структури пористих тіл з їх каталітичною активністю	2	2		
Тема 8. Фізична адсорбція газів та парів в мікропорах	5	1		4
Тема 9. Проблема мілких пор	7	1		6
Тема 10. Застосування теорії об'ємного заповнення мікропор до адсорбції газів та парів на мікропористих адсорбентах різної хімічної природи	7	1		6
Тема 11. Методи визначення питомої поверхні сорбентів	5	1	4	
Тема 12. Пориста структура адсорбентів.	10	1		9
Разом за змістовим модулем 3	37	8	4	25
Змістовий модуль 4. Природні сорбенти				
Тема 13. Будова, властивості та пориста структура природних сорбентів	6	2	4	
Тема 14. Застосування сорбентів	6	2	4	
Тема 15. Природні сорбенти Закарпаття	6	1	4	1
Разом за змістовим модулем 4	18	5	12	1
Разом за модулем 2	55	13	16	26
Усього годин	120	18	24	78

6.3. Темі лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення істинної густини сорбента	2
2	Визначення уявної густини сорбента	2
3	Адсорбція органічної кислоти на вугіллі	4
4	Визначення загальної кислотності сорбентів інтерферометричним методом	2
5	Визначення питомої поверхні адсорбента за величиною адсорбції	2
6	Пом'якшення води за допомогою цеолітів	4
7	Дослідження сорбції Ca^{2+} із водних розчинів на природних та синтетичних цеолітах	4

8	Визначення повної обмінної ємності іоніту	4
	Усього годин	24

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми (завдання)	Кількість годин
1	Загальні поняття адсорбції. Мономолекулярна адсорбція. Знаходження площі, що припадає на 1 молекулу в адсорбційному шарі. Визначення граничної ємності сорбентів. Розрахунок ізотерм адсорбції за теорією Ленгмюра. Знаходження констант рівняння Ленгмюра та питомої поверхні сорбентів.	14
2	Розрахунки поверхневого натягу. Обчислення питомої адсорбції речовин і побудова ізотерм адсорбції. Визначення констант рівняння Фрейндліха.	8
3	Теорії адсорбції. Полімолекулярна адсорбція. Адсорбція в мікропорах. Розрахунок питомої поверхні адсорбента за теорією БЕТ. Знаходження констант рівняння БЕТ. Побудова ізотерм адсорбції та характеристичних кривих. Визначення граничного адсорбційного об'єму сорбентів.	15
4	Обчислення об'єму пор сорбентів за рівнянням Дубініна-Радушкевича. Визначення теплоти адсорбції речовин.	8
5	Мікропористі сорбенти. Розрахунок граничного сорбційного об'єму сорбенту за ТОЗМ.	7
6	Пориста структура сорбентів. Адсорбція парів на пористих тілах. Розрахунок основних характеристик пористої структури.	8
7	Побудова кривих капілярної конденсації, інтегральної та диференціальної кривої розподілу об'єму пор адсорбента за радіусами.	10
8	Природні сорбенти. Розрахункові задачі з йонообмінної сорбції та інші комбіновані завдання.	8
	Усього годин	78

Самостійна робота над навчальною дисципліною також включає: опрацювання теоретичних основ прослуханого лекційного матеріалу; вивчення окремих тем питань, що передбачені для самостійного опрацювання; поглиблене вивчення літератури на задану тему та пошук додаткової інформації; підготовка до лабораторних занять; систематизацію вивченого матеріалу перед іспитом, розв'язування задач тощо.

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА (у разі потреби)

Технічні засоби: персональний комп'ютер Acer (2020), персональний комп'ютер LG (2020) – 4 шт., мультимедійний проектор EPSON EB-X-400 (2020) – 3 шт., мультимедійний проектор EPSON EB-X05 (2017), комп'ютер портативний Lenovo V15 ADA (2021) – 5 шт., комп'ютер портативний Samsung RV 518 (2015), комп'ютер портативний Acer E5-521 (2014), принтер – 3 шт.

