

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра неорганічної хімії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Заступник декана

навчальної роботи

Наталія УСЕНКО

30 » 06 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ЛЮМІНОФОРНІ СПОЛУКИ ТА МАТЕРІАЛИ
для здобувачів освіти

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	102 Хімія
освітній рівень	бакалавр
освітня програма	Хімія
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	7
Кількість кредитів ECTS	5
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: професор, Амірханов В.М.,
доцент, Тереміленко К.В.

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

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

КИЇВ - 2022

Розробники:

Амірханов Володимир Михайлович, д.х.н., професор, професор кафедри неорганічної хімії.
Теребіленко Катерина Володимирівна, д.х.н., доцент, доцент кафедри неорганічної хімії.

ЗАТВЕРДЖЕНО

В.о. завідувача кафедри неорганічної хімії

 Ростислав ЛАМПЕКА

Протокол № 11 від « 11 » травня 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від «29» червня 2022 року № 7

Голова науково-методичної комісії  Олександр ПОЇК

« 30 » червня 2022 року

1. Мета дисципліни – надання студентам теоретичних знань та практичних навичок щодо одержання, ідентифікації та особливостей вивчення люмінесцентних властивостей сполук та матеріалів, серед яких композитні, наноструктуровані та гібридні.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати **основи неорганічної хімії, методи синтезу неорганічних та координаційних сполук, основні спектральні методи дослідження неорганічних сполук.**

2. Володіти основними методами одержання неорганічних та координаційних сполук, практичними навичками інтерпретації даних ІЧ, електронної спектроскопії та порошкової рентгенографії.

3. Анотація навчальної дисципліни: навчальна дисципліна включає формування сучасних уявлень про природу явища люмінесценції, закономірності та механізми випромінювання світла при різних способах збудження сполук та матеріалів, основні типи взаємодії випромінювання з речовиною у люмінесцентних матеріалах; ролі та особливостях підбору активатора, матриці та сенсibilізатора, вплив морфології поверхні на спектральні властивості матеріалів, методи одержання люмінофорів у вигляді монокристалів, керамік, та мікро- й нанопорошків. Особливу увагу приділено встановленню взаємозв'язків між дисперсністю, структурою та люмінесцентними властивостями гетерофазних матеріалів.

4. Завдання (навчальні цілі): Надати необхідний теоретичний та практичних базис для розуміння фізичного змісту та природи люмінесцентних явищ в композитних матеріалах. Оволодіння сучасними практичними прийомами синтезу неорганічних люмінофорів у вигляді монокристалів, керамік, та мікро- й нанопорошків, що володіють власною або домішковою люмінесценцією.

Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 102 – «Хімія») навчальна дисципліна спрямована на досягнення наступних загальних та спеціальних (фахових) компетентностей: ЗК10, СК2, СК5, СК8, СК9.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результати навчання (1 – знати; 2 – вміти; 3 – комунікація)	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1.1 Знати та розуміти основні положення теорії люмінесценції, закономірності та механізми люмінесценції при різних способах збудження	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Тестова контрольна робота перевірка завдань самостійної роботи	5
1.2. Знати та розуміти природу механізми гасіння люмінесценції, методи впливу на процеси гасіння люмінесценції	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Перевірка завдань самостійної роботи	10
1.3. Знати основні види активаторів, сенсibilізаторів та класифікацію	Лекція, самостійне опрацювання	Тестова контрольна робота перевірка завдань самостійної роботи	5

неорганічних люмінесцентних матриць	рекомендованої літератури.		
1.4. Знати основи планування та проведення хімічних експериментів за участю хімічних елементів.	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури, лабораторні роботи.	Тестова контрольна робота перевірка завдань самостійної роботи	20
2.1. Вміти здійснювати експериментальну роботу щодо синтезу люмінофорів та дослідження люмінесцентних властивостей.	Лабораторні роботи.	Захист лабораторних робіт; перевірка завдань самостійної роботи.	30
2.2. Вміти використовувати набуті знання для інтерпретації спектрів збудження люмінесценції та випромінювання, обробки експериментальних даних.	Лабораторні роботи.	Захист лабораторних робіт; перевірка завдань самостійної роботи.	20
3.1. Здатність обговорювати з викладачем та колегами питання, що виникають в ході виконання лабораторних робіт.	Лабораторні роботи.	Захист лабораторних робіт.	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	1	1	1	1	2	2	3
Програмні результати навчання	1	2	3	4	1	2	1
P.06. Розуміти періодичний закон та періодичну систему елементів, описувати, пояснювати та передбачати властивості хімічних елементів та сполук на їх основі.	+	+	+	+			
P.07. Застосовувати основні принципи квантової механіки для опису будови атома, молекул та хімічного зв'язку.	+	+	+	+			
P.13. Аналізувати та оцінювати дані, синтезувати нові ідеї, що стосуються хімії та її прикладних застосувань.					+	+	+
P.18. Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії	+	+	+	+			

P.21. Здійснювати моніторинг та аналіз наукових джерел інформації та фахової літератури.					+	+	+
P.24. Використовувати сучасні інформаційно комунікаційні технології при спілкуванні, а також для збору, аналізу, обробки, інтерпретації даних.					+	+	+

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. Контрольна робота №1: РН 1.1, РН 1.2, РН 2.2 – **15/9 балів**.
2. Контрольна робота №2: РН 1.4, РН 2.2 – **15/9 балів**.
2. Усна доповідь з презентацією: РН 1.1, РН 1.2, РН 1.3, РН 1.4 – **15/9 балів**.
3. Лабораторні роботи № 1–5: РН 2.1, РН 2.2, РН 3.1 – **15/9 балів**.

