

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра фізичної та колоїдної хімії**



**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Декан хімічного факультету  
(В.Г. Лендел)  
« 01 » вересня 20 21 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**АДСОРБЦІЯ ТА АДСОРБЕНТИ**

|                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| Рівень вищої освіти | другий (магістерський) |
| Галузь знань        | 01 «Освіта/Педагогіка» |
| Спеціальність       | 014 «Середня освіта»   |
| Спеціалізація       | Фізична хімія          |
| Освітня програма    | Середня освіта. Хімія  |
| Статус дисципліни   | вибіркова              |
| Мова навчання       | українська             |

Ужгород 2021

Робоча програма навчальної дисципліни «Адсорбція та адсорбенти» для здобувачів вищої освіти галузі знань 01- Освіта/Педагогіка спеціальності 014 – Середня освіта освітньої програми Освітньо-професійна програма для здобувачів другого рівня вищої освіти «магістр»

**Розробники:** Дзямко В.М., кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії ДВНЗ «УжНУ».

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри *фізичної та колоїдної хімії* ДВНЗ «УжНУ»

протокол № 12 від « 15 » 06 2021 р.

Завідувач кафедри  доц. Голуб Н.П.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету ДВНЗ «УжНУ»

протокол № 5 від « 25 » сервію 2021 р.

Голова науково-методичної комісії  проф. Кепич М.В.

©Дзямко В.М., 2021р.

©ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2021 р.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| Найменування показників                   | Розподіл годин за навчальним планом |                       |
|-------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
|                                           | Денна форма навчання                | Заочна форма навчання |
| Кількість кредитів ЄКТС – 6               | Рік підготовки:                     |                       |
| Загальна кількість годин – 180            | 1-й                                 |                       |
| Кількість модулів – 2                     | Семестр:                            |                       |
|                                           | 1-й                                 |                       |
| Тижневих годин для денної форми навчання: | Лекції:                             |                       |
| аудиторних – 4                            | 30                                  |                       |
| самостійної роботи студента – 10          | Практичні (семінарські):            |                       |
|                                           |                                     |                       |
|                                           | Лабораторні:                        |                       |
| Вид підсумкового контролю: іспит          | 42                                  |                       |
|                                           | Самостійна робота:                  |                       |
| Форма підсумкового контролю: усний        | 108                                 |                       |

## 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:

- ЗК13. Знання методології і методів хімічних досліджень, принципів комплексного захисту природних екосистем і людського суспільства від екологічно небезпечних природних і техногенних процесів (явищ);
- ЗК14. Знання засад і принципів державної політики у сфері розвитку хімічної науки та промисловості, охорони довкілля та раціонального природокористування, здійснення ефективної політики у хімічній галузі;
- ПК07. Здатність брати участь у організації і проведенні експериментальних та теоретичних наукових досліджень, впровадженні їх результатів;
- ПК08. Здатність застосовувати знання з традиційної і сучасної хімії, охорони довкілля, оптимізації технології хімічних виробництв, здатність до їх використання для мінімізації техногенного впливу та відновлення порушених природних екосистем, організувати роботу відповідно до вимог безпеки життєдіяльності й охорони праці;
- ПК11. Здатність використовувати теоретичні знання й практичні навички організації та проведення науково-педагогічних досліджень для здійснення навчально-виховного процесу у середній та вищій школах, використовувати у професійній діяльності новітні педагогічні технології, самоудосконалювати професійну майстерність та педагогічну етику.

## 3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

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

- Знання з предметної області включають: поняття про адсорбцію та теоретичні основи адсорбції, значення адсорбційних процесів у хімічній технології та розв'язанні екологічних проблем довкілля.
- Когнітивні компетентності включають: знання про основні поняття адсорбції, природу та енергію адсорбційних сил, класифікацію сорбентів за структурними типами, методи визначення питомої поверхні сорбентів, зв'язок структури пористих тіл з їх каталітичною активністю.
- До практичних вмінь та навичок входять: вміння проводити експериментальні дослідження адсорбентів та адсорбційних процесів; використовувати теоретичні знання для пояснення експериментальних результатів при розв'язуванні деяких типів розрахункових задач згідно тематики спецкурсу (теорія Ленгмюра, теорія БЕТ, капілярної конденсації, ТОЗМ та ін.); пояснювати різноманітні явища і процеси в

природі, промисловості, сільському господарстві, геології, ґрунтознавстві, біології, медицині та інших областях, пов'язані з існуванням явища адсорбції та використанням адсорбентів.

#### **4. 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.

Методи поточного контролю: усний, письмовий, практичний і самоконтроль.

Поточний контроль знань та умінь студентів з навчальної дисципліни «Адсорбція та адсорбенти» включає усне опитування студентів на кожному лабораторному занятті та проведення двох модульних контрольних робіт.

Форма модульного контролю: письмова.

Форма підсумкового семестрового контролю: усна, письмова.

Метод підсумкового контролю – іспит (1-й семестр).

## Критерії оцінювання знань та умінь студентів під час навчальних занять

| Бали  | Критерії оцінювання                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1(F)  | Студентом дана неправильна відповідь на запитання. Він ухилився від аргументації, виявив незадовільні знання понятійного апарату, спеціальної літератури або взагалі нічого не відповів. Практично не знає термінології предмету. Володіння навчальним матеріалом на рівні розпізнавання. Не може користуватися підручником, методичними рекомендаціями, іншими дидактичними засобами. Володіє тільки окремими прийомами практичної діяльності, яких недостатньо для формування вмінь.                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2(FX) | Має уяву про термінологію предмету. Володіє навчальним матеріалом на фрагментарному рівні. Конспект з предмету носить не систематизований, фрагментарний характер. Не вміє скласти алгоритм відповіді. Не може відповісти на питання чи виконати практичну роботу без грубих помилок, на які не звертає уваги.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 3(E)  | Студентом в цілому дана правильна відповідь на поставлене запитання. Проте він не зміг переконливо аргументувати її, помилився у використанні понятійного апарату, виявив низький рівень знання відповідних літературних першоджерел. Самостійно відтворює головні положення викладені в базовому підручнику чи лекційному матеріалі. Знає основні терміни дисципліни. Потребує допомоги викладача для відтворення систематизованого навчального матеріалу. При реалізації знань в вирішенні практичних завдань потребує допомоги викладача на всіх етапах роботи. Часто допускає типові помилки, які при допомозі здатен виправити. Повністю відсутнє знайомство з інформацією, що викладена в додатковій літературі. |
| 3(D)  | Повністю відтворює інформацію, що викладена в базовому підручнику. Має значні труднощі при необхідності користування додатковою та довідниковою літературою. Епізодичне знайомство з періодичними науковими виданнями з даного предмету. Сформовані уміння може використовувати у стандартних ситуаціях, які закладені у навчальні завдання. При виправленні допущених помилок потребує деякої допомоги викладача. При необхідності затрудняється використовувати знання, отриманні при вивченні інших дисциплін.                                                                                                                                                                                                      |
| 4(C)  | На основі оволодіння матеріалом в обсязі робочої навчальної програми дисципліни, під керівництвом викладача вміє зіставляти, узагальнювати, систематизувати інформацію про навчальний предмет. Цілком самостійно використовує набуті знання, вміння та навички в стандартних навчальних ситуаціях. Здатен контролювати свою діяльність. При контролі знань досить вільно складає алгоритм відповіді. Швидко знаходить необхідну інформацію в довідниковій літературі. Знайомий з науковими періодичними виданнями з даної дисципліни поточного року.                                                                                                                                                                   |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4(B) | Вільно володіє матеріалом у відповідності з програмою дисципліни. Знання, вміння та навички може самостійно приміняти у нестандартних ситуаціях навчального характеру. Проявляє інтерес до наукової та науково-популярної літератури з предмету. Самостійно опрацював рекомендовану, додаткову літературу з предмету. В процесі вивчення дисципліни іноді розв'язував задачі не передбачені робочою програмою дисципліни. Проявляє схильність до аналітико-синтетичної діяльності, здатен висловлювати власну думку щодо вивченого матеріалу.                                                                                        |
| 5(A) | Студентом дана правильна і вичерпна відповідь на поставлене запитання. При цьому виявлено високий рівень володіння понятійним апаратом, знання першоджерел. На основі досконалого знання матеріалу предмету студент використовує набуті знання, вміння та навички при рішенні нестандартних задач. Вільно використовує міжпредметні зв'язки, орієнтується у періодичній та монографічній літературі з предмету. Легко знаходить відповіді на нестандартні, несподівані питання. У складних ситуаціях може провести аналіз на рівні теоретичного осмислення. Виявляє творчі здібності, нахил до самостійної науково-дослідної роботи. |

