

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**



Факультет природничих наук

Кафедра хімії

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
МЕХАНІЗМИ АДСОРБЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ**

Рівень вищої освіти – третій (освітньо-науковий)

Освітня програма Хімія

Спеціальність 102 Хімія

Галузь знань 10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 1 від “25” січня 2024 р.

м. Івано-Франківськ – 2024 р.

## 1. Загальна інформація

Назва дисципліни	Механізми адсорбційних процесів
Викладач (і)	професор Миронюк Іван Федорович
Контактний телефон викладача	+380503738486
E-mail викладача	<a href="mailto:ivan.myroniuk@pnu.edu.ua">ivan.myroniuk@pnu.edu.ua</a>
Формат дисципліни	Очний
Обсяг дисципліни	6 кредитів ЄКТС, 180 год.
Посилання на сайт дистанційного навчання	<a href="https://d-learn.pnu.edu.ua/">https://d-learn.pnu.edu.ua/</a>
Консультації	щотижня

## 2. Анотація до навчальної дисципліни

Дисципліна «Механізми адсорбційних процесів» належить до вибіркової дисципліни циклу професійної підготовки. Дисципліна «Механізми адсорбційних процесів» вивчається аспірантами спеціальності 102 Хімія у третьому семестрі. Предмет спрямований на ознайомлення аспірантів із фізико-хімічними основами явища адсорбції, механізмами адсорбційних процесів, властивостями адсорбентів. Розглядаються вуглецеві сорбенти, силікагель, адсорбенти на основі кремнезему, на основі алюмосилікатних та глинистих матеріалів, органосилоксанів, біополімерів і синтетичних органічних полімерів, адсорбенти лікувальної дії.

## 3. Мета та цілі навчальної дисципліни

Метою викладання курсу «Механізми адсорбційних процесів» є поглиблення знань аспірантів у галузі адсорбційних явищ, методів одержання різних видів адсорбентів, їх використання. Предметом вивчення навчальної дисципліни є адсорбційні явища, використання адсорбентів, хімічні аспекти синтезу адсорбентів.

У результаті вивчення дисципліни аспірант повинен:

**знати:**

- фізико-хімічні основи явища адсорбції, види адсорбційних взаємодій;
- механізми фізичної адсорбції і хемосорбції, адсорбції газів, енергетичні параметри адсорбції;
- ізотерми адсорбції газів, рівняння Генрі, ізотерму Фрейндліха, теорію мономолекулярної адсорбції Ленгмюра;
- механізми ступінчастої адсорбції, полімолекулярної адсорбції газів, теорію БЕТ;
- потенціальну теорію адсорбції Поляні, означення адсорбційного потенціалу, рівняння адсорбції Дубініна-Радушкевича;
- структурно-морфологічні властивості адсорбентів, типи адсорбентів;
- характеристики високодисперсних адсорбентів, матеріалів із внутрішньою

і текстурованою пористістю;

- особливості капілярної конденсації, теорію об'ємного заповнення мікропор, кінетику адсорбції газів, особливості молекулярної адсорбції з розчинів;

- експериментальні методи визначення параметрів адсорбції;

- методи визначення питомої поверхні матеріалів за адсорбцією молекул речовин і за теплою змочування;

- механізм йонообмінної адсорбції, адсорбенти для вилучення катіонів важких металів із водного середовища;

- характеристику вуглецевих адсорбентів, методи активації вуглецю;

- особливості темплатного синтезу вуглецевих адсорбентів, характеристику вуглецевих молекулярних сит;

- адсорбційний метод очищення води, технологічні аспекти доочищення питної води з використанням вуглецевих адсорбентів;

- способи одержання силікагелю і його структурно-морфологічні характеристики;

- адсорбційні властивості аеродисперсного кремнезему;

- адсорбенти на основі хімічно модифікованого кремнезему;

- адсорбенти для еферентної медицини, адсорбцію білків аеродисперсним кремнеземом;

