

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

Кафедра неорганічної хімії
Кафедра фізичної хімії
Кафедра хімічного матеріалознавства

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан хімічного факультету



“ 2 ” серпня 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 «Хімія»</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, Іванов Володимир Венедиктович, д.х.н., професор кафедри хімічного матеріалознавства, Шкумат Анатолій Петрович, к.х.н., доцент кафедри хімічного матеріалознавства, Чейпеш Тетяна Олександрівна, к.х.н., доц. кафедри фізичної хімії,

Програму схвалено на засіданні кафедри неорганічної хімії

Протокол від “26” серпня 2024 року № 1

В.о. завідувача кафедри неорганічної хімії



(підпис)

Максим ВОЛОБУСВ

(прізвище та ініціали)

Програму схвалено на засіданні кафедри фізичної хімії

Протокол від “26” серпня 2024 року № 1

Завідувач кафедри фізичної хімії



(підпис)

Мchedlov-Петросян М.О.

(прізвище та ініціали)

Програму схвалено на засіданні кафедри хімічного матеріалознавства

Протокол від “26” серпня 2024 року № 1

Завідувач кафедри хімічного матеріалознавства

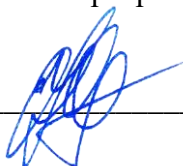


(підпис)

Коробов О.І.


(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Хімія»
назва освітньої програми
Гарант освітньо-професійної програми «Хімія»



(підпис) Калугін О.М.
(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, протокол № 1
Голова методичної комісії хімічного факультету



(підпис) Павло ЄФІМОВ
(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 Хімія

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 виконання лабораторних робіт та математичної обробки одержаних експериментальних даних.

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):

- ФК2. Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.
- 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).
- ФК34. Здатність використовувати сучасні методи синтезу та дослідження складу в неорганічній, органічній та медичній хімії і матеріалознавстві.
- ФК35. Здатність використовувати ретросинтетичний підхід при розробці методів синтезу активних фармацевтичних інгредієнтів (субстанцій) та передбачати ті хімічні властивості спо лук, які можуть бути використані для аналізу їх якості (ідентифікації та кількісного визначення).

1.3. Кількість кредитів - **10**

1.4. Загальна кількість годин - **300**

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	4-й
Семестр	
7-й	7-й
Лекції	
24 год.	6 год.
Практичні, семінарські заняття	
0 год.	0 год.
Лабораторні заняття	
72 год.	30 год.
Самостійна робота	
204 год.	264 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: виконувати дослідження молекул, речовин, хімічних процесів та явищ із

Програмні результати навчання (Р):

P01. 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.

P03. Описувати хімічні дані у символічному вигляді.

P04. Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.

P05. Розуміти зв'язок між будовою та властивостями речовин.

P08. Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.

P09. Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методики та техніки приготування розчинів та реагентів.

P13. Аналізувати та оцінювати дані, синтезувати нові ідеї, що стосуються хімії та її прикладних застосувань.

P15. Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних.

P17. Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову добросовісність.

P18. Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії.

P20. Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.

P50. Знати: теоретичні основи та методологію застосування фізичних методів дослідження; 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 калібровка 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. Калібровка 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. Молекулярна спектроскопія УФ і видимій області

Електронні спектри поглинання. Частотні інтервали. Уявлення про колір речовини. Співвідношення між основними і додатковими кольорами. Феноменологічні характеристики спектрів: інтенсивності, спектральні зсуви. Поняття про хромофор і ауксохром. Закон Бугера-Ламберта-Берра та його порушення.

Квантово-хімічна теорія електронної спектроскопії. Основне і збуджені стани. Енергії переходів, перехідні моменти, сили осциляторів. Основні характеристики електронно-збуджених станів (геомерія, дипольні моменти, зарядовий розподіл, локалізація збудження). Електронно-коливальні переходи. Принцип Франка-Кондона. Орбітальна природа електронних переходів. Типові спектри поглинання.

Зв'язок молекулярної структури і спектрів. Спектроскопія комплексних сполук. Природні органічні пігменти. Бензолне поглинання (Систематика переходів за Кларом і Платтом). Ціанінові барвники, халкони, донорно-акцепторні похідні бензолу і нафталіну. Трифенілметанові барвники. Ефект Кіпріанова. Адитивні схеми розрахунку спектрів.

Вплив розчинників на електронні спектри поглинання. Поляризаційно-континуальна модель. Сольватохромія бетаїну.

Техніка експерименту: призмові спектральні прилади, спектральні прилади з дифракційними решітками (гратками); однопроменеві спектрофотометри, двопробеневі спектрофотометри для УФ- і видимої області, двоххвилові спектрофотометри.

Похибки спектрофотометричних вимірювань. Способи підвищення точності вимірів. Спектроскопія з диференціюванням (похідна спектроскопія), різницева спектроскопія і двооххвилова спектроскопія.