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

| Поточне оцінювання та самостійна робота |    |    |    |    | Модульна контрольна робота | Сума |
|-----------------------------------------|----|----|----|----|----------------------------|------|
| T1                                      | T2 | T3 | T4 | T5 |                            |      |
| 10                                      | 10 | 10 | 10 | 10 | 50                         | 100  |

T1, T2 ... – теми лекцій

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

| Поточне оцінювання та самостійна робота |    |    |    |     |     |     |     |     |     | Модульна контрольна робота | Сума |
|-----------------------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|------|
| T6                                      | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 | T13 | T14 | T15 |                            |      |
| 5                                       | 5  | 5  | 5  | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 50                         | 100  |

T1, T2 ... – теми лекцій

#### Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

| Вид діяльності здобувача вищої освіти             | Модуль 1  |                                       | Модуль 2  |                                       |
|---------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------|-----------|---------------------------------------|
|                                                   | Кількість | Максимальна кількість балів (сумарна) | Кількість | Максимальна кількість балів (сумарна) |
| Практичні (семінарські) заняття                   |           |                                       |           |                                       |
| Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист) | 4         | 50                                    | 4         | 50                                    |

|                                                   |          |            |          |            |
|---------------------------------------------------|----------|------------|----------|------------|
| Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні |          |            |          |            |
| Письмове тестування при тематичному оцінюванні    |          |            |          |            |
| Презентація                                       |          |            |          |            |
| Реферат                                           |          |            |          |            |
| Есе                                               |          |            |          |            |
| ...                                               |          |            |          |            |
| Модульна контрольна робота                        | 1        | 50         | 1        | 50         |
| <b>Разом</b>                                      | <b>5</b> | <b>100</b> | <b>5</b> | <b>100</b> |

### **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, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>x</sub>O<sub>y</sub>, Cl<sub>2</sub>.

#### 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 |              |             |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|-------------|-----------------|
|                                                                                         | усього          | у тому числі |             |                 |
|                                                                                         |                 | лекції       | лаб. роботи | самоств. робота |
| 1                                                                                       | 2               | 3            | 4           | 5               |
| <b>Модуль 1 Адсорбційні рівноваги</b>                                                   |                 |              |             |                 |
| <b>Змістовий модуль 1. Загальні поняття адсорбції</b>                                   |                 |              |             |                 |
| Тема 1. Вступ. Загальна характеристика адсорбції                                        | 22              | 2            | 6           | 14              |
| Тема 2. Природа і енергія адсорбційних сил                                              | 20              | 2            | 6           | 12              |
| Тема 3. Методи одержання адсорбентів та практичне застосування адсорбції                | 18              | 2            | 6           | 10              |
| Разом за змістовим модулем 1                                                            | 60              | 6            | 18          | 36              |
| <b>Змістовий модуль 2. Теорії адсорбції</b>                                             |                 |              |             |                 |
| Тема 4. Теорії мономолекулярної адсорбції Ленгмюра та полімолекулярної адсорбції Поляні | 22              | 2            | 6           | 14              |
| Тема 5. Теорії БЕТ та капілярної конденсації і гістерезису                              | 24              | 2            |             | 22              |
| Разом за змістовим модулем 2                                                            | 46              | 4            | 6           | 36              |
| Разом за модулем 1                                                                      | 106             | 10           | 24          | 72              |