Підсумкове оцінювання (у формі іспиту):

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

Результати навчання які будуть оцінюватись: РН 1.1, РН 1.2, РН 1.3, РН 1.4, РН 2.2.

Форма проведення: письмова робота.

Види завдань: одне теоретичне питання 10 балів, 15 тестових питань на 30 балів.

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

Студент допускається до іспиту, якщо протягом семестру він:

набрав не менше, ніж **36 балів** та виконав і вчасно здав всі лабораторні роботи.

7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення оцінювання:

Контрольна робота №1: не раніше **6 тижня** семестру;

Контрольна робота №2: не раніше **10 тижня** семестру;

Лабораторна робота № 1: виконується до **3 тижня** семестру;

Лабораторна робота № 2: виконується впродовж **4–6 тижня** семестру;

Лабораторна робота № 3: виконується впродовж **6–10 тижня** семестру;

Лабораторні роботи № 4-5: виконується впродовж **11–15 тижня** семестру;

Усна доповідь з презентацією та написання реферату виконується протягом семестру, але не пізніше, ніж за **2 тижні** перед його закінчення;

Персональні завдання для написання реферату та усної доповіді з презентацією студенти отримують не пізніше, як за **8 тижнів** 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.
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН.**

№	Назва	Кількість годин		
		Лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
Основні поняття та закони люмінесценції				
1	Люмінесценція як явище, процес, інструмент та метод дослідження в неорганічній хімії та матеріалознавстві.	2		3
2	Основні закони люмінесценції. Гасіння люмінесценції.	2		3
3	Модель потенціальних кривих та спектральні закономірності внутрішньоцентрової люмінесценції. Релаксація електронних збуджень та формування спектрів люмінесценції.	2		3
4	Техніка та методи дослідження неорганічних люмінофорів.	2		3
5	Лабораторна робота № 1		2	3
Неорганічні люмінесцентні матеріали				
6	Методи синтезу неорганічних люмінофорів: вплив концентрації, особливостей морфології на спектральні характеристики оптичних матеріалів	2		3
7	Застосування йону Європію(III) для одержання помаранчевих та червоних люмінофорів, взаємозв'язок між особливостями спектрів люмінесценції цього йону з локальним оточення відповідного центру світіння.	2		3
8	Антистоксові люмінофори: процеси та механізми ап-конверсії та їх використання в сучасній техніці та медицині.	2		3
9	Світлодіоди на основі неорганічних оксидних матеріалів: сучасний стан впровадження та основні виклики сьогодення.	2		3
10	Люмінофори на основі неорганічних квантових точок: методи синтезу, стабілізації, розмірні ефекти. Особливості їх використання як біологічних міток.	2		3
11	Кристалічні та склоподібні матеріали з інтенсивною домішковою люмінесценцією: синтез, спектральні	2		3

	особливості та застосування. Методика виготовлення люмінофорів Phosphor in Glass			
12	Лабораторна робота № 2		8	3
13	Лабораторна робота № 3		6	3
Металокомплекси з люмінесцентними властивостями та матеріали на їх основі				
13	Порівняльна характеристика люмінофорів на основі неорганічних і координаційних сполук.	2		3
14	Синглетні та триплетні стани. Діаграма Яблонського для металокомплексних систем. Процеси гасіння люмінесценції в металокомплексах. Ексимери та ексиплекси.	2		3
15	Люмінофори на основі координаційних сполук <i>s</i> -, <i>p</i> - та <i>d</i> - металів.	2		3
16	Комплекси <i>d</i> -металів з незавершеним <i>d</i> -підрівнем, що мають люмінесцентні властивості.	2		3
17	Особливості металоцентрованої люмінесценції комплексних сполук. Ефективність люмінесценції комплексів на основі йонів Ln ³⁺ у складі координаційних сполук. Сенсibiliзація (ефект антени) та вимоги до лігандів як до “антен”.	2		3
18	Шляхи міграції енергії у комплексах лантаноїдів (III). Приклади безвипромінювальної дезактивації іонів Eu(III) та Tb(III) <i>O-H</i> та <i>O-D</i> коливаннями.	2		3
19	Електронно-коливальна структура спектрів люмінесценції та спектрів збудження люмінесценції. Оцінка симетрії оточення центрального атому на основі кількості штарківських компонент у спектрах комплексів Ln(III).	2		3
20	Тенденції розвитку наукових досліджень в області синтезу люмінесцентних комплексів, придатних до створення матеріалів для новітніх технологій.	2		6
21	MOLED технології. Вимоги до матеріалів катоду та аноду електролюмінесцентної комірки на основі комплексних сполук. Вимоги до матеріалів емісійного шару.	2		6
22	Огляд розповсюджених галузей практичного застосування люмінесцентних комплексів та матеріалів на їх основі.	2		6
23	Лабораторна робота № 4		7	
24	Лабораторна робота № 5		7	

Загальний обсяг 150 год, в тому числі:

Лекції – 42 год.

