

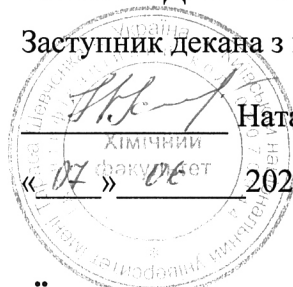
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**  
**ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**Кафедра органічної хімії**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник декана з навчальної роботи

Наталія УСЕНКО

2023 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**"ФІЗИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ В ХІМІЇ"**

для здобувачів вищої освіти

галузь знань	<b>10 Природничі науки</b>
спеціальність	<b>102 Хімія</b>
освітній рівень	<b>бакалавр</b>
освітня програма	<b>Хімія</b>
вид дисципліни	<b>обов'язкова</b>

Форма навчання	<b>денна</b>
Навчальний рік	<b>2023/2024</b>
Семестр	<b>VI, VII</b>
Кількість кредитів ECTS	<b>9 (всього)</b> <b>4 (VI семестр)</b> <b>5 (VII семестр)</b>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<b>українська</b>
Форма проміжного контролю	<b>залік</b>
Форма заключного контролю	<b>іспит</b>

Викладачі: д.х.н., проф., професор, **Воловенко Юліан Михайлович**,  
д.х.н., проф., професор, **Лампека Ростислав Дмитрович**,  
д.х.н., проф., професор, **Пивоваренко Василь Георгійович**  
к.х.н., доц., доцент, **Горічко Мар'ян Віталійович**,  
к.х.н., доцент, **Мілохов Демид Сергійович**

Пролонговано: на 2024/2025 н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
на 2025/2026 н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Розробники:

**Воловенко Юліан Михайлович, д.х.н., професор, професор кафедри органічної хімії**

**Лампека Ростислав Дмитрович, д.х.н., професор, професор кафедри неорганічної хімії**

**Пивоваренко Василь Георгійович, д.х.н., професор, професор кафедри органічної хімії**


**Горічко Мар'ян Віталійович, к.х.н., доцент, доцент кафедри органічної хімії**

**Мілохов Демид Сергійович, к.х.н., доцент кафедри органічної хімії**

**Шабликіна Ольга Валентинівна, к.х.н., доцент кафедри органічної хімії**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри органічної хімії

 Олександр ГРИГОРЕНКО

Протокол від 09 травня 2023 року № 15

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Голова науково-методичної комісії  Олександр ПОЇК

Протокол від 06 червня 2023 року № 17

**1. Мета дисципліни** – ознайомлення студентів із теоретичними засадами та практичними прийомами застосування фізичних методів дослідження у вивченні хімічної структури та процесів.

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

- Загальний курс неорганічної та органічної хімії на рівні бакалавра.
- Загальний курс фізики на рівні бакалавра.

**3. Анотація навчальної дисципліни.** Вивчаються основи фізичних методів: ядерного магнітного резонансу, електронного парамагнітного резонансу, мас-спектрометрії, інфрачервоної спектроскопії, електронної та флуоресцентної спектроскопії; також вивчаються прийоми отримання на основі даних фізичних методів дослідження інформації про склад, будову та хімічну поведінку сполук.

**4. Завдання:** розвиток теоретичних уявлень здобувачів освіти про основні принципи мас-спектрометрії, спектрометрії ядерного магнітного резонансу, електронного парамагнітного резонансу, інфрачервоної спектроскопії, електронної та флуоресцентної спектроскопії; набуття здобувачами освіти практичних навичок у розв'язанні задач експериментальної хімії за допомогою фізичних методів дослідження.

Навчальна дисципліна спрямована на досягнення наступних загальних та спеціальних (фахових) компетентностей: ЗК2, ЗК3, ЗК10 та СК1, СК3, СК4, СК8.

**5. Результати навчання за дисципліною:**

Код	Результат навчання (1 – знати; 2 – вміти; 3 – комунікація; 4 – автономність та відповідальність)	Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання поточний контроль (активність під час практичних занять та виконання самостійної роботи ПтК-1, написання контрольної роботи ПтК-2), підсумковий контроль ПсК	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1.1	Знати основні спектральні характеристики, що лежать в основі ідентифікації хімічних сполук.	Лекції, практичні заняття, самостійна робота.	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
1.2	Знати класифікацію хімічних сполук та особливості їх будови, які обумовлюють їх спектральні характеристики.	Лекції, практичні заняття, самостійна робота.	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	25
1.3	Знати основні діапазони випромінювання електромагнітних хвиль, принципи спектроскопічних досліджень, що лежать в основі будови приладів і експериментальних методик.	Лекції, практичні заняття, самостійна робота.	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10

2.1	Уміти знайти у першоджерелах інформацію про фізичні властивості хімічних речовин.	Практичні заняття, самостійна робота.	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
2.2	Уміти здійснювати інтерпретацію спектральних даних та встановити будову речовини; вміти встановлювати зворотній зв'язок спектральні властивості – будова і прогнозувати вигляд спектрів заданих речовин.	Практичні заняття, самостійна робота.	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	25
2.3	Уміти вирішувати питання про раціональне використання того чи іншого конкретного спектрального методу або комплексне застосування різних методів для розв'язування конкретних задач.	Лекції, практичні заняття, самостійна робота.	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
3.1	Здатність використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології при спілкуванні, а також для збору, аналізу, обробки, інтерпретації інформації, що стосується фізичних методів дослідження в хімії.	Лекції, практичні заняття, самостійна робота.	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
3.2	Здатність виконувати передбачені навчальною програмою завдання та операції у співпраці з іншими виконавцями.	Практичні заняття, самостійна робота.	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
4.1	Уміти самостійно подавати дані спектральних досліджень для звітів, доповідей і наукових публікацій.	Практичні заняття, самостійна робота.	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5
4.2	Усвідомлювати морально-етичну відповідальність за оприлюднені висновки, що були зроблені в ході інтерпретації спектральних даних.	Лекції, практичні заняття, самостійна робота.	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	5

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

ПРН	РНД (код)										
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	4.2	
Р02. Розуміти основи математики на рівні, достатньому для досягнення інших результатів навчання, передбачених цим стандартом та освітньою програмою.	+			+							
Р04. Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.	+	+	+								
Р05. Розуміти зв'язок між будовою та властивостями речовин.	+	+	+	+							

ПРН	РНД (код)											
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	4.2		
P07. Застосовувати основні принципи квантової механіки для опису будови атома, молекул та хімічного зв'язку.	+			+	+	+						
P08. Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.			+	+	+	+				+	+	
P16. Виконувати комп'ютерні обчислення, що мають відношення до хімічних проблем, використовуючи стандартне та спеціальне програмне забезпечення, навички аналізу та відображення результатів.				+				+	+	+		
P20. Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.	+						+	+	+			
P21. Здійснювати моніторинг та аналіз наукових джерел інформації та фахової літератури.				+				+	+			

## 7. Схема формування оцінки

### 7.1. Форми оцінювання студентів:

#### Семестрове оцінювання:

##### VI семестр

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані здобувачем освіти: **100 балів / 60 балів**, а саме:

- Активність під час занять з ЯМР спектроскопії – виконання практичних робіт, виконання домашньої самостійної роботи: РН 1.1–1.3, 2.1–2.3, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 (частково) – **30/18 балів**.
- Активність під час занять з ЕПР спектроскопії – виконання практичних робіт, виконання домашньої самостійної роботи: РН 1.1–1.3, 2.1–2.3, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 (частково) – **30/18 балів**.
- Контрольні роботи з ЯМР спектроскопії: РН 1.1–1.3, 2.1–2.3, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 (частково) – **30/18 балів**.
- Контрольна робота з ЕПР спектроскопії: РН 1.1–1.3, 2.1–2.3, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 (частково) – **10/6 балів**.

Підсумкове оцінювання (у формі заліку).

##### VII семестр

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

- Активність під час занять з ЯМР спектроскопії – виконання практичних робіт, виконання домашньої самостійної роботи: РН 1.1–1.3, 2.1–2.3, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 (частково) – **20/12 балів**.
- Активність під час занять з ІЧ спектроскопії – виконання практичних робіт, виконання домашньої самостійної роботи: РН 1.1–1.3, 2.1–2.3, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 (частково) – **25/15 балів**.
- Активність під час занять з прикладного використання комплексу фізико-хімічних методів дослідження – виконання практичних робіт, виконання домашньої самостійної роботи: РН 1.1–1.3, 2.1–2.3, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 (частково) – **10/6 балів**.
- Контрольна робота з ІЧ спектроскопії: РН 1.1–1.3, 2.1–2.3, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 (частково) – **5/3 бали**.

### Підсумкове оцінювання (у формі іспиту):

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

Результати навчання які будуть оцінюватись: РН 1.1–1.3, 2.1–2.3, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2.

Форма проведення: письмова робота.

Види завдань: теоретичні питання та практичні завдання.

