

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра неорганічної хімії**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

_____ Наталія УСЕНКО

«___» _____ 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ХІМІЯ ЙОННИХ РОЗПЛАВІВ

для студентів

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

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2024/2025
Семестр	<u>4</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач: доцент, Терещенко К.В.

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

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

Розробник:

Теребіленко Катерина Володимирівна, д.х.н., доцент, кафедра неорганічної хімії _____

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри неорганічної хімії

_____ Ростислав ЛАМПЕКА

Протокол № __ від «____» _____2024 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від «__» _____ 2024 року № _____

Голова науково-методичної комісії _____ Олександр РОЇК

«____» _____ 2024 року

1. Мета дисципліни – формування у студентів цілісного уявлення про особливості хімічних перетворень та промислового застосування йонних розплавів як реакційного середовища, що забезпечують технологічно важливі процеси виділення легких та активних металів, створення гальванічних покриттів. Основним завданням курсу є оволодіння практичними навичками проведення високотемпературного експерименту одержання розплавів, стекол, монокристалів із середовища розплавлених солей.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати загальну хімію, неорганічну хімію та фізичну хімію.
2. Знати класифікацію та призначення стандартного лабораторного посуду та обладнання.
3. Знати техніку безпеки в лабораторії.

3. Анотація навчальної дисципліни: Навчальна дисципліна «Хімія йонних розплавів» є складовою програми професійної підготовки фахівців освітнього рівня «Бакалавр» за освітньою програмою «Хімія». Навчальна дисципліна є дисципліною вільного вибору студента, що висвітлює широке коло питань, пов'язаних з практикою використання йонних розплавів в наукових дослідженнях та хімічних технологіях. Навчальна дисципліна включає формування сучасних уявлень про місце та роль сольових розплавів як середовища для проведення хімічних реакцій, керованого синтезу монокристалів діелектриків та напівпровідників, стекол та ситалів. В результаті освоєння курсу студенти набувають знання про фізико-хімічні основи використання розплавів в металотермії та пірометалургії, способи оптимізації високотемпературного експерименту для одержання сучасних функціональних матеріалів: твердих електролітів і змішаних провідників, протонних провідників, каталізаторів, керметів.

4. Завдання (навчальні цілі):

-Ознайомлення студентів з основними фізико-хімічними особливостями йонних розплавів, їх будовою та функціональними можливостями. Основна деталізація курсