

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Хімічний факультет**  
Кафедра фізичної хімії

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник декана/директора  
з навчальної роботи  
Павленко В.О.



« 8 » 05 2020 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ФІЗИЧНА ХІМІЯ  
МІЖФАЗНИХ ЯВИЩ**

для студентів

галузі знань	<b>10 Природничі науки</b>
спеціальність	<b>102 Хімія</b>
освітній рівень	<b>“магістр”</b>
освітня програма	<b>Хімія</b>
вид дисципліни	<b>вибіркова</b>

Форма навчання **денна**  
Навчальний рік **2019/2020**  
Семестр **II**  
(II семестр програми підготовки за ОР «магістр»)  
Кількість кредитів ECTS **4 кредити**  
Мова викладання, навчання та оцінювання **українська**  
Форма заключного контролю **іспит**

Викладач: **Олексенко Людмила Петрівна**

Пролонговано: на **2020/2021** н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

на **2021/2022** н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КИЇВ – 2019**

Розробник: **Олексенко Людмила Петрівна, проф., д.х.н., проф.**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізичної хімії



(Фрицький І.О.)

Протокол № 7 від 9. 04. 2019 року

Схвалено науково - методичною комісією хімічного факультету

Протокол № 4 від "8" травня 2019 року

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ (Роїк О. С.)

« 8 » травня 2019 року

Протокол № .....від "....." 20\_\_ року

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ (Роїк О. С.)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

Протокол № .....від "....." 20\_\_ року

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**1. Мета дисципліни** – ознайомлення студентів з теоретичними основами поверхневих явищ, що відбуваються на поверхні поділу між фазами у гетерогенних системах та надання фундаментальних знань з основних розділів фізичної хімії поверхневих явищ з метою їх подальшого застосування на практиці, ознайомлення із сучасними напрямками й методами досліджень і вироблення навичок застосування цих знань.

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

- 1. Знати фізику, вищу математику та фізичну хімію на рівні бакалавра за спеціальністю «Хімія».*
- 2. Знати умови реалізації рівноважного стану у гетерогенних системах.*
- 3. Володіти практичними навичками роботи на базових лабораторних установках при фізико-хімічних дослідженнях на рівні бакалавра за спеціальністю «Хімія».*
- 4. Мати знання з основних сучасних фізико-хімічних методів дослідження на рівні бакалавра за спеціальністю «Хімія».*

**3. Анотація навчальної дисципліни.**

В рамках курсу "Фізична хімія міжфазних явищ" розглядаються основні розділи хімії поверхневих явищ, уявлення про поверхневий шар, основи термодинамічного описання систем з поверхневим шаром, природу і реальну структуру поверхні твердого тіла, явища, які спостерігаються на поверхнях поділу рідина – газ і тверде тіло – газ; моделі ідеального шару адсорбату на поверхні твердого тіла, що базуються на рівнянні ідеального двовимірного газу і двовимірного аналога рівняння Ван дер Ваальса; основні теорії 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.

**4. Завдання (навчальні цілі):** навчити розуміти теоретичні основи міжфазних явищ та експериментальні підходи до їх вивчення з метою подальшого обґрунтованого вибору експериментальних методів їх дослідження; дати термодинамічне описання гетерогенних систем з поверхневим шаром в них; навчити одержувати інформацію про структурно-адсорбційні характеристики твердих тіл при використанні різноматнітних методів; навчити одержувати інформацію про пористість адсорбентів на підставі аналізу їх адсорбційно-десорбційних властивостей; сформувати практичні навички для використання сучасного устаткування та теоретичних адсорбційних моделей.

## 5. Результати навчання за дисципліною:

Код	Результат навчання	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання поточний контроль (активність під час лабораторних робіт ПтК-1 та контроль самостійної роботи ПтК-2), підсумковий контроль ПсК	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
<b>1. Знання</b>				
1.1	Знати сучасні теорії описання поверхневих явищ, що відбуваються на поверхні поділу фаз у гетерогенних системах	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
1.2	Знати основні фізико-хімічні причини виникнення між-фазних явищ, їх залежність від зовнішніх факторів та особливостей стану і властивостей поверхні	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
1.3	Знати основні експериментальні фізико-хімічні методи дослідження стану поверхні твердих речовин та матеріалів	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
1.4	Знати сучасні та класичні методи вимірювання питомої поверхні адсорбентів та каталізаторів	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
1.5	Знати методи розрахунку пористості твердих тіл та підходи обробки результатів адсорбційно-десорбційних експериментів	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
<b>2. Вміння</b>				
2.1	Застосовувати отримані знання для вирішення якісних та кількісних задач для нових синтезованих твердих тіл	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
2.2	Планувати, організовувати та проводити лабораторні дослідження адсорбційних властивостей речовин та матеріалів з використанням сучасних контрольно-вимірювальних приладів	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5

2.3	Здійснювати систематизацію та критичний аналіз даних адсорбційних досліджень	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
2.4	Вміти інтерпретувати та відтворювати результати експерименту.	лекції, лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
<b>3. Комунікація</b>				
3.1	Використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології для збору, аналізу, обробки та інтерпретації експериментальних даних; володіти навичками публічної мови та ведення дискусії з колегами та цільовою аудиторією	лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
3.2	Здатність виконувати передбачені навчальною програмою завдання у співпраці з іншими виконавцями	лабораторні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
<b>4. Автономність та відповідальність</b>				
4.1	Вміти самостійно фіксувати, аналізувати та інтерпретувати експериментальні дані, що стосуються структурно-адсорбційних властивостей твердих тіл; уміти вчитись самостійно для безперервного професійного розвитку	лабораторні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
4.2	Приймати обґрунтовані рішення, нести відповідальність за виконання експериментів, власні судження та результати	лабораторні, самостійні	ПтК-2, ПсК	5
4.3	Дотримуватися правил наукової етики в процесі критичної обробки наявної та створенні нової інформації у галузі фізичної хімії міжфазних явищ	лабораторні, самостійні	ПтК-2, ПсК	5

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни (РНД) із програмними результатами навчання (ПРН):**

Програмні результати навчання (назва)	Результати навчання дисципліни (код)													
	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	4.3
<b>Знання</b>														
Знати сталі наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.	+	+				+							+	
Знати та розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми.	+	+				+	+	+					+	
Знати методи синтезу та аналізу хімічних сполук.	+			+			+	+						
Знати методи комп'ютерного моделювання структури, параметрів і динаміки хімічних систем	+	+	+	+					+				+	
Знати методологію та організації наукового дослідження	+	+	+	+	+			+						
Знати іноземну мову на рівні B2									+	+	+	+	+	
Знати методологію процесів навчання й виховання, а також передові методи формування навичок організації самостійної роботи														
<b>Уміння</b>														
Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення якісних та кількісних задач незнайомої природи.						+	+							
Вміти ясно і однозначно донести результати власного дослідження до фахової аудиторії та/або нефаківців.										+	+			
Здійснювати систематизацію та критичний аналіз даних.	+												+	
Планувати, організовувати та здійснювати експериментальну роботу самостійно та автономно.	+						+	+						
Проводити лабораторні процедури з використанням сучасних контрольно-вимірювальних приладів.														
Виконувати обробку результатів досліджень з використанням спеціального програмного забезпечення.						+								
Обирати адекватні поставленій задачі методи комп'ютерного моделювання структури, параметрів і динаміки хімічних систем.							+							

Використовувати інформаційно-комунікаційні технології для вирішення загальних професійних задач.																	
Представляти науковий та практичний матеріал в письмовій та усній формах.													+	+			
Представляти результати досліджень англійською мовою	+												+	+	+	+	
Перекладати фахову літературу та розуміти наукові тексти хоча б однією іноземною мовою.										+	+	+	+	+	+	+	
Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову доброчесність													+	+	+	+	
Складати технічне завдання до проекту, розподіляти час, організовувати свою роботу, складати звіт																	
Здійснювати моніторинг та аналіз наукових джерел інформації та фахової літератури.	+															+	
Використовувати набуті знання та компетенції з хімії для вирішення прикладних задач										+							
Аналізувати наукові проблеми та пропонувати їх вирішення на абстрактному рівні шляхом декомпозиції їх на складові, які можна дослідити окремо.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<b>Комунікація</b>																	
Володіти навичками публічної мови та ведення дискусії з колегами та цільовою аудиторією.														+	+	+	+
Працювати в міждисциплінарній команді, мати навички міжособистісної взаємодії з урахуванням етичних норм.							+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології для спілкування, обміну та інтерпретації даних.										+	+	+	+	+	+	+	
<b>Автономія та відповідальність</b>																	
Оцінювати ризики у професійній діяльності та здійснювати запобіжні дії.	+														+	+	+
Брати на себе відповідальність за виконання експериментів.	+														+	+	+
Діяти соціально та громадянсько свідомо на основі етичних міркувань.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Уміти вчитись самостійно для безперервного професійного розвитку.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Приймати обґрунтовані рішення, нести відповідальність за власні судження та результати.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

## **7. Схема формування оцінки**

**Оцінка за дисципліну =  $\Sigma$  балів змістовних модулів + бали за іспит**

### **7.1. Форми оцінювання студентів:**

#### **- семестрове оцінювання**

- 1.1. активність під час лекції;
- 1.2. активність під час лабораторних занять;
- 1.3. виконання домашньої самостійної роботи;
- 1.4. написання тематичної контрольної роботи;
- 1.5. написання модульної контрольної роботи.

#### **- підсумкове оцінювання**

іспит.



## 7.2. Організація оцінювання (за формами контролю згідно з графіком навчального процесу):

	Тематична контрольна робота		Змістовний модуль 1		Змістовний модуль 2		Змістовний модуль 3	
	Min. – 6 балів	Max. – 9 балів	Min. – 10 балів	Max. – 17 балів	Min. – 10 балів	Max. – 17 балів	Min. – 10 балів	Max. – 17 балів
Усна відповідь			1	2	1	2	1	2
Виконання домашньої самостійної роботи			1	3	1	3	1	3
Виконання лабораторних робіт			2	4	2	4	2	4
Тематична контрольна робота	6	9						
Модульна контрольна робота 1			6	8				
Модульна контрольна робота 2					6	8		
Модульна контрольна робота 3							6	8

До іспиту може бути допущений студент, який виконав усі обов'язкові види робіт, які передбачаються навчальним планом з дисципліни "Фізична хімія міжфазних явищ" (а саме: написання тематичної контрольної роботи, виконання лабораторних робіт, складання колоквиумів), і при цьому за результатами модульно-рейтингового контролю в семестрі отримав за змістові модулі сумарну оцінку в балах не менше 36 балів (критично розрахунковий мінімум при формі підсумкового контролю – іспит).

Для студентів, які набрали впродовж семестру сумарно меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум для допуску до іспиту допускається написання реферату за темами доповіді чи самостійної роботи, за які отримана незадовільна оцінка, або перескладання колоквиуму чи МКР, за які отримана незадовільна оцінка, з дозволу деканату (за наявності поважної причини, що не дозволила вчасно та якісно підготуватися до доповіді / колоквиуму / МКР).

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі МКР здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

## 7.3. Шкала відповідності оцінок

Шкала відповідності (за умови іспиту)

За 100 – бальною шкалою	За національною шкалою	
90 – 100	5	відмінно / excellent
85 – 89	4	добре / good
75 – 84		
65 – 74	3	задовільно / satisfactory
60 – 64		
0 – 59	2	незадовільно / fail

## 8. Структура навчальної дисципліни “ФІЗИЧНА ХІМІЯ МІЖФАЗНИХ ЯВИЩ”

### ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ теми	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні роботи	самостійна робота
<b>Змістовний модуль 1</b>				
<b>Характеристика поверхонь твердих тіл та методи її вивчення.</b>				
1	Поверхня твердих тіл, адсорбентів і каталізаторів. Загальна характеристика методів визначення питомої поверхні твердих тіл.	2		
2	Адсорбційні методи визначення питомої поверхні адсорбентів та каталізаторів, їх різновидності, та характеристика, переваги та недоліки.	2		5
3	Вивчення структурно-адсорбційних властивостей непористих і мікропористих адсорбентів - підходи і методи. Сорбтометри та станції на їх основі.	1		5
4	Адсорбція з розчинів. Вибір адсорбату. Застосування адсорбції барвників для визначення питомої поверхні.	1		5
5	Газова хроматографія. Газо-адсорбційна і газо-рідинна хроматографія. Типи детекторів і хроматограм.	1		5
6	Детектор по теплопровідності. Принцип дії катарометра, його електрична схема та чутливі елементи детектора по теплопровідності.	2		5
7	Хроматографічні методи визначення питомої поверхні твердих тіл та їх переваги. Метод теплової десорбції аргону. Вимоги до газу-адсорбату та газу-носія в методі теплової десорбції.	2	2	5
	<i>Модульна контрольна робота 1</i>	1		
	<b>Всього у ЗМ1</b>	12	2	30
<b>Змістовний модуль 2.</b>				
<b>Термодинамічне описання рівноважного стану систем з поверхневим шаром та поверхнею поділу між фазами.</b>				
8	Міжфазний поверхневий шар та зміна термодинамічних функцій у приповерхневих шарах. Термодинамічний підхід Гіббса та Гугенгейма для поверхневого шару.	2		5
9	Умови рівноваги для гетерогенних систем. Загальні умови рівноваги для систем, що складаються з двох фаз із змінною межею поділу між ними.	2		5
10	Повна і питома вільна поверхнева енергія міжфазного шару. Фундаментальні рівняння Гіббса для міжфазного шару.	2		5
11	Адсорбційне рівняння Гіббса та його застосування. Адсорбція у двофазових двокомпонентних системах – рідина-газ, тверде тіло – рідина, тверде тіло –газ.	2		5

