

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра неорганічної хімії
Кафедра фізичної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан хімічного факультету



Калугін О.М.

27 ” Серія 2024 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Фізичні методи дослідження

(група 1)

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти	<u>перший (бакалаврський)</u>
галузь знань	<u>10 Природничі науки</u>
напрямок підготовки	<u>102 хімія</u>
освітня програма	<u>освітньо-професійна програма «Харчова хімія та харчова безпека»</u>
спеціалізація	<u></u>
вид дисципліни	<u>за вибором</u>
факультет	<u>хімічний</u>

2024 / 2025 – 2025 / 2026 навчальні роки

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою хімічного факультету

“27” серпня 2024 року, протокол № 7

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Калугін Олег Миколайович, к.х.н., професор кафедри неорганічної хімії, декан хімічного факультету, Черножук Тетяна Василівна, к.х.н., доцент кафедри неорганічної хімії, Чейпеш Тетяна Олександрівна, к.х.н., доц. кафедри фізичної хімії,

Програму схвалено на засіданні кафедри неорганічної хімії

Протокол від “26” серпня 2024 року № 1

Завідувач кафедри неорганічної хімії



Максим ВОЛОБУСВ

(прізвище та ініціали)

Програму схвалено на засіданні кафедри фізичної хімії

Протокол від “26” серпня 2024 року № 1

Завідувач кафедри фізичної хімії



Микола МЧЕДЛОВ-ПЕТРОСЯН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Харчова хімія та харчова безпека»

назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми «Харчова хімія та харчова безпека»



Наталія НІКІТИНА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

хімічного факультету

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “26” серпня 2024 року № 1

Голова методичної комісії хімічного факультету



Павло ЄФІМОВ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “**Фізичні методи дослідження**” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

«Бакалавр»

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напряму) 102 Хімія

спеціалізації Харчова хімія та харчова безпека

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є поглиблення теоретичних та практичних знань у галузі використання фізичних методів дослідження .

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є:

- поглиблене вивчення теоретичних основ та методології застосування фізичних методів дослідження;
- знайомство студентів з сучасними експериментальним обладнанням, яке може бути застосовано для дослідження молекул, речовин, хімічних процесів та явищ;
- набуття практичних навичок шляхом хімічних експериментів, зокрема з контролю якості та безпечності харчових продуктів, та трактувати їх результати.

1.2.1 Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК3. Здатність працювати у команді.

ЗК 4 Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

ЗК11. Здатність бути критичним і самокритичним.

1.2.2 Спеціальні (фахові) компетентності (ФК):

ФК7. Здатність здійснювати типові хімічні лабораторні дослідження.

ФК8.Здатність здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані.

ФК9.Здатність використовувати стандартне хімічне обладнання.

ФК10.Здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання.

ФК11. Здатність формулювати етичні та соціальні проблеми, які стоять перед хімією, та здатність застосовувати етичні стандарти досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність).

ФК33. Здатність користуватись сучасним експериментальним обладнанням, яке може бути застосовано для дослідження молекул, речовин, хімічних процесів та явищ.

1.3. Кількість кредитів - **7**

1.4. Загальна кількість годин - **210**

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	
Семестр	

7-й	
Лекції	
24 год.	
Практичні, семінарські заняття	
0 год.	
Лабораторні заняття	
48 год.	
Самостійна робота	
138 год.	
Індивідуальні завдання	
0 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

знати: теоретичні основи та методологію застосування фізичних методів дослідження;

вміти: проводити хімічні експерименти, зокрема з контролю якості та безпечності харчових продуктів, трактувати їх результати, розробляти комплекс організаційних і технологічних заходів для підвищення ефективності функціонування підприємств і закладів харчової промисловості.

Програмні результати навчання (Р):

R01. Розуміти ключові хімічні поняття, основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, а також хімічних технологій на рівні, достатньому для їх застосування у професійній діяльності та для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.

R03. Описувати хімічні дані у символічному вигляді.

R04. Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.