Розділ 2. Лабораторні заняття (частина 2)

Тема 7. Дослідження електронних спектрів поглинання неорганічних та органічних речовин та матеріалів (використання кювет змінної товщини, похідна спектроскопія, дослідження форми спектральних кривих органічних речовин в залежності від різних агрегатних станів тощо).

Математичний аналіз структури спектрів поглинання та випромінювання органічних і неорганічних речовин.

Тема 8. Фотометричне титрування (дослідження залежності спектру поглинання і оптичної густини фенолового червоного при 550 нм від рН).

Визначення константи іонізації тимолового синього спектрофотометричним методом.

Тема 9. Визначення вмісту кофеїну в чаї

Тема 10. Харчові барвники в продуктах харчування та лікарських засобах – виявлення та встановлення концентрації.

Розділ 3. Лекції (частина 1)

Тема 11. 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, Смолуховського, Ейнштейна, 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 12. Застосування методу динамічного розсіювання світла для визначення розміру та електрокінетичного потенціалу колоїдних частинок

Принципова схема приладу для вимірювання гідродинамічного діаметру і дзета-потенціалу. Особливості прободготовки 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 3. Лабораторні заняття (частина 2)

Тема 13. Визначення гідродинамічного діаметру частинок моно- та полідисперсних колоїдних систем різної природи.

Тема 14. Дослідження міцеллоутворення поверхнево-активних речовин методом динамічного розсіювання світла.

Тема 15. Визначення зета-потенціалу наночастинок в розчинах.

Тема 16. Визначення порогу коагуляції колоїдних систем методом динамічного розсіювання світла.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усь го	у тому числі					усь ого	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.	24	8				16	26	2				24
Разом за розділом 1 (ч 1)	24	8				16	26	2				24
Розділ 1. Лабораторні заняття (частина 2)												
Тема 2.	19			6		13	18			2		16
Тема 3.	19			6		13	18			2		16
Тема 4.	19			6		13	19			3		16
Тема 5.	19			6		13	19			3		16
Разом за розділом 1 (ч 2)	76			24		52	74			10		64
Розділ 2. Лекції (частина 1)												
Тема 6.	24	8				16	26	2				24
Разом за розділом 2 (ч 1)	24	8				16	26	2				24
Розділ 2. Лабораторні заняття (частина 2)												
Тема 7.	19			6		13	19			3		16
Тема 8.	19			6		13	19			3		16
Тема 9.	19			6		13	18			2		16
Тема 10.	19			6		13	18			2		16
Разом за розділом 2 (ч 2)	76			24		52	74			10		64
Розділ 3. Лекції (частина 1)												
Тема 11.	8	2				6	8	1				10
Тема 12.	16	6				10	16	1				14
Разом за розділом 3 (ч 1)	24	8				16	26	2				24
Розділ 3. Лабораторні заняття (частина 2)												
Тема 13.	19			6		13	19			3		16
Тема 14.	19			6		13	18			2		16
Тема 15.	19			6		13	19			3		16
Тема 16.	19			6		13	18			2		16
Разом за розділом 3 (ч 2)	76			24		52	74			10		64
Усього годин	300	24		72		204	300	6		30		264

4. Теми лабораторних занять

№ Теми	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
2	Калібровка кондуктометричної комірки.	6	2
3	Експериментальне дослідження концентраційної залежності молярної електричної провідності розчину 1-1 електроліту	6	2
4	Розрахунок константи асоціації та граничної молярної електропровідності 1-1 електроліту за власними кондуктометричними даними (за допомогою програми LOPT)	6	3
5	Визначення енергетичних та структурних характеристик іонної сольватації за експериментальними константами іонної асоціації та граничними молярними провідностями іонів.	6	3
7	Дослідження електронних спектрів поглинання неорганічних та органічних речовин та матеріалів (використання кювет змінної товщини, похідна спектроскопія, дослідження форми спектральних кривих органічних речовин в залежності від різних агрегатних станів тощо). Математичний аналіз структури спектрів поглинання та випромінювання органічних і неорганічних речовин.	6	3
8	Фотометричне титрування (дослідження залежності спектру поглинання і оптичної густини фенолового червоного при 550 нм від рН). Визначення константи іонізації тимолового синього спектрофотометричним методом.	6	3
9	Визначення вмісту металів із використанням реакцій комплексоутворення.	6	2
10	Визначення вмісту кофеїну в чаї Харчові барвники в продуктах харчування та лікарських засобах – виявлення та встановлення концентрації.	6	2
13	Визначення гідродинамічного діаметру частинок моно- та полідисперсних колоїдних систем різної природи.	6	3
14	Дослідження міцеллоутворення поверхнево-активних речовин методом динамічного розсіювання світла.	6	2
15	Визначення зета-потенціалу наночастинок в розчинах.	6	3
16	Визначення порогу коагуляції колоїдних систем методом динамічного розсіювання світла.	6	2
	Разом	72	30