| <b>Модуль 2. Загальна характеристика сорбентів</b>                                                                                          |     |    |    |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----|----|-----|
| <b>Змістовий модуль 3. Пориста структура сорбентів</b>                                                                                      |     |    |    |     |
| Тема 6. Структурні типи адсорбентів та їх властивості                                                                                       | 2   | 2  |    |     |
| Тема 7. Зв'язок структури пористих тіл з їх каталітичною активністю                                                                         | 2   | 2  |    |     |
| Тема 8. Фізична адсорбція газів та парів в мікропорах                                                                                       | 10  | 2  |    | 8   |
| Тема 9. Проблема мілких пор                                                                                                                 | 12  | 2  |    | 10  |
| Тема 10. Застосування теорії об'ємного заповнення мікропор до адсорбції газів та парів на мікропористих адсорбентах різної хімічної природи | 10  | 2  |    | 8   |
| Тема 11. Методи визначення питомої поверхні сорбентів                                                                                       | 8   | 2  | 6  |     |
| Тема 12. Пориста структура адсорбентів.                                                                                                     | 11  | 2  |    | 9   |
| Разом за змістовим модулем 3                                                                                                                | 55  | 14 | 6  | 35  |
| <b>Змістовий модуль 4. Природні сорбенти</b>                                                                                                |     |    |    |     |
| Тема 13. Будова, властивості та пориста структура природних сорбентів                                                                       | 6   | 2  | 4  |     |
| Тема 14. Застосування сорбентів                                                                                                             | 6   | 2  | 4  |     |
| Тема 15. Природні сорбенти Закарпаття                                                                                                       | 7   | 2  | 4  | 1   |
| Разом за змістовим модулем 4                                                                                                                | 19  | 6  | 12 | 1   |
| Разом за модулем 2                                                                                                                          | 74  | 20 | 18 | 36  |
| Усього годин                                                                                                                                | 180 | 30 | 42 | 108 |

### 6.3. Темі лабораторних занять

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

|   |                                           |    |
|---|-------------------------------------------|----|
|   | природних та синтетичних цеолітах         | 4  |
| 8 | Визначення повної обмінної ємності іоніту | 4  |
|   | Усього годин                              | 42 |

#### 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. | 18              |
| 2     | Розрахунки поверхневого натягу. Обчислення питомої адсорбції речовин і побудова ізотерм адсорбції. Визначення констант рівняння Фрейндліха.                                                                                                                                               | 12              |
| 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.               | 19              |
| 4     | Обчислення об'єму пор сорбентів за рівнянням Дубініна-Радушкевича. Визначення теплоти адсорбції речовин.                                                                                                                                                                                  | 12              |
| 5     | Мікропористі сорбенти. Розрахунок граничного сорбційного об'єму сорбенту за ТОЗМ.                                                                                                                                                                                                         | 11              |
| 6     | Пориста структура сорбентів. Адсорбція парів на пористих тілах. Розрахунок основних характеристик пористої структури.                                                                                                                                                                     | 12              |
| 7     | Побудова кривих капілярної конденсації, інтегральної та диференціальної кривої розподілу об'єму пор адсорбента за радіусами.                                                                                                                                                              | 14              |
| 8     | Природні сорбенти. Розрахункові задачі з йонообмінної сорбції та інші комбіновані завдання.                                                                                                                                                                                               | 10              |
|       | Усього годин                                                                                                                                                                                                                                                                              | 108             |

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.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**

#### **Підручники**

1. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. М.: Альянс, 2004.-463с.
2. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия,М.:Высшая школа, 2004.-445с.
3. Фридрихсберг Д.А. курс коллоидной химии.СПб.:Химия,1995.-368с.
4. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии,М.:Химия, 1976.-512с.
5. Шелудко А. Коллоидная химия.-М.:Мир,1984.320с.

#### **Нормативно-правові документи**

1. Державна національна програма «Освіта»: Україна ХХІ століття. - К.: Райдуга, 1994. - 61 с.

