

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра фізичної хімії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



В.о. заступника декана  
з навчальної роботи

Наталія УСЕНКО

06 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ФІЗИЧНА ХІМІЯ МІЖФАЗНИХ ЯВИЩ

для студентів

галузь знань	ЕПриродничі науки, математика і статистика
спеціальність	ЕЗХімія
освітній рівень	магістр
освітня програма	Хімія
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	заочна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	<u>2</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: д.х.н., проф., професор, Олексенко Л.П.

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

КИЇВ - 2025

Розробник:

Олексенко Людмила Петрівна, д.х.н., професор, кафедра фізичної хімії \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри фізичної хімії



Олександр ПОЇК

Протокол № 12 від « 11 » квітня 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від «8» \_\_\_\_\_ травня \_\_\_\_\_ 2025 року № 11

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ Олександр ПОЇК

« 8 » \_\_\_\_\_ травня \_\_\_\_\_ 2025 року

**1. Мета дисципліни** – надання студентам теоретичних знань з основних розділів фізичної хімії міжфазних явищ, особливостей процесів, що перебігають на поверхні поділу між фазами, їх застосуванням, з сучасними методами дослідження структурно-адсорбційних властивостей твердих тіл та надання студентам практичних навичок роботи з їх характеристиками.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

*1. Мати базові знання з університетських курсів фізики, вищої математики, фізичної хімії та колоїдної хімії на рівні бакалаврату.*

*2. Знання англійської мови на рівні B2*

**3. Анотація навчальної дисципліни:** в курсі «Фізична хімія міжфазних явищ» викладаються основні розділи хімії поверхневих явищ на поверхнях поділу рідина–газ і тверде тіло–газ; фізико-хімічні основи описання гетерогенних систем з поверхневим шаром, основні теорії нуклеації, адсорбції, моделі мономолекулярного шару адсорбату на поверхні твердого тіла, що базуються на рівнянні ідеального двовимірного газу, двовимірного аналога рівняння Ван дер Ваальса та моделі полімолекулярної адсорбції; сучасні фізико-хімічні методи дослідження поверхні адсорбентів і каталізаторів, які необхідні для дослідження структурно-адсорбційних властивостей, пористості і питомої поверхні твердих тіл та розуміння природи явищ на поверхні поділу фаз. Навчальна дисципліна сприяє формуванню цілісної системи знань щодо фізико-хімічних основ тих явищ, що відбуваються на межі поділу між фазами.

**4. Завдання (навчальні цілі):**

- Сформувати у студента чітке уявлення про основні фізико-хімічні закони та закономірності перебігу процесів на межі поділу між фазами. Сформувати у студента знання про основні теоретичні моделі, що описують різноманітні адсорбційні процеси, вміння одержувати рівняння для описання ізотерм адсорбції та вміння використання їх для описання експериментальних ізотерм адсорбції та десорбції.

Навчальна дисципліна спрямована на досягнення фахової компетентності випускника ФК8.5.

## 5. Результати навчання за дисципліною:

Результати навчання (1 - знати; 2 - вміти; 3 - комунікація; 4 - автономність та відповідальність)		Форми викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати сучасні теорії, які описують поверхневі явища, що відбуваються на поверхні поділу фаз у гетерогенних системах.	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Тематична модульна контрольна робота з усним опитуванням, перевірка самостійної роботи, іспит	10
1.2	Знати основні фізико-хімічні причини виникнення міжфазних явищ, їх залежність від зовнішніх факторів та особливостей стану і властивостей поверхні.	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Тематична модульна контрольна робота з усним опитуванням, перевірка завдань самостійної роботи, оцінювання реферату, іспит	10
1.3	Знати основні експериментальні фізико-хімічні методи дослідження стану поверхні твердих речовин та матеріалів.	Лекції, лабораторні, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота, перевірка завдань самостійної роботи, захист практичної роботи, іспит	10
1.4	Знати сучасні та класичні методи вимірювання питомої поверхні адсорбентів та каталізаторів.	Лекції, лабораторні, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота (питання з відкритими відповідями); перевірка завдань самостійної роботи, захист практичної роботи, іспит	10
1.5	Знати методи розрахунку пористості твердих тіл та підходи обробки результатів адсорбційно-десорбційного експерименту.	Лекції, лабораторні, самостійні роботи	Контрольна робота, перевірка завдань самостійної роботи, захист практичної роботи, іспит	10
2.1	Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення якісних та кількісних задач для нових синтезованих твердих тіл.	Лабораторні, самостійне опрацювання рекомендованої літератури	Перевірка завдань самостійної роботи, захист практичної роботи	10
2.2	Здійснювати систематизацію та критичний аналіз даних адсорбційних досліджень.	Лекції, лабораторні, самостійне опрацювання рекомендованої літератури	Контрольна робота, перевірка завдань самостійної роботи, захист практичної роботи, іспит	5
2.3	Планувати, організовувати та проводити лабораторні дослідження адсорбційних	Лабораторні, самостійне опрацювання	Перевірка завдань самостійної роботи, захист практичної	5