- механізм лікувальної дії адсорбентів, пряму і опосередковану дію ентеросорбентів;

- фармакологічні властивості вуглецевих адсорбентів;

- ентеросорбенти на основі алюмосилікатних і глинистих матеріалів;

- ентеросорбенти на основі діоксиду кремнію і органосилоксанів;

- ентеросорбенти на основі біополімерів і синтетичних органічних полімерів;

**вміти:**

- описувати експериментальні адсорбційні ізотерми математичними моделями;

- визначати адсорбційну активність адсорбентів по відношенню до органічних барвників;

- визначати об'єм пор і питому поверхню адсорбентів;

- визначати точку нульового заряду поверхні адсорбентів;

- визначати адсорбційні властивості мезопористого  $\text{TiO}_2$  по відношенню до катіонів важких металів.

#### 4. Програмні компетентності та результати навчання

**Загальні компетентності (ЗК):**

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність до проведення самостійних досліджень на сучасному рівні.

ЗК3. Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК5. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК7. Здатність презентувати наукові матеріали та аргументи у письмовій та усній формі.

**Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):**

СК1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, як теоретичні так й експериментальні, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у галузі хімії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з хімії та суміжних галузей.

СК3. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних, методи комп'ютерного моделювання, спеціалізоване програмне забезпечення та електронні ресурси у науковій та навчальній діяльності.

СК5. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері хімії, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

**Програмні результати навчання (ПРН):**

ПРН1. Мати передові концептуальні та методологічні знання з хімії та на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН5. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження в галузі хімії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН9. Застосовувати сучасні методи аналізу для встановлення структури синтезованих сполук, вивчення кінетики та механізмів хімічних реакцій.

ПРН12. Застосовувати знання хімічних теорій до реальних процесів, прогнозувати фізико-хімічні властивості та реакційну здатність речовин.

## 5. Організація навчання

Обсяг навчальної дисципліни	
Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	40
лабораторні заняття	20
самостійна робота	120

Ознаки навчальної дисципліни			
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
Третій	102 Хімія	Другий	Вибірковий

Тематика навчальної дисципліни			
Тема	кількість год.		
	лекції	заняття	сам. роб
Тема 1. Фізико-хімічні основи явища адсорбції. Види адсорбційних взаємодій.	2	–	4
Тема 2. Фізична адсорбція і хемосорбція. Адсорбція газів. Енергетичні параметри адсорбції.	2	–	4
Тема 3. Ізотерми адсорбції газів. Рівняння Генрі. Ізотерма Фрейндліха. Теорія мономолекулярної адсорбції Ленгмюра.	2	–	4
Лабораторна робота 1. Опис експериментальних ізотерм адсорбентів математичними моделями.	–	4	8
Тема 4. Ступінчаста адсорбція. Полімолекулярна адсорбція газів. Теорія БЕТ.	2	–	4
Тема 5. Потенціальна теорія адсорбції Поляні. Адсорбційний потенціал. Рівняння адсорбції Дубініна-Радушкевича.	2	–	4
Тема 6. Структурно-морфологічні властивості адсорбентів. Типи адсорбентів.	2	–	4
Лабораторна робота 2. Визначення адсорбційної активності адсорбентів по відношенню до барвників.	–	4	8
Тема 7. Високодисперсні адсорбенти і матеріали із внутрішньою і текстурованою пористістю.	2	–	4
Тема 8. Капілярна конденсація. Теорія об'ємного заповнення мікропор. Кінетика адсорбції газів. Молекулярна адсорбція з розчинів.	2	–	4
Тема 9. Експериментальні методи визначення параметрів адсорбції. Визначення питомої поверхні матеріалів за адсорбцією молекул речовин і за	2	–	4

теплотою змочування.			
Тема 10. Йонообмінна адсорбція. Адсорбенти для вилучення катіонів важких металів із водного середовища.	2	–	4
Лабораторна робота 3. Визначення об'єму пор і питомої поверхні адсорбентів.	–	4	8
Тема 11. Вуглецеві адсорбенти. Методи активації вуглецю. Темплатний синтез вуглецевих адсорбентів. Вуглецеві молекулярні сита.	2	–	4
Тема 12. Адсорбційний метод очищення води. Технологічні аспекти доочищення питної води з використанням вуглецевих адсорбентів.	2	–	4
Тема 13. Силікагель. Способи одержання силікагелю і його структурно-морфологічні характеристики.	2	–	4
Тема 14. Адсорбційні властивості аеродисперсного кремнезему. Адсорбенти на основі хімічно модифікованого кремнезему.	2	–	4
Лабораторна робота 4. Визначення точки нульового заряду поверхні адсорбентів.	–	4	8
Тема 15. Адсорбенти для еферентної медицини. Адсорбція білків аеродисперсним кремнеземом.	2	–	4
Тема 16. Механізм лікувальної дії адсорбентів. Пряма і опосередкована дія ентеросорбентів.	2	–	4
Тема 17. Фармакологічні властивості вуглецевих адсорбентів.	2	–	4
Тема 18. Ентеросорбенти на основі алюмосилікатних і глинистих матеріалів.	2	–	4
Лабораторна робота 5. Адсорбція катіонів важких металів мезопористим TiO <sub>2</sub> .	–	4	8
Тема 19. Ентеросорбенти на основі діоксиду кремнію і органосилоксанів.	2	–	4
Тема 20. Ентеросорбенти на основі біополімерів і синтетичних органічних полімерів.	2	–	4
ЗАГ.:	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>120</b>

## 6. Система оцінювання навчальної дисципліни

Загальна система оцінювання навчальної дисципліни	Оцінювання курсу відбувається згідно з <a href="#">Положенням про порядок організації та проведення оцінювання успішності здобувачів вищої освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника</a> . Загальна максимальна сума балів, яка присвоюється за курс, становить 100 балів. Упродовж семестру студент отримує бали за <ul style="list-style-type: none"><li>- виконання тестових завдань за матеріалами лекцій на платформі дистанційного навчання d-learn.pnu.edu.ua</li><li>- усний захист лабораторних робіт;</li><li>- написання двох письмових контрольних робіт;</li><li>- підсумковий контроль (максимально 50 балів).</li></ul>
Вимоги до письмових робіт	Протягом семестру передбачено написання від руки двох домашніх контрольних робіт.
Лабораторні роботи	Методичні рекомендації до виконання робіт завантажуються з сайту d-learn.pnu.edu.ua і роздруковуються перед заняттям. Під час виконання лабораторних робіт необхідно дотримувати загальних правил техніки безпеки роботи в лабораторії. Виконання всіх лабораторних робіт необхідне для допуску до екзамену. Спостереження за результатами експериментів вносяться студентом від руки під час лабораторної роботи. Кожен студент відповідає за запис всіх даних необхідних для проведення розрахунків і не повинен покладатися на записи інших студентів під час аналізу даних.
Умови допуску до підсумкового контролю	Для допуску до підсумкового контролю необхідно виконати всі контрольні та лабораторні роботи і отримати не менше ніж 25 балів.
Підсумковий контроль	Форма контролю – екзамен. Форма здачі – письмова. Студент набирає 50 балів за роботу впродовж семестру (мінімум – 25 балів) та 50 (мінімум 25 балів) балів – за залік. Екзаменаційний білет складається з 4 завдань. Перше, друге і третє завдання – теоретичні запитання, четверте завдання – практичне.

## 7. Політика навчальної дисципліни

Основою політики курсу є взаємоповага у спілкуванні та фокусування на навчанні. Телефони під час занять повинні бути переведені в беззвучний режим, а відлучення з аудиторії для спілкування допускаються тільки в нагальних випадках. Під час онлайн-занять студенти повинні бути готові вмикати камеру та мікрофон у разі потреби.