R05. Розуміти зв'язок між будовою та властивостями речовин.

R08. Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.

R09. Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методи та техніки приготування розчинів та реагентів.

R13. Аналізувати та оцінювати дані, синтезувати нові ідеї, що стосуються хімії та її прикладних застосувань.

R14. Здійснювати експериментальну роботу з метою перевірки гіпотез та дослідження хімічних явищ і закономірностей.

R15. Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних.

R17. Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову добросовісність.

R18. Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії.

R20. Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.

R46. Знати: теоретичні основи та методологію застосування фізичних методів дослідження та вміти: виконувати дослідження молекул, речовин, хімічних процесів та явищ із застосуванням сучасного експериментального обладнання.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Лекції (частина 1)

Тема 1. Електрична провідність розчинів електролітів: основні потягтя визначення та одиниці виміру. Застосування закону Ома для провідників другого роду.

Експериментальні основи методу. Вимірювання електропровідності (опору) розчинів електролітів. Похибки вимірювання та способи їх усунення. Стандарти ЕП та калібрівка кондуктометричних комірок.

Концентраційна залежність молярної ЕП. Можливості кондуктометрії для визначення констант іонних рівноваг та граничних молярних провідностей в електролітних розчинах. Переваги та недоліки методу.

Математичні основи методу. Моделі електролітного розчину. Теоретичні рівняння для коефіцієнтів активності та молярної електричної провідності. Розрахунок рівноважного складу електролітного розчину з урахуванням коефіцієнтів активності. Застосування нелінійного МНК та методів багатомірної нелінійної оптимізації.

Несиметричні, змішані і складно асоційовані електроліти.

Можливості кондуктометрії для визначення констант компелксоутворення.

Розділ 1. Лабораторні заняття (частина 2)

Тема 2. Калібрівка кондуктометричної комірки.

Тема 3. Експериментальне дослідження концентраційної залежності молярної електричної провідності розчину 1-1 електроліту.

Тема 4. Розрахунок константи асоціації та граничної молярної електропровідності 1-1 електроліту за власними кондуктометричними даними (за допомогою програми LOPT).

Тема 5. Визначення енергетичних та структурних характеристик іонної сольватації за експериментальними константами іонної асоціації та граничними молярними провідностями іонів.

Розділ 2. Лекції (частина 1)

Тема 6. Розсіювання світла колоїдними системами

Характеристики і властивості колоїдних систем: дисперсність, гідродинамічний діаметр, коефіцієнти дифузії, функції розподілу частинок за розмірами, електрокінетичний потенціал (дзета-потенціал). Методи визначення розмірів колоїдних систем.

Взаємодія світла з середовищем. Розсіювання світла та його види. Розвиток уявлень про розсіювання світла: роботи Тіндала, Релея, Мі, Смолюховського, Ейнтштейна, Дебая. Ефект Доплера. Методи статичного і динамічного розсіювання світла. Флуктуаційний аналіз сигналу. Кореляційна і автокореляційна функції та їх властивості. Переваги та обмеження застосування методу динамічного розсіювання світла.

Тема 7. Застосування методу динамічного розсіювання світла для визначення розміру та електрокінетичного потенціалу колоїдних частинок

Принципова схема приладу для вимірювання гідродинамічного діаметру і дзета-потенціалу. Особливості пробопідготовки та проведення вимірювань методом динамічного розсіювання світла. Математична обробка та критерії достовірності отриманих результатів. Кумулянтний і дистрибутивний аналіз, корелограма, розподіл за розмірами за інтенсивністю сигналу, об'ємом та кількістю частинок. Індекс полідисперсності. Застосування методу динамічного розсіювання світла для систем різного типу. Метод дифузійного бар'єра.

Розділ 2 Лабораторні заняття (частина 2)

Тема 8. Визначення гідродинамічного діаметру частинок моно- та полідисперсних колоїдних систем різної природи.

Тема 9. Дослідження міцеллоутворення поверхнево-активних речовин методом динамічного розсіювання світла.