12	Капілярні явища. Основний закон капілярності та його застосування у практиці.	1		5
13	Рівняння Томаса-Кельвіна. Порометрія, як метод вивчення структурно-адсорбційних характеристик твердих тіл.	1	1	5
14	Кристалграфічна теорема Вульфа та наслідок з неї. Принцип Гіббса-Кюри-Вульфа. Принцип геометричної побудови. Принцип Браве. Теорія метастабільних систем Гіббса. Теорія Гіббса-Фольмера-Френкеля.	2		5
	<i>Тематична контрольна робота</i>	1		
	<i>Модульна контрольна робота 2</i>	1		
	<b>Всього у ЗМ2</b>	14	1	35
<b>Змістовний модуль 3.</b>				
<b>Теорії адсорбції: наближення, основні положення, описання, особливості та можливості їх застосування.</b>				
15	Адсорбція і абсорбція. Типи поверхневих явищ: їх особливості та критерії відмінності.	1		2
16	Локалізована, нелокалізована та псевдолокалізована адсорбція. Модель Росса і Олівера та модель утрудненого поступального руху Хілла.	1		2
17	Ізотерми та моделі адсорбції. Використання рівняння ідеального двовимірного газу. Ізотерма адсорбції Фольмера.	2		2
18	Рівняння стану адсорбату у адсорбційному шарі на поверхні твердого тіла. Ізотерма адсорбції Хілла-де-Бура. Моделі моношару. Квазілогарифмічна ізотерма.	2		2
19	Теорія Поляні та критерії її застосування. Адсорбційний потенціал та адсорбційний об'єм. Теорія полімолекулярної адсорбції: головні постулати, аналіз моделі. Типи ізотерм адсорбції. Термодинаміка адсорбції на межі поділу тверде тіло - газ. Ізостерична теплота адсорбції та її визначення.	2		2
20	Пористі адсорбенти, їх класифікація. Типи пор і гістерезисів при адсорбції-десорбції. Методи визначення розподілення пор за розмірами.	1	1	5
	<i>Модульна контрольна робота 3</i>	1		
	<b>Всього у ЗМ3</b>	10	1	15
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>36</b>	<b>4</b>	<b>80</b>

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекцій – **36** год.

Лабораторних занять - **4** год

Самостійна робота - **80** год.

## Список рекомендованой литературы

### *Основна:*

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей, М, Мир, 1981, 568 с.
2. Грег С., Синг К. “Адсорбция, удельная поверхность, пористость”, М.:Мир, 1981.
3. Курс физической химии / под ред. Я.И.Герасимова, т.1, М.ГХИ, 1973.
4. Олексенко Л.П. Фізична хімія міжфазних явищ.– К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2018.
5. Авгуль Н.Н., Киселев А.В., Пошкус Д.П. “Адсорбция газов и паров на однородных поверхностях”, М.: Химия,1975.
6. Г. Мак-Нейр, Э. Бонелли “Введение в газовую хроматографию”, Москва, 1970.
7. Проблемы теории и практики исследований в области катализа. Под ред. В.А.Ройтера., Изд-во “Наукова думка”, Киев, 1973.
8. Джейкок М., Парфит Дж. Химия поверхностей раздела фаз, М.,Мир, 1984.
9. Ю.А.Харламов, Н.А.Будагьянц “ Физика, химия и механика поверхности твердого тела”, Л., 2000.
10. Киселев А.В., Яшин Я.И. “ Газоадсорбционная хроматография”, изд-во “Наука”,М., 1967.
11. Джейкобс П, Томпкинс Ф. Поверхность твердых тел, М..ИЛ, 1971, с 125-166.
12. К.Оура, В.Г.Лифшиц, А.А.Саранин, А.В.Зотов, М. Катаяма “Введение в физику поверхности”, Москва, Наука, 2006.

### *Додаткова:*

1. Бенсон, Юнг «Химия твёрдого тела» ИЛ, М., 1989.
  2. Межфазная граница твёрдое тело-газ М., 1980.
  3. Кейлеманс А., Хроматография газов, ИЛ, М., 1989.
  4. Кунин П.Л. “Поверхностные явления в металлах“, М.,1975 г.
  5. Коттрел А. Теория дислокаций. М., 1989.
  6. Моррисон С. Химическая физика поверхности твердого тела. М., 1980.
  7. Строение и свойства адсорбентов и катализаторов/ под ред. Б.Г.Линсена. М., 1973.
- В тому числі й інтернет ресурси*