Письмові роботи: Очікується, що студент протягом семестру виконає дві домашні контрольні роботи. Варіанти контрольних робіт включають в себе задачі відповідного

змістовного модуля різних типів та рівнів складності.

Академічна доброчесність: Списування та плагіат, а також користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час опитування, виконання письмового завдання чи тестування є недопустимими та призводять до незарахування результатів чи нескладання тестування відповідно до [Положення про запобігання академічному плагіату та іншим порушенням академічної доброчесності у навчальній та науково-дослідній роботі здобувачів освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника](#).

Відвідування занять є важливою складовою навчання. При виставленні підсумкового балу обов'язково враховується своєчасне виконання лабораторних робіт та контрольних завдань. Враховуються результати відпрацювання з поважної причини пропущених занять. Якщо студент пропустив заняття і не зміг здати лабораторні та письмові роботи у встановлені терміни через хворобу або з інших поважних причин, документально підтверджених відповідною організацією, він має право на перенесення терміну здачі робіт. Пропущені заняття відпрацьовуються протягом місяця або протягом тижня КСР шляхом складання тестів у системі дистанційного навчання.

Студентам, котрі навчаються за **індивідуальним графіком**, дозволяється вільне відвідування лекцій та опрацювання лекційного матеріалу самостійно з обов'язковим проходженням усіх тестувань на платформі дистанційного навчання d-learn.pnu.edu.ua та виконанням усіх завдань відповідно до індивідуального графіку навчання, складеного та погодженого з викладачем на початку семестру. Умови навчання за індивідуальним графіком регламентуються [Положенням про порядок навчання здобувачів вищої освіти за індивідуальним графіком у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника](#). Студент повинен звернутися з запитом щодо індивідуального графіку навчання впродовж двох тижнів після початку семестру. Викладач формулює завдання для студента, що навчається за індивідуальним графіком, протягом тижня після такого звернення студента і надає матеріали та завдання для виконання синхронно з видачею завдань для студентів, що навчаються очно.

Неформальна освіта: Сертифікат про успішне проходження курсу, зміст якого частково або повністю відповідає змісту дисципліни, дає можливість доповнити бали за підсумковий контроль згідно з [Положенням про визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної освіти в Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника](#). Цю можливість, а також назви та програми курсів, бажано обговорити з викладачем завчасно.

## 8. Рекомендована література

1. Іваненко, І. М. Адсорбція, адсорбенти і каталізатори на їх основі [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / І. М. Іваненко, Т. А. Донцова, Ю. М. Феденко ; КПП ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2018. 233 с.
2. Я. М. Черненко, М.Д. Волошин, Л.П. Ларичева. Каталізатори та сорбенти. Кам'янське: ДДТУ 2017, 316 с.
3. Ентеросорбенти у медичній практиці: посібник для лікарів / В.П. Терещенко, В.А. Піщиков, Л.В. Дегтярьова та ін. / За ред. В.П. Терещенко, В.А. Піщикова. Київ: Міжрегіон. видав. центр «Медінформ», 2008. 80 с.
4. I.F. Myronyuk, V.I. Mandzyuk, V.M. Sachko, V.M. Gun'ko. Structural features of carbons produced using glucose, lactose, and saccharose // Nanoscale Research Letters. 2016. V.11 (508).



Р. 1-9.5.

5. І.Ф. Миронюк, В.І. Мандзюк, В.М. Сачко, Р.П. Лісовський, Б.І. Рачій. Морфологічні та електрохімічні властивості вуглецевих електродних матеріалів, отриманих на основі лактози // Журнал нано- та електронної фізики. 2016. Т. 8, № 3. С. 03028-1-03028-7.

**Викладач** \_\_\_\_\_ **Іван МИРОНЮК**