Тема 10. Визначення зета-потенціалу наночастинок в розчинах.

Тема 11. Визначення порогу коагуляції колоїдних систем методом динамічного розсіювання світла.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с.р.		л	п	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Лекції (частина 1)												
Тема 1.	21	12				9						
Разом за розділом 1 (ч 1)	21	12				9						
Розділ 1. Лабораторні заняття (частина 2)												
Тема 2.	21			6		15						
Тема 3.	21			6		15						
Тема 4.	21			6		15						
Тема 5.	21			6		15						
Разом за розділом 1 (ч 2)	84			24		60						
Розділ 2. Лекції (частина 1)												
Тема 6.	11	6				5						
Тема 7.	10	6				4						
Разом за розділом 2 (ч 1)	21	12				20						
Розділ 2. Лабораторні заняття (частина 2)												
Тема 8.	21			6		15						
Тема 9.	21			6		15						
Тема 10.	21			6		15						
Тема 11.	21			6		15						
Разом за розділом 2 (ч 2)	84			24		92						
Усього годин	210	24		48		138						

4. Теми лабораторних занять

№ Теми	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
2	Калібровка кондуктометричної комірки.	6	
3	Експериментальне дослідження концентраційної залежності молярної електричної провідності розчину 1-1 електроліту	6	
4	Розрахунок константи асоціації та граничної молярної електропровідності 1-1 електроліту за власними кондуктометричними даними (за допомогою програми LOPT)	6	
5	Визначення енергетичних та структурних характеристик іонної сольватації за експериментальними константами іонної асоціації та граничними молярними провідностями іонів.	6	
8	Визначення гідродинамічного діаметру частинок моно- та полідисперсних колоїдних систем різної природи.	6	
9	Дослідження міцеллоутворення поверхнево-активних речовин методом динамічного розсіювання світла.	6	
10	Визначення зета-потенціалу наночастинок в розчинах.	6	
11	Визначення порогу коагуляції колоїдних систем методом динамічного розсіювання світла.	6	
	Разом	48	

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи: Робота з літературою за темами курсу, підготовка до лабораторних робіт, опрацювання підготовчих питань до робіт	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Теоретичні основи кондуктометрії (T1)	9	
2	Методика калібровки кондуктометричних комірок (T2)	15	
3	Теорії концентраційної залежності молярної електричної провідності розчинів 1-1 електролітів (T3)	15	
4	Математичні основи обробки експериментальних кондуктометричних даних (T4)	15	
5	Інтерфейс програми LOPT для обробки експериментальних кондуктометричних даних (T5)	15	
6	Теоретичні основи методу динамічного розсіювання світла для визначення розмірів і дзета-потенціалу колоїдних частинок. (T11)	5	
7	Статистичні методи оцінки достовірності результатів вимірювань методом динамічного розсіювання світла. (T12)	4	
8	Інтерфейс програми Zetasizer Software для проведення вимірювань методом динамічного розсіювання світла і математичної обробки результатів. (T13)	15	
9	Методи визначення критичної концентрації міцелоутворення. Політропні переходи в міцелярних розчинах. (T14)	15	
10	Пробопідготовка зразків та техніка вимірювання зета-потенціалу методом динамічного розсіювання світла (T15)	15	
11	Застосування динамічного розсіювання світла для дослідження коагуляції ліофобних золей. Функція Фукса. (T16)	15	
	Разом	138	

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

7. Методи контролю

Опитування, допуск до лабораторної роботи, співбесіда за результатами виконання, обробки та обговорення результатів лабораторних робіт. Екзамен (письмова робота).