### **Допоміжна література**

#### **Навчальні посібники та монографії**

1. Адсорбенты и их получение, свойства и применение. Под ред. М.М. Дубинина. Л.: Наука, 1971. - 280 с.
2. Брек Л. Цеолитовые молекулярные сита. - М.: Мир, 1978. - 781 с.
3. Бретшнайдер Б., Курфюст И. Охрана воздушного бассейна от загрязнений: технология и контроль. Л.: Химия, 1989. - 288 с.
4. Вулих А.И. Ионнообменный синтез. – М.: Химия, 1973. – 351 с.
5. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М.: Мир, 1984. – 450 с.
6. Дисперсные минералы Закарпаття и научно-технический прогрес: Сб. научн. трудов. Ужгород, 1988.
7. Дубинин М.М. Адсорбция и пористость. Москва, 1972.-127с.
8. Комаров В.С. Адсорбенты и их свойства. Минск: Наука и техника, 1977. - 298 с.
9. Комаров В.С. Структура и пористость адсорбентов и катализаторов. Минск: Наука и техника, 1988. - 288 с.
- 10.Лурье Ю.Ю. Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод.-М.: Химия, 1974.- 336 с.

- 11.Расчеты и задачи по коллоидной химии. Учебное пособие для химико-технологических вузов// В.И Баранова, Е.Е. Бибин, И.М. Кожевникова, В.А. Малов.- Под ред. В.И Барановой, М.: Высшая школа, 1989.- 288с.
- 12.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.
- 13.Староста В.І., Дзямко В.М., Гам М.С. Збірник прикладів і задач з спецкурсу “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.
- 14.Тарасевич Ю.И., Овчаренко О.Д. Адсорбция на глинистых минералах. К.: Наукова думка, 1975. – 322 с.
- 15.Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. К.: Наукова думка, 1981. - 208 с.
- 16.Толмачев А.М., Никашина В.А., Челищев Н.Ф. Ионнообменные свойства и применение синтетических и природных цеолитов // Ионный обмен. – М.: Наука, 1981. – С. 45-63.
- 17.Физико-химические и медико-биологические свойства природных цеолитов: Сб. научн. трудов / АН СССР, Сиб. отделение. Новосибирск, 1990. - 145 с.
- 18.Химия цеолитов и катализ на цеолитах. Под ред. Дж. Рабо. М.: Мир, 1980. Т.1 - 507 с., Т.2 - 422 с.
- 19.Челищев Н.Ф., Беренштейн Б.Г., Володин В.Ф. Цеолиты – новый тип минерального сырья. М.: Недра, 1987. - 176 с.
- 20.Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел.: Пер. с англ../ под. ред..Г.Парфита, К. Рочестера,-М.:Мир,1986.
- 21.Вища освіта в Україні і Болонський процес: / С.М. Гончаров, В.С. Мошинський; Нац. ун-т вод. госп-ва та природокористування. – Рівне, 2005. – 141 с.
22. 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.
- 23.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.

### **Періодичні видання**

1. Украинский химический журнал (Институт загальної та неорганічної хімії ім.В.І. Вернадського НАН України)

2. Хімія, фізика і технологія поверхні. (Інститут хімії поверхні НАН України).
3. Хімія, технологія речовин та їх застосування (Державний університет "Львівська політехніка").
4. Хімія і технологія води (Інститут колоїдної хімії і хімії води ім. А.В.Думанського НАН України).
5. Украинский химический журнал (Інститут загальної та неорганічної хімії ім.В.І. Вернадського НАН України)

#### **Інформаційні ресурси в мережі Інтернет**

1. [www.nbuv.gov.ua](http://www.nbuv.gov.ua)(бібліотека ім.В.І.Вернадського )
2. [www.mon.gov.ua](http://www.mon.gov.ua) (МОНМС України)
3. <http://www.maik.ru/cgi-bin/list.pl?page=fizkhim>(журнал физической химии)

**Результати перегляду  
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).

(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)  
ініціали)

(Прізвище

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).

(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)  
ініціали)

(Прізвище

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).

(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

(Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).

(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

(підпис) (Прізвище ініціали)