

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра фізичної хімії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи



[Signature] Наталія УСЕНКО

« 06 » 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ФІЗИЧНА ХІМІЯ МІЖФАЗНИХ ЯВИЩ

для здобувачів освіти

галузь знань
спеціальність
освітній рівень
освітня програма
вид дисципліни

10 Природничі науки
102 Хімія
магістр
Хімія
вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	2
Кількість кредитів	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: проф. Олексенко Л.П.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.

КИЇВ – 2022

Розробник: Олексенко Людмила Петрівна, д. х. н., проф., професор кафедри фізичної хімії

ЗАТВЕРДЖЕНО


Завідувач кафедри фізичної хімії

 Ігор ФРИЦЬКИЙ

Протокол № 6 від « 02 » травня 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від « 29 » червня 2022 року № 7

Голова науково-методичної комісії  Олександр ПОЇК

« _____ » _____ 2022 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 характеристизації.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни – мати базові знання з університетських курсів фізики, вищої математики, фізичної хімії та колоїдної хімії на рівні бакалаврату.

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.

4. Завдання (навчальні цілі): дисципліна спрямована на формування знань та розуміння предметної області, а також розуміння професійної діяльності (ЗК1); на формування здатності вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК2); здатності до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК3); здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК4); здатності працювати автономно (ЗК12); здатності до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел (ЗК14); здатності використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні з відповідними математичними інструментами для опису природних явищ (ФК1); здатності організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент (ФК3); здатності інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження (ФК4); здатності здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх з уже наявними (ФК6); здатності формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати напрями та відповідні методи для їх розв'язання на основі розуміння сучасної проблематики досліджень в галузі хімії та беручи до уваги наявні ресурси (ФК8); здатності обирати оптимальні методи та методики дослідження (ФК9).

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, самостійні роботи	Тематична 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, самостійні роботи	Тематична контрольна робота з усним опитуванням, перевірка самостійної роботи, іспит	10

1.3	Знати основні експериментальні фізико-хімічні методи дослідження стану поверхні твердих речовин та матеріалів.	Лекції, лабораторні, самостійні роботи	Контрольна робота, перевірка завдань самостійної роботи, захист лабораторної роботи, іспит	10
1.4	Знати сучасні та класичні методи вимірювання питомої поверхні адсорбентів та каталізаторів.	Лекції, лабораторні, самостійні роботи	Контрольна робота, перевірка завдань самостійної роботи, захист лабораторної 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 лабораторної роботи, іспит	10
2.1	Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення якісних та кількісних задач для нових синтезованих твердих тіл.	Лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, захист лабораторної роботи	10
2.2	Здійснювати систематизацію та критичний аналіз даних адсорбційних досліджень.	Лекції, лабораторні, самостійні роботи	Контрольна робота, перевірка завдань самостійної роботи, захист лабораторної роботи, іспит	5
2.3	Планувати, організувати та проводити лабораторні дослідження адсорбційних властивостей речовин та матеріалів з використанням сучасних контрольно-вимірювальних приладів.	Лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, захист лабораторної роботи	5
2.4	Виконувати обробку результатів адсорбційних досліджень з використанням різних підходів та моделей.	Лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, захист лабораторної роботи	5
3.1	Володіти навичками публічної мови та ведення дискусії з колегами та цільовою аудиторією.	Самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, усна доповідь з презентацією	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.	Самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, усна доповідь з презентацією	10
4.2	Приймати обґрунтовані рішення, нести відповідальність за власні судження та результати.	Лабораторні, самостійні роботи	Перевірка завдань самостійної роботи, захист лабораторної роботи	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
P1. Знати та розуміти наукові концепції і сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.	+	+				+	+						
P2. Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.			+	+	+	+			+				
P3. Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.						+		+	+	+			
P9. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.						+	+	+	+		+		
P10. Планувати, організувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.							+	+	+	+	+		
P14. Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.												+	+

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: **PH 1.1, PH 1.2, PH 1.3, PH 1.4, PH 1.5, PH 2.2 – 10/6 балів.**
2. Контрольна робота № 1: **PH 1.1, PH 1.2, PH 1.3, PH 1.4, PH 1.5, PH 2.2 – 10/6 балів.**
3. Контрольна робота № 2: **PH 1.1, PH 1.2, PH 1.3, PH 1.4, PH 1.5, PH 2.2 – 10/6 балів.**
4. Контрольна робота № 3: **PH 1.1, PH 1.2, PH 1.3, PH 1.4, PH 1.5, PH 2.2 – 10/6 балів.**
5. Лабораторні роботи 1-3: **PH 1.3, PH 1.4, PH 1.5, PH 2.1, PH 2.2, PH 2.3, PH 2.4 – 15/9 балів.**
6. Оцінювання самостійної роботи: **PH 3.1, PH 3.2, PH 4.1, PH 4.2 – 5 балів/3 бали.**

Персональні завдання для написання реферату і підготовки презентації студенти отримують не пізніше, як за 3 тижні до закінчення семестру;

Підсумкове оцінювання (у формі іспиту):

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом: **40 балів/24 бали.**

Результати навчання, які будуть оцінюватись: **PH 1.1, PH 1.2, PH 1.3, PH 1.4, PH 1.5.**

Форма проведення: письмова робота.

Види завдань: 6 письмових завдань (2 теоретичних завдання та 4 тестових завдання).

Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит не може бути меншою, ніж 24 бали.

Студент допускається до іспиту, якщо впродовж семестру він набрав не менше, ніж **36 балів**;

виконав усі обов'язкові види робіт, що передбачені навчальним планом з курсу "Фізична хімія міжфазних явищ", а саме: написав тематичну та модульні контрольні роботи, написав реферат та зробив доповідь з презентацією за індивідуальною темою; виконав і вчасно здав усі лабораторні роботи.

7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення оцінювання:

Тематична контрольна робота: не раніше 4 тижня семестру;

Контрольна робота № 1: не раніше 5 тижня семестру;

Контрольна робота № 2: не раніше 8 тижня семестру;

Контрольна робота № 3: не раніше 12 тижня семестру;

Лабораторна робота № 1: виконується після написання контрольної роботи №1;

Лабораторна робота № 2: виконується після написання контрольної роботи №2;

Лабораторна робота № 3: виконується після написання контрольної роботи №3.

Персональні завдання для написання реферату і підготовки презентації студенти отримують не пізніше, як за 3 тижні до закінчення семестру;

Оцінювання самостійної роботи: впродовж семестру.

7.3. Шкала відповідності оцінок

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

8. Структура навчальної дисципліни “Фізична хімія міжфазних явищ”. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні роботи	лабораторна робота
<i>Розділ 1. Характеристика поверхонь твердих тіл, їх основні властивості. Питома поверхня твердих тіл та методи її визначення.</i>				
1	Вступ. Тема 1. Поверхня твердих тіл, адсорбентів і каталізаторів. Питома поверхня твердих тіл. Загальна характеристика методів визначення питомої поверхні.	1		5
2	Тема 2. Адсорбційні методи визначення питомої поверхні адсорбентів та каталізаторів, їх характеристика. Адсорбція з розчинів.	1		5
3	Тема 3. Адсорбційні та десорбційні вимірювання пари адсорбату на поверхні адсорбентів і каталізаторів та особливості їх проведення методом Мак-Бена-Бакра.	2		5
4	Тема 4. Визначення питомої поверхні непористих і мікропористих адсорбентів. Сучасні прилади (сорбтометри) і станції для вивчення структурно-адсорбційних характеристик.	1		
5	Тема 5. Газова хроматографія. Газо-адсорбційна і газорідинна хроматографія. Типи детекторів і хроматограм. Детектор за теплопровідністю – катарометр. Принцип дії та електрична схема катарометра.	2	2	5
6	Тема 6. Хроматографічні методи визначення питомої поверхні твердих тіл, їх переваги. Метод теплової десорбції аргону.	2		5
	Контрольна робота №1	1		
<i>Розділ 2. Термодинамічний опис гетерогенних систем з поверхневим шаром та поверхнею поділу між фазами. Загальна термодинаміка поверхневих явищ.</i>				
7	Тема 7. Поверхневий шар та його характеристики. Умови рівноваги для гетерогенних систем з поверхневим шаром. Фундаментальні рівняння Гіббса для міжфазного шару. Адсорбційне рівняння Гіббса. Ізотерма адсорбції Гіббса. Адсорбція у двофазних двокомпонентних системах.	2		5
8	Тема 8. Капілярні явища. Рівняння Юнга-Лапласа - головне рівняння капілярності. Виведення рівняння Юнга-Лапласа. Застосування рівняння Юнга-Лапласа. Аналіз рівняння Юнга-Лапласа. Дія основного закону капілярності. Рівняння Томаса-Кельвіна та його застосування. Порометрія, як метод вивчення структурно-адсорбційних характеристик.	2		5
9	Тема 9. Рівноважна форма кристалу. Кристалографічна теорема Вульфа. Наслідок із кристалографічної теореми Вульфа. Принцип Гіббса-Кюрі-Вульфа. Принцип геометричної побудови рівноважної форми кристалів. Принцип Браве. Вплив питомої поверхневої енергії граней на утворення кристалів різної форми.	2		5
	Тематична контрольна робота	2		

10	Тема 10. Нуклеація при фазових переходах. Теорія Гіббса-Фольмера-Френкеля.	1		
11	Тема 11. Гетерогенна нуклеація. Практичне значення процесів утворення зародків нової фази при кристалізації та конденсації. Дія ядер конденсації в атмосфері при від'ємних температурах.	1		
Розділ 3. Моделі та теорії адсорбції та нуклеації, їх основні положення та опис. Особливості ізотерм адсорбції та їх застосування.				
12	Тема 12. Адсорбція і абсорбція. Типи абсорбції та адсорбції. Критерії відмінності. Локалізована, нелокалізована і псевдолокалізована адсорбція. Модель Росса і Олівера. Модель утрудненого поступального руху - модель Хілла.	2		5
13	Тема 13. 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.	2		5
14	Тема 14. 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.	3	1	5
15	Тема 15. Адсорбційний потенціал та адсорбційний об'єм. Характеристична крива адсорбенту та її розрахунок для адсорбції пари при температурах нижче критичної. Критерії застосування теорії Полянї.	1		5
	Контрольна робота № 2	2		
Розділ 4. Пористість твердих тіл.				
16	Тема 16. Пористі адсорбенти та каталізатори. Сучасні фізико-хімічні методи дослідження поверхневого шару та поверхні твердого тіла.	1		5
17	Тема 17. Адсорбенти. Розиток потенціальної теорії адсорбції, відносний метод Дубініна обчислення ізотерм адсорбції пари.	2		5
18	Тема 18. Пористість та її визначення. Капілярна конденсація. Гістерезис.	1	1	5
19	Тема 19. Типи пор та типи гістерезисів. Методи визначення розподілення пор за розмірами.	1		5
	Контрольна робота №3	1		
	УСЬОГО	36	4	80

Загальний обсяг **120** год., у тому числі:

Лекцій – **36** год.

Лабораторні заняття – **4** год

Самостійна робота – **80** год.

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. Jaycock M. J., Parfitt G.D. Chemistry of interfaces. – Chichester: Ellis Horwood Limited Publishers. – 1981. – 279 p.
5. Mac-Neur 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[^] 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.