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота		Сума
Розділ 1	Тема 1	2
	Тема 2	7
	Тема 3	7
	Тема 4	7
	Тема 5	7
	Разом:	30
Розділ 2	Тема 11	-
	Тема 12	-
	Тема 13	8

	Тема 14	7
	Тема 15	8
	Тема 16	7
	Разом:	30
	Семестровий екзамен	40
	Разом за курсом:	100

1. Студент допускається до підсумкового семестрового контролю (екзамену) за умови виконання та оформлення всіх лабораторних робіт.
2. Екзамен вважається зданим, якщо студент(ка) за екзамен набрав(ла) не менше, ніж **10** балів.
3. Несвоєчасне виконання або оформлення лабораторної роботи оцінюється лише в 75% від набраної рейтингової оцінки. Термін подання оформлених лабораторних робіт визначається викладачем, який веде лабораторні заняття.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
	Для чотирирівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно

Критерії оцінювання екзаменаційної роботи та навчальних досягнень студента(ки)

96-100% від максимального балу за відповідь на питання – надана правильна та обґрунтована відповідь на питання.

80-95% - надана правильна та обґрунтована відповідь на питання з незначними помилками при розрахунках, але при наявності вірної розрахункової формули.

50-79% - надана вірна відповідь без обґрунтування (або наявні помилки при розрахунках при наявності вірної розрахункової формули).

30-49% - надана неповна відповідь, або повна відповідь з помилками в розрахункових формулах.

5-29% - надана неповна відповідь з суттєвими помилками.

1-4% - невірна відповідь.

0% - відсутність відповіді.

9. Рекомендована література

Основна література

Кондуктометрія

1. Сучасні електрохімічні методи аналізу . Навчально-методичний посібник для студентів хімічного факультету. / *Смик Н.І.* – Київ: КНУ ім. Т.Г. Шевченка, 2020, 45 с. 4.
2. *Скоробогатий Я.П.* Фізико-хімічні методи аналізу. Підручник. Львів: „Каменярь”, 1993. 164 с.
3. *Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О.* Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2008 – 363 с.
4. *Barthel J., Feuerlein F.* Calibration of Conductance Cells at Various Temperatures // *J. Solut. Chemistry*. 2. – 1980. – Vol. 9, No. 3. – P. 209-219.