Лабораторні заняття – 30 год.

Консультації – 0 год.

Самостійна робота – 78 год.

Виконання лабораторних робіт з курсу передбачає:

Лабораторна робота 1: Методика запису спектрів люмінесценції.

Лабораторна робота 2: Синтез відомого неорганічного люмінофору (за вибором):

1. Синтез до дослідження відомого люмінофору (на вибір $\text{KTiOPO}_4:\text{Eu}$, $\text{CaWO}_4:\text{Eu}$, $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$, $\text{LaPO}_4:\text{Tb}$, $\text{YAG}:\text{Ce}^{3+}$).

Виконання лабораторних робіт передбачає такі етапи:

I Підготовчий та експериментальний етап:

- 1) Аналіз наукової літератури щодо застосуванню та методів одержання люмінофору вибраного складу в умовах лабораторії.
- 2) Аргументований вибір способу одержання вибраного люмінофору та кількості активатора.
- 3) Підготовка матеріалів та хімічного посуду, очистка вихідних речовин для проведення синтезу .
- 4) Проведення експерименту по синтезу визначеної сполуки, запис та інтерпретація даних ІЧ спектроскопії, рентгенографії порошку.

Лабораторна робота 3: Вивчення люмінесцентних властивостей одержаного люмінофору.

Запис та інтерпретація спектрів збудження та емісії отриманого люмінофора, аналіз та порівняння з літературними даними.

Лабораторна робота 4: Синтез люмінофорного комплексу за відомою методикою (за вибором):

молекулярні комплекси типу $[\text{Ln}(\text{Dipy})\text{L}_3]$, $[\text{Ln}(\text{Phen})\text{L}_3]$;

аніонні комплекси $\text{Kat}[\text{LnL}_4]$;

катіонні комплекси $[\text{Ln}(\text{Dipy})_2\text{L}_2]\text{BPh}_4$;

де $\text{Ln} = \text{Eu}^{3+}$ або Tb^{3+} ; $\text{L} =$ бідентатно-хелатуючий ліганд КАФ або САФ типу; $\text{Kat} = \text{Na}^+$ або NEt_4^+ .

Оригінальні джерела, що містять методики синтезу та методи ідентифікації люмінофорних комплексів та вихідні речовини надаються викладачем.

Лабораторна робота 5: Вивчення люмінесцентних властивостей одержаного люмінофорного комплексу.

Запис та інтерпретація спектрів збудження та емісії отриманого люмінофорного комплексу, аналіз отриманих результатів та порівняння останніх з літературними даними.

9. Рекомендовані джерела.

Основні:

1. Wybourne, Brian G., and Lidia Smentek. Optical spectroscopy of lanthanides: magnetic and hyperfine interactions. CRC press, 2007.
2. Люмінесценція координаційних сполук лантаноїдів : навч. посіб. / В. М. Амірханов. - К. : ВПЦ "Київський університет", 2017.-79 с
3. Ц. Сідлецький, Б.В. Гриньов. Сцинтиляційні кристали на основі твердих розчинів заміщення – Харків: “ІСМА”, 2019. – 248 стр.
4. Композити з неорганічними люмінесцентними оксидами для агробіологічних та біомедичних застосувань : монографія / В. В. Бойко, Неділько С.Г., Чорній В.П., Тереміленко К.В.- К. : Вид-во Ліра-К, 2021. - 358 с. ISBN 978-617-520-200-5
5. Bünzli J.-C. G. Lanthanide Photonics: Shaping the Nanoworld // Trends in Chemistry. – 2019. – V. 1, Issue 8, P. 751-762.
6. Bünzli J.-C. G. On the design of highly luminescent lanthanide complexes // Coordination Chemistry Reviews 293–294 (2015) 19–47.

Додаткові:

1. Shinde K.N., Dhoble S.J., Swart H.C., Park K. (2012) Basic Mechanisms of Photoluminescence. In: Phosphate Phosphors for Solid-State Lighting. Springer Series in Materials Science, vol 174. Springer, Berli, Heidelberg
2. Релаксація високоенергетичних збуджень у нанорозмірних матеріалах: монографія / Волошановський В.А. – Харків: “ІСМА”, 2018.– 216 стр..
3. M. Gaft, R. Reisfeld, G. Panczer. Modern luminescence spectroscopy of minerals and materials (2005), Springer, 356 p
4. P. Gawryszewska, J. Sokolnicki, J. Legendziewicz Photophysics and structure of selected lanthanide compounds // Coordination Chemistry Reviews. – 2005. – V. 249, P. 2489–2509