	властивостей речовин та матеріалів з використанням сучасних контрольних-вимірних приладів.	рекомендованої літератури	роботи	
2.4	Виконувати обробку результатів адсорбційних досліджень з використанням різних підходів та моделей.	Лабораторні, самостійне опрацювання рекомендованої літератури	Перевірка завдань самостійної роботи, захист практичної роботи	5
3.1	Володіти навичками публічної мови та ведення дискусії з колегами та цільовою аудиторією.	Лабораторні роботи. Самостійне опрацювання рекомендованої літератури	Перевірка завдань самостійної роботи, усна доповідь з презентацією, захист результатів практичних робіт.	5
3.2	Використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології для спілкування, обміну та інтерпретації даних.	Лекції, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, усна доповідь з презентацією	5
4.1	Уміти вчитись самостійно для безперервного професійного розвитку. Вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнювати науково-технічну інформацію.	Самостійна робота	Перевірка завдань самостійної роботи, усна доповідь з презентацією	10
4.2	Приймати обґрунтовані рішення, нести відповідальність за власні судження та результати.	Лабораторні, самостійна робота	Перевірка завдань самостійної роботи, захист практичних робіт	5

#### 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни з програмними результатами навчання

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни													
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	4.1	4.2	
ПРН13.5. Використовувати набуті знання та вміння для формування нових гіпотез на основі експериментальних даних та моделювання термодинамічних та кінетичних даних.	+	+	+	+	+	+	+							
ПРН14.5. Встановлювати та інтерпретувати взаємозв'язок між складом, будовою та фізико-хімічними властивостями сполук та матеріалів.								+	+	+	+	+	+	

## 7. Схема формування оцінки

### 7.1. Форми оцінювання студентів:

#### Семестрове оцінювання:

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом: **60 балів /36 балів**, а саме:

1. Тематична контрольна робота: **РН 1.1, РН 1.2 – 12/7 балів.**
2. Контрольна робота (з відкритими питаннями): **РН 1.3, РН 1.4, РН 1.5, РН 2.2 – 12/6 балів.**
3. Практичні роботи 1-2: **РН 1.3, РН 1.4, РН 1.5, РН 2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 2.4, РН 3.1, РН 4.2 – 12/8 балів.**
4. Оцінювання самостійної роботи (літературний пошук, реферат, усна доповідь та презентація): **РН 1.1, РН 1.2, РН 1.3, РН 1.4, РН 1.5, РН 2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 2.4, РН 3.1, РН 3.2, РН 4.1–12 балів/7 бали.**
5. Оцінювання звітів по лабораторних роботах – **РН 1.3, РН 1.4, РН 1.5, РН 2.1, РН 2.2, РН 2.3, РН 2.4, РН 3.1, РН 4.2 – 12 балів/8 балів**

#### - підсумкове оцінювання: у формі іспиту

Підсумкова оцінка з освітнього компоненту в цілому: підсумковою формою контролю за яким встановлено іспит визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання (дистанційно та під час проведення аудиторних занять; оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінки, отриманої під час іспиту.