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

**Здобувач освіти допускається до іспиту, якщо впродовж семестру він:**

- набрав не менше, ніж **36 балів;**
- виконав і вчасно здав усі практичні роботи;
- виконав завдання самостійної роботи;
- написав контрольні роботи.

### 7.2. Організація оцінювання:

#### VI, VII семестри

Терміни проведення оцінювання:

Контрольні роботи розпочинаються не раніше четвертого тижня семестру;

Практичні роботи: оцінювання не пізніше одного тижня після виконання;

Оцінювання самостійної роботи: впродовж семестру.

Здобувачі освіти мають право на одне перескладання контрольної роботи у визначений викладачем термін.

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

#### Шкала відповідності для заліку

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень / Marks
<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Не зараховано / Fail</b>	0-59

#### Шкала відповідності для іспиту

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

## 8. Структура навчальної дисципліни.

Тематичний план лекцій, практичних занять, самостійної роботи.

### VI СЕМЕСТР

№ з/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практичні заняття	самостійна робота
Розділ 1. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу (спектроскопія ЯМР).				
1.1	Вступ. Фізичні явища, що лежать в основі ЯМР. Основні принципи методу. Блок-схема ЯМР спектрометра. Поняття про Фур'є ЯМР-спектроскопію. Технічні аспекти зйомки спектрів ЯМР.	2	2	4
1.2	Хімічний зсув сигналів ЯМР: зв'язок з будовою хімічних сполук.	2	2	4
1.3	Спін-спінова взаємодія: її прояв в спектрах ЯМР та використання.	2	2	4
1.4	Основні параметри спектрів $^1\text{H}$ ЯМР – аналіз прикладів.	2	2	4
1.5	Спектроскопія ЯМР на ядрах $^{13}\text{C}$ . Порівняння з $^1\text{H}$ ЯМР-спектроскопією.	2	2	4
1.6	Спеціальні методики в ЯМР. Декаплінг. Ядерний ефект Оверхаузера.	2	2	4
1.7	Мультиядерний ЯМР.	2	2	4
1.8	Динамічні ефекти в ЯМР.	1	2	4
1.9	Двовимірні методики в ЯМР. Типи двовимірних спектрів.	1	2	5
1.10	Використання двовимірних методик ЯМР в структурних дослідженнях.	1	2	5
Контрольні роботи		1		
<b>Усього за розділом 1</b>		<b>18</b>	<b>20</b>	<b>42</b>
Розділ 2. Спектроскопія електронного парамагнітного резонансу (спектроскопія ЕПР).				
2.11	Основні принципи ЕПР.	2	2	4
2.12	g-Фактор. Анізотропія g-фактор.	2	2	4
2.13	Надтонка структура спектрів ЕПР.	2	2	4
2.14	Спектри ЕПР органічних радикалів. Поняття про спіновий гамільтоніан (СГ).	2	2	4
2.15	Спектри ЕПР координаційних сполук в заморожених розчинах.	1	2	4
Контрольна робота		1		
<b>Усього за розділом 2</b>		<b>10</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
<b>УСЬОГО за VI СЕМЕСТР</b>		<b>28</b>	<b>30</b>	<b>62</b>

Загальний обсяг – **120** годин, у тому числі:

Лекцій – **28** годин;

Практичних занять – **30** годин;

Самостійна робота – **62** години.