Обладнання: Навчальне та лабораторне обладнання, згідно з діючими нормами оснащення: атомно-адсорбційний спектрометр Aurora Instrument AI 1200 (2016), аналітичні терези WA-21 (1972) - 2 шт., терези технічні ВКЛТ-160 (1982) - 8 шт., терези електронні AVAgo з 2 чашами 0,1-2000 г MHZ (2020)– 2 шт., терези електронні Pocket Scale MH 200 TS-C06 (2019)- 4 шт., терези торзійні BT-500 (1984) – 2 шт., седиментометр Фігуровського (1999), прилад для визначення кута змочування поверхні (1997), рефрактометр П-161 (1995), фотоколориметр КФК- 2 (1992) – 2 шт., спектрофотометр СФ-46 (1990) – 2 шт., рН-метр-іономір ЕКОТЕСТ-120 (1990), стіл титрувальний (1988), нефелометр, терези технічні – 8 шт., насос Комовського – 2 шт., сушильна шафа, муфельна піч, електроплитки – 8 шт., тощо.
Штативи з пробірками, штативи з мірними пробірками, лабораторні залізні штативи, хімічний посуд та реактиви, гумові груші, наважки та інші.

Програмне забезпечення:

Windows 10, Microsoft Power Point, Moodle, Google Meet, Viber, Zoom (безкоштовна версія).

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Аудиторна, самостійна та індивідуальна робота студентів забезпечується всіма навчально-методичними засобами, необхідними для вивчення навчальної дисципліни чи окремої теми: підручниками, навчальними та навчально-методичними посібниками, методичними рекомендаціями (вказівками), практикумами, конспектами лекцій, навчально-лабораторним обладнанням, електронно-обчислювальною технікою, науковою літературою та періодичними виданнями.

Основна література

1. Дзямко В.М., Староста В.І. Навчально-методичний посібник для самостійної роботи зі спецкурсу «Адсорбція та адсорбенти» для студентів 5-го курсу хімічного факультету УжНУ спеціальності – Хімія, Ужгород, 2013.-68с.
2. Дзямко В.М., Староста В.І. Лабораторний практикум зі спецкурсу «Адсорбція та адсорбенти». Навчально-методичний посібник для студентів 5-го курсу хімічного факультету УжНУ спеціальності – Хімія, Ужгород, 2013.-60с.
3. Староста В.І., Дзямко В.М., Гам М.С. Збірник прикладів і задач з спекурсу “Адсорбція та адсорбенти” і курсу “Природні сорбенти та охорона навколишнього середовища”.-Навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів хімічного факультету. - Ужгород: УжДУ, 2000.- 60 с.
4. Староста В.І., Дзямко В.М., Гам М.С. Практикум з спецкурсу “Адсорбція та адсорбенти” і курсу “Природні сорбенти та охорона навколишнього середовища”.- Навчально-методичний посібник для студентів хімічного факультету.- Ужгород: УжДУ, 1999.- 88 с.
5. Колоїдна хімія : [підруч. для студентів ВНЗ] / В. Л. Чумак, С. В. Іванов, М. Р. Максимюк ; Нац. авіац. ун-т. — Вид. 2-ге, стер. — Київ : НАУ, 2017. — 455 с.
6. Колоїдна хімія : підручник / [М. О. Мchedlov-Петросян та ін.] ; за ред. д-ра хім. наук, проф. М. О. Мchedlova-Петросяна ; Харк. нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна. - Х. : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010. - 500 с.

Допоміжна література

1. Роман Л.Ю. Ресурси Закарпаття: навчальний посібник. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2023. 240с.
2. Дібрівний В.М., Сергеев В.В., Ван-Чин-Сян Ю.Я. Курс колоїдної хімії. Навч. посіб. для студ. хім. спеціальностей. – Львів: Інтелект-Захід, 2008. - 160 с.
3. Фізична і колоїдна хімія : навч. посіб. для студентів ВНЗ / Слободнюк Р. Є. - Львів : Компакт-ЛВ, 2007. - 334 с.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. Бібліотека ім.В.І.Вернадського (<http://www.nbu.gov.ua>).
2. Хімія, фізика і технологія поверхні (<https://www.cpts.com.ua>).
3. Хімія, технологія речовин та їх застосування (<http://science.lpnu.ua/schmt>) .
4. Хімія і технологія води (<http://www.allertonpress.com/journals/watchem>).
5. Український хімічний журнал (<http://dSPACE.nbu.gov.ua/handle/123456789/245>).
6. Адсорбція, адсорбенти і каталізатори на їх основі [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та

інженерія» спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / І.М. Іваненко, Т.А. Донцова, Ю.М. Феденко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 6,75 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 232 с.