Форма проведення іспиту - письмова, вид письмових завдань – комбіновані тестові та відкриті питання. Результатами навчання, які оцінюються під час проведення іспиту, є **РН 1.1-1.5**. Максимальна кількість балів, яка може бути отримати здобувачем освіти під час іспиту, становить 40 балів за 100 бальною шкалою. Здобувач освіти не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.

Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

#### - умови допуску до підсумкового іспиту:

Обов'язковою умовою допуску до іспиту є написання двох модульних контрольних робіт, виконання лабораторних робіт та написання реферату. Здобувач освіти не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.

### 7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення оцінювання:

Модульні контрольні роботи проводяться дистанційно, оцінювання лабораторних робіт здійснюється протягом проведення аудиторного навчання. Для написання реферату, підготовки презентації та доповіді студенти мають провести аналіз літератури по відомим методам визначення пористості, розрахунку розподілу пор за розмірами та основам теоретичних положень, на яких базуються відповідні моделі розрахунку, а також їх переваги, обмеження та недоліки.

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень / Marks
<b>Відмінно</b> / Excellent	90-100
<b>Добре</b> / Good	75-89
<b>Задовільно</b> / Satisfactory	60-74
<b>Незадовільно</b> / Fail	0-59

**8. Структура навчальної дисципліни “Фізична хімія міжфазних явищ“. Тематичний план лекцій і практичних занять**

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
<b>«Термодинамічний опис гетерогенних систем з поверхневим шаром та поверхнею поділу між фазами. Загальна термодинаміка поверхневих явищ»</b>				
1	<b>Лекція.</b> Поверхневий шар та його характеристики. Умови рівноваги для гетерогенних систем з поверхневим шаром. Рівняння Юнга-Лапласа - головне рівняння капілярності. Виведення рівняння Юнга-Лапласа. Рівняння Томсона-Кельвіна та його застосування.	1		5
2	<b>Самостійна робота.</b> Капілярні явища. Застосування рівняння Юнга-Лапласа. Аналіз рівняння Юнга-Лапласа. Дія основного закону капілярності.			6
3	<b>Самостійна робота.</b> Фундаментальні рівняння Гіббса для міжфазного шару. Адсорбційне рівняння Гіббса. Ізотерма адсорбції Гіббса. Адсорбція у двофазних двокомпонентних системах.			8
4	<b>Лекція.</b> Рівноважна форма кристалу. Кристалографічна теорема Вульфа. Наслідок із кристолографічної теореми Вульфа. Принцип Гіббса-Кюри-Вульфа. Принцип геометричної побудови рівноважної форми кристалів. Принцип Браве.	1		8
5	<b>Тематична модульна контрольна робота</b>			
<b>«Моделі та теорії адсорбції . Особливості ізотерм адсорбції та їх застосування. Питома поверхня твердих тіл та методи її визначення»</b>				
6	<b>Лекція.</b> Адсорбція і абсорбція. Типи абсорбції та адсорбції. Критерії відмінності. Локалізована, нелокалізована і псевдолокалізована адсорбція. Модель Росса і Олівера. Модель утрудненого поступального руху - модель Хілла.	1		5
7	<b>Самостійна робота.</b> Ізотерми адсорбції та моделі моношару. Рівняння ідеального двовимірного газу. Зв'язок між рівняннями стану і ізотермами адсорбції. Ізотерма адсорбції Фольмера. Ізотерма адсорбції Хілла-де-Бура. Теорії мономолекулярної адсорбції для різних поверхонь, їх головні постулати і наближення.			8
8	<b>Самостійна робота.</b> Моделі та теорії полімолекулярної адсорбції, головні постулати та аналіз. Типи ізотерм адсорбції. Практичне використання ізотерм адсорбції для розрахунку структурно-адсорбційних характеристик твердих тіл. Термодинаміка адсорбції на межі поділу тверде тіло - газ.			8
9	<b>Самостійна робота.</b> Поверхня твердих тіл, адсорбентів і каталізаторів. Питома поверхня твердих тіл. Адсорбційні методи визначення питомої поверхні адсорбентів та каталізаторів, їх характеристика. Адсорбція з розчинів.			6
10	<b>Самостійна робота.</b> Адсорбційні та десорбційні вимірювання пари адсорбату на поверхні адсорбентів і каталізаторів та особливості їх проведення методом Мак-Бена-Бакра.			8
11	<b>Самостійна робота.</b> Визначення питомої поверхні непористих і мікропористих адсорбентів. Сучасні прилади (сорбтометри) і станції для вивчення структурно-адсорбційних характеристик.			8
12	<b>Лекція.</b> Газова хроматографія. Газо-адсорбційна і газо-рідинна	1		8