## VII СЕМЕСТР

№ з/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практичні заняття	самостійна робота
<b>Розділ 3. Спектроскопія ЯМР для розв'язку прикладних задач.</b>				
3.1	Спектроскопія ЯМР для розв'язку прикладних задач.		8	16
3.2	Двовимірні та кореляційні спектри ЯМР для розв'язку прикладних задач.		5	4
Контрольна робота			1	
<b>Усього за розділом 3</b>			14	20
<b>Розділ 4. Інфрачервона спектроскопія (ІЧ спектроскопія).</b>				
4.1	Коливальна спектроскопія – метод дослідження хімічних сполук. Спектрофотометри. Методика одержання спектрів твердих, рідких і газуватих речовин. Електромагнітний спектр. Поняття теорії коливальних спектрів. Умови для виникнення ІЧ-спектра молекули. Спектри комбінаційного розсіювання (СКР). Силова стала: її фізичне тлумачення	2	2	2
4.2	Коливання двохатомних молекул. Коливання багатоатомних молекул. Використання концепції групових (характеристичних) коливань для аналізу ІЧ спектрів	2	2	2
4.3	Поглинання алканів, алкенів, алкінів, алкадієнів, ароматичних сполук	2	2	2
4.4	Поглинання оксигеновмісних сполук: спиртів та фенолів	2	2	2
4.5	Поглинання альдегідів, кетонів, карбонових кислот	4	2	4
4.6	Поглинання нітрогеновмісних сполук: аліфатичних та ароматичних амінів, нітрilів, нітросполук	2	2	4
4.7	Поглинання амідів карбонових кислот, амінокислот та пептидів	2	2	4
4.8	ІЧ спектри неорганічних сполук	1	2	2
Контрольна робота		1		
<b>Усього за розділом 4</b>		18	16	22
<b>Розділ 5. УФ спектроскопія та люмінесценція сполук та матеріалів.</b>				
5.1	<i>Поглинання світла розчинами. Теоретичні викладки</i> Фотон. Умови поглинання фотона молекулярними об'єктами. Джерела світла для флуориметрії та спектрофотометрії. Світлові потоки. Взаємодія фотонів з речовиною. Заломлення, розсіювання та поглинання світла. Діаграма Яблонського – діаграма електронних та коливальних станів молекули після поглинання фотону. Типи електронних орбіталей в молекулах та молекулярних комплексах. Кон'югація орбіталей в молекулах. Утворення донорно-акцепторних комплексів та природа їх спектрів поглинання (у тому числі – металокомплексів). Поглинання світла катіонами лантаноїдів. Поглинання світла органічними	2		4



	молекулами: хромофори та ауксохроми у складі хромофорів. Полієновий, поліметиновий та цвіттеріонний стани кон'югованої системи. Локальне збудження молекули.			
5.2	<i>Практика поглинання світла сполуками</i> Кількісні характеристики поглинання світла молекулами. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Спектрофотометри. Двофотонне поглинання світла молекулами. Приклади застосування спектрофотометрії в наукових дослідженнях. Класифікація барвників та їх застосування. Ефекти сольватації молекул барвників у розчинах. Сольватохромізм. Передбачення зміни положення смуги поглинання барвника у спектрі при зміні його структури. Взаємодія зближених у просторі хромофорів. Агрегація молекул у розчинах. Структура та спектри поглинання J-, H- та X-агрегатів.	2		4
5.3	<i>Основи флуоресцентної спектроскопії</i> Природа люмінесценції та її різновиди. Основні закони флуоресценції. Стоксів зсув. Квантовий вихід флуоресценції. Яскравість флуоресценції. Час життя органічних молекул, триплетних комплексів металів та іонів лантаноїдів у збудженому стані. Анізотропія флуоресценції. Умови отримання спектрів та методи флуоресцентної спектроскопії. Будова спектрофлуориметра. Флуоресцентна спектроскопія у шкалі часу. Вимушена емісія: лазери на флуоресцентних барвниках.	2		4
5.4	<i>Флуоресценція при взаємодії збуджених молекул та комплексів катіонів металів.</i> Агрегація збуджених молекул. Взаємодія флуорофорів. Ексимери та експлекси. Флуоресценція H-, X- та J-агрегатів. Підсилена агрегацією флуоресценція. Внутрішньомолекулярне фотоперенесення заряду (ВФЗ). Сольватофлуорохромізм. Внутрішньомолекулярне фотоперенесення електрону (ВФЕ). Молекулярні конструкції на основі явища фотоперенесення електрону та їх практичне застосування. Механізми гасіння флуоресценції. Динамічне та статичне гасіння флуоресценції. Приклади молекулярних гасіїв флуоресценції. Резонансне перенесення енергії збудження (РПЕЗ). Гомо-РПЕЗ. Суперсвітіння та супергасіння. Молекулярні антени. Флуоресценція полімерів. Типи люмінесцентних наночастинок та природа їх люмінесценції. Люмінесценція сполук у триплетному стані. Металоцентована люмінесценція.	2		4
<b>Усього за розділом 5</b>		<b>8</b>		<b>16</b>

Розділ 6. Мас-спектроскопія. Використання комплексу фізико-хімічних методів дослідження для встановлення будови сполук			
6.1	Поняття про фізичні методи в хімії, основні терміни, класифікація методів, їх загальний огляд. Основні принципи мас-спектрометрії	2	4
6.2	Застосування мас-спектрометрії для визначення складу і будови хімічних сполук		2 4
6.3	Стратегія використання різних фізичних методів дослідження для вирішення складних структурних проблем: теоретичні та практичні аспекти		10 12
Контрольна робота			2
<b>Усього за розділом 6</b>		2	14 20
<b>УСЬОГО за VII СЕМЕСТР</b>		<b>28</b>	<b>44 78</b>

Загальний обсяг – **150** годин, у тому числі:

Лекцій – **28** годин;

Практичних занять – **44** години;

Самостійна робота – **78** годин.