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)	16	24
2	Методика калібровки кондуктометричних комірок (T2)	13	16
3	Теорії концентраційної залежності молярної електричної провідності розчинів 1-1 електролітів (T3)	13	16
4	Математичні основи обробки експериментальних кондуктометричних даних (T4)	13	16
5	Інтерфейс програми LOPT для обробки експериментальних кондуктометричних даних (T5)	13	16
6	Теоретичні основи спектроскопії УФ- та видимої області (T6)	16	24
7	Техніка проведення спектроскопічного експерименту (T6)	13	16
8	Програмні комплекси розрахунку спектрів (T7)	13	16
9	Похідні (перша та друга) спектральних кривих як метод дослідження форми вібронної структури та сумішевих кривих спектрів електронного поглинання (T8)	13	16
10	Техніка підготовки зразків для спектрального дослідження (T9)	13	16
11	Теоретичні основи методу динамічного розсіювання світла для визначення розмірів і дзета-потенціалу колоїдних частинок. (T11)	6	10
12	Статистичні методи оцінки достовірності результатів вимірювань методом динамічного розсіювання світла. (T12)	10	14
13	Інтерфейс програми Zetasizer Software для проведення вимірювань методом динамічного розсіювання світла і математичної обробки результатів. (T13)	13	16
14	Методи визначення критичної концентрації міцелоутворення. Політропні переходи в міцелярних розчинах. (T14)	13	16
15	Пробопідготовка зразків та техніка вимірювання зета-потенціалу методом динамічного розсіювання світла (T15)	13	16
16	Застосування динамічного розсіювання світла для дослідження коагуляції ліофобних золей. Функція Фукса. (T16)	13	16
	Разом	204	264

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. Семестровий залік (письмова робота).

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота		Сума
Розділ 1	Тема 1	-
	Тема 2	5
	Тема 3	5
	Тема 4	5
	Тема 5	5
	Разом:	20
Розділ 2	Тема 6	-
	Тема 7	5
	Тема 8	5
	Тема 9	5
	Тема 10	5
	Разом:	20
Розділ 3	Тема 11	-
	Тема 12	-
	Тема 13	5
	Тема 14	5
	Тема 15	5
	Тема 16	5
	Разом:	20
Семестровий екзамен		40
Разом а курсом:		100

1. Студент(ка) 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	Для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

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: навч.метод. 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.Винниченка, 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 «ХП», 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.

Молекулярна спектроскопія УФ та видимої області

1. Organic Structures from Spectra. Fourth Edition /L. D. Field, S. Sternhell, J. R. Kalman - Wiley, John Wiley & Sons, , LTD. – 466.
2. Шкумат А.П. Електронна спектроскопія в хімічних дослідженнях та в хімічному матеріалознавстві. Лабораторний практикум: навчальний посібник / А.П. Шкумат. – Х.: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2015, - 168 с., іл. 9.
3. Мельничук Д.О. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики: навчальний посібник для підготовки студентів вищих навчальних закладів / Д.О. Мельничук, С.Д. Мельничук, В.М. Войціцький та ін.: за ред. акад. Д.О. Мельничука. – К.: ЦП «Компринт», 2016. – 289 с.
4. Неня О. В. Оптичні методи експертних досліджень мікрооб'єктів. Дис. на здобуття наук. с. канд. юрид. Наук –Київ, 2016 – 260с.
5. Фізичні методи дослідження речовин (курс лекцій)/ Г.О. Сіренко, М.І. Мартинюк, Л.М. Солтис – Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. ISSN 2310-1288 Серія Хімія. Випуск ХХ (2016), С. 113-124
6. Топоров С. В. Фізико-хімічні методи дослідження речовин та матеріалів: метод. вказівки для студентів ф-ту хімії та фармації першого (бакалавр.) рівня освіти, спеціальності 102 «Хімія» / С. В. Топоров, Р. Є. Хома, О. М. Чеботарьов. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2021. – 74 с.
7. Дідух В. Д. Біологічна фізика з фізичними методами аналізу : навч. пос. / В. Д. Дідух, Ю. А. Рудяк, О. А. Багрій-Заяць. — Тернопіль, 2021.—305 с.
8. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: підруч. / Г. І. Гринь, В. І. Мохонько, О. В. Суворін та ін. – Сєверодонецьк : вид-во СНУ ім. В. Даля, 2019. – 420 с.

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.

10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/L-1-Spectroskopy.pdf>
2. <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/L-2-Spectroskopy-inorg.pdf>
3. <http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wp-content/uploads/sites/13/lekcija-3-spektroskopichni-metody-analizu.pdf>