	хроматографія. Типи детекторів і хроматограм. Детектор за теплопровідністю – катарометр. Принцип дії та електрична схема катарометра. Хроматографічні методи визначення питомої поверхні твердих тіл, їх переваги. Метод теплової десорбції аргону.			
13	<b>Практична робота 1.</b> Визначення питомої поверхні твердих тіл методом теплової десорбції аргону.		1	5
14	<b>Самостійна робота:</b> Пористі адсорбенти та каталізатори. Сучасні фізико-хімічні методи дослідження поверхневого шару та поверхні твердого тіла. Адсорбенти. Розвиток потенціальної теорії адсорбції, відносний метод Дубініна обчислення ізотерм адсорбції пари. Пористість та її визначення. Капілярна конденсація. Гістерезис. Типи пор та типи гістерезисів. Методи визначення розподілення пор за розмірами.			8
15	<b>Практична робота 2.</b> Визначення питомої поверхні та пористості вуглецевих адсорбентів за адсорбційно-десорбційними даними.		1	5
16	Проведення літературного пошуку. Підготовка реферату та презентації після самостійного опрацювання рекомендованої літератури			16
17	<b>Контрольна робота</b>			
	<b>Всього</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>112</b>

Загальний обсяг 120 год, в тому числі:

Лекції – 6 год.

Практичні роботи – 2 год.

Консультації – 0 год.

Самостійна робота – 112 год.

## 9. Рекомендовані джерела

### Основні:

1. Adamson Arthur W. Physical chemistry of surfaces. – New York. – 1979. – 568 p.
2. Gregg S.J., Sing K.S.W. Adsorption, Surface area and Porosity. – U.K.:Uxbridge. – 1981. – 408 p.
3. Олексенко Л.П. Фізична хімія міжфазних явищ: підручник. – К.:ВПЦ “Київський університет”. – 2018. – 287 с.
4. Jaucok M. J., Parfitt G.D. Chemistry of interfaces. – Chichester: Ellis Horwood Limited Publishers. – 1981. – 279 p.
5. Mac-Neyr G., Bonelli E. Introduction to gas chromatography. – 1970. – 337 p.
6. Schupp O. E. III. Gas chromatography. – New York: Interscience Publishers. – 1968. – 385 p.
7. Jennings W. Gas chromatography with glass capillary columns. – New York: Academic Press. – 1978. – 199 p.
8. Adam N. K. Surface chemistry. – New York: Interscience Publishers. – 1961. – 629 p.
9. Гунько В.М. Особливості використання методу БЕТ для різних адсорбентів// *Хімія, фізика та технологія поверхні*. – 2022. – т. 13. – №3 . – С. 249 – 258.
10. Gun'ko V. M., Do D. D. Characterisation of pore structure of carbon adsorbents using regularization procedure // *Colloids and Surfaces A<sup>^</sup> Physicochemical and Engineering Aspects*. – v. 193. – N 1–3. – P. 71–83.
11. Rouquerol J., Rouquerol F., Sing K.S.W., Llewellyn P., Maurin G. Adsorption by Powders and Porous Solids: Principles, Methodology and Applications. – New York: Academic Press. – 2014. – 646 p.

**Додаткові:**

12. Функціоналізовані пористі матеріали для аналітичної хімії/ В.М. Зайцев., Л.І. Савранський. – К.:ВПЦ “Київський університет”. – 2005. – 202 с.