## 9. Література

1. Badertscher M., Bühlmann P., Pretsch E. Structure Determination of Organic Compounds: Tables of Spectral Data; 4th, revised and enlarged edition: Springer Verlag, 2009. – 433 p.
2. Beynon, J.H. The Compilation of a Table of Mass and Abundance Values, in Mass spectrometry and its applications to organic chemistry', 1st ed.; Elsevier: Amsterdam, 1960.
3. Brand, J. C. D.; Eglinton, G. Applications of Spectroscopy to Organic Chemistry, Oldbourne Press London, 1965. – 234 p.
4. Excited States in Organic Chemistry. Front Cover. John A. Barltrop, John D. Coyle. WILEY, 1975. – 376 p.
5. Fundamentals of Molecular Spectroscopy / C.N. Banwell. – McGraw-Hill Book Company (UK) Limited, 1972, 1983.
6. Fundamentals, Techniques, and Analytical Problem-Solving / A.Lee Smith. – A Wiley Interscience Publication John Wiley and Sons, Inc., 1979.
7. Gross J.H. Mass Spectrometry: A Textbook, 3rd Ed. – Springer, 2017. – 986 p.
8. Hecht M. G. Magnetic Resonance Spectroscopy. New York, Willey, 1967.
9. Infrared Absorption Spectroscopy: Practical / Koji Nakanishi. – Holden-Day, Inc., San Francisco and Nankodo Company Limited, Tokyo. – 1962.
10. James R. Bolton, John E. Wertz. Electron Paramagnetic Resonance: Elementary Theory and Practical Applications. McGraw-Hill, 1972. – 592 p.
11. Linden-Bell R. M., Harris R.K. Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. London, Nelson, 1969.
12. Magnetic Resonance / K.A. Mclachlan. – Clarendon Press Oxford, 1972.
13. Physical Methods for Chemists / Russell S. Drago. – Saunders College Publishing, 1992. – 750 p.
14. Physical methods for chemists / Russell S. Drago. - 2nd ed. Rev. ed. of: Physical methods in chemistry. 1977. – 766 p.

15. Silverstein R.M., Webster Fr.X., Kiemle D.J., Bryce D.L. Spectrometric Identification of Organic Compounds, 7th Ed. – Wiley, 2005. – 550 p.
16. Stern E. S.; Timmons C. J. Electronic Absorption Spectroscopy in Organic Chemistry. – Edward Arnold (Publishers) Ltd London, 1970.
17. URL: [https://orgchem.knu.ua/upload/metod\\_infrared\\_spectroscopy\\_problems.pdf](https://orgchem.knu.ua/upload/metod_infrared_spectroscopy_problems.pdf)
18. Кипріянов А.І. Вступ до електронної теорії органічних сполук. – Київ: Наукова думка, 1975. – 190 с.
19. Комаров І.В. Практикум зі спектроскопії ядерного магнітного резонансу: підручник / І.В. Комаров, О.В. Туров. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2009. – 272 с.
20. Мілохов Д.С., Шабликіна О.В. Інфрачервона спектроскопія: збірник задач для практичних занять. Ел. видання, 2021.
21. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу : підручник / Ю.М. Воловенко, І.В. Комаров, О.В. Туров, В.П. Хиля. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2016. – 703 с.
22. Ядерний магнітний резонанс в хімії: навч. посібник / М.Ю. Корнілов, Г.П. Кутров. – Київ: Вища школа, 1985. – 199 с.
23. Пивоваренко В.Г. Абсорбційна та флуоресцентна спектроскопія органічних сполук. К., ВПЦ «Київський університет». 2022. – 285 с.
24. Амірханов В.М. Люмінесценція координаційних сполук лантаноїдів. – ВПЦ «Київський університет». 2017. – 79 с.
25. Lakowicz J.R. Principles of fluorescence spectroscopy. Second edition. Kluwer Academic / Plenum Publishers NY, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 1999. – 698 p.
26. Valeur B. Molecular Fluorescence. New-York, Wiley-VCH. – 2002. – 384 p.
27. Suppan P. Chemistry and light. 1994, RSC Publisher, – 295 p.

#### *Інтернет ресурси*

<https://organicchemistrydata.org/>

[http://www.aist.go.jp/aist\\_e/list/database/riodb/](http://www.aist.go.jp/aist_e/list/database/riodb/)

<https://webbook.nist.gov/chemistry/>