5. Миронюк І. Ф., Микитин І. М. Електрохімія та її практичні аспекти: навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2016. - 174 с
6. Горбачов А. К. Технічна електрохімія - Харків. : Прапор -2002- 254 с.
7. Литвин Б.Л., Романюк А.Л. Фізичні методи дослідження органічних речовин: навчметод. посібник. – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т. ім. В. Стефаника, 2003. – 118 с.
8. Умрихіна Л.К., Єрупсанова Т.В. Фізичні методи дослідження органічних речовин. Навчальний посібник. Кіровоград.: РВЦ КДПУ ім. В.Винниченк, 2002.
9. Конспект лекцій з дисципліни “Фізичні методи дослідження”// Нечипорук В.В., Сліпенюк Т.С.-Чернівці: ЧДУ, 1991.- 85 с.
10. Фізичні методи дослідження: Методичні рекомендації до практичних занять. Укл. Сліпенюк Т.С.-Чернівці: ЧДУ, 1997.- 34 с.
11. Байрачний Б.І., Тульський Г.Г., Штефан В.В., Токарева І.А. Технічна електрохімія: підручник у 5 ч. Ч.5: Сучасні хімічні джерела струму, електроліз розплавів, електросинтез хімічних речовин. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. - 272 с.
12. Temperature dependence of the square-mound potential for 1-1 electrolytes in acetone, dimethyl sulfoxide and alcohols / O. N. Kalugin, S. M. Gubsky, I. N. Vyunnik [et al.] // J. Chem. Soc. Faraday Trans. I. – 1991. – Vol. 87, № 1. – P. 63-71.
13. Lebed A. V. Properties of 1-1 electrolytes solutions in ethylene glycol at temperatures from 5 to 175 °C. Part 1. Conductance measurements and experimental data treatment / A. V. Lebed, O. N. Kalugin, I. N. Vyunnik // J. Chem. Soc. Faraday Trans. – 1998. – Vol. 94, N 15. – P. 2097-2101.
14. Lebed A. V. Properties of 1-1 electrolytes solutions in ethylene glycol at temperatures from 5 to 175°C. Part 2. Limiting ion conductances and ion-molecule interactions / A. V. Lebed, O. N. Kalugin, I. N. Vyunnik // J. Chem. Soc. Faraday Trans. – 1998. – Vol. 94, N 15. – P. 2103-2107.
15. Kalugin O.N. An interpretation of the concentration dependence of the electric conductance for the solutions with a low permittivity taking into account the formation of the ion pairs and triple ions / O. N. Kalugin, V. G. Panchenko // Rus. J. of Phys. Chem. – 2003.–V. 77, No 8. – P. 1310-1314.
16. Kalugin O.N. A conductometric study of ionic association and interparticle interactions in solutions of 1-1 electrolytes in ethyl acetate at 5-45 °C / O. N. Kalugin, V. G. Panchenko, I. N. V'yunnik // Rus. J. of Phys. Chem. – 2005.–V. 79, No 4. – P. 629-634.
17. Kalugin O. N. Ion association and solvation in solutions of Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} and Ni^{2+} perchlorates in acetonitrile: Conductometric study / O. N. Kalugin, V. N. Agieienko, N. A. Otroshko // J.Mol. Liq. – 2012. – V. 165. – P. 78–86.
18. Conductometric study of binary systems based on ionic liquids and acetonitrile in a wide concentration range / O. N. Kalugin, Iu. V. Voroshylova, A. V. Riabchunova [et al.] // Electrochim. Acta. – 2013. – V. 105. – P. 188-199.
19. Agieienko V. N. Kalugin O. N. Complexation of $Ni(ClO_4)_2$ and $Mg(ClO_4)_2$ with 3-Hydroxyflavone in Acetonitrile Medium: Conductometric, Spectroscopic, and Quantum Chemical Investigation // J. Phys. Chem. B, 2014.— Vol. 118.— P. 12251–12262.
20. Agieienko, V. N.; Otroshko, N. A.; Kalugin, O. N., Complexation of the alkaline earth metals perchlorates with 3-hydroxyflavone in acetonitrile: Precise conductometric treatment. *J Mol Liq* **2017**; DOI: 10.1016/j.molliq.2017.05.141
21. O.N. Kalugin, E.V. Lukinova, D.O. Novikov. Electrical conductivity, ion-molecular and interionic interactions in solutions of some tetraalkylammonium salts in acetonitrile: the influence of the ion and temperature. V. N. Karazin Kharkiv National University Bulletin. Chemical Series, 2019, (33), 23-36.

Динамічне розсіювання світла

1. Мчедлов-Петросян М.О., Лебідь В.І., Глазкова О.М., Лебідь О.В. Колоїдна хімія. Х.:ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2013. – 500 с.
2. Berg J.C. An introduction to interfaces & colloids. The bridge to nanoscience. – New Jersey: World Scientific, 2010. – 783 P.
3. Berne B. J. Pecora R. Dynamic light scattering with applications to chemistry, biology, and physics. – New York: A Wiley Interscience Publication, 1990. – 372 P.
4. Schmitz K. S. An introduction to dynamic light scattering by macromolecules. – Boston. – Academic Press Inc. – 1990. – 449 P.
5. van de Hulst H. C. Light Scattering by Small Particles. – New York: Dover Publications Inc. – 1981. – 470 P.
6. Particle size analysis — Dynamic light scattering (DLS): ISO 22412:2017. – [2017-02]. – Geneva: International Organization for Standardization, 2017. – 34 P.
7. Corbett J. C. W., Connah M. T., Mattison K. Advances in the measurement of protein mobility using laser Doppler electrophoresis – the diffusion barrier technique // Electrophoresis. – 2011. – Vol.32. – P. 1787–1794 (DOI 10.1002/elps.201100108).
8. Handbook of applied surface and colloid chemistry, V.2. Ed. Holmberg K. – New York: John Wiley & Sons Ltd. – 2002. – 485 P.
9. Coagulation and flocculation, eds. H. Stechemesser, B. Dobiás: – Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group. – 2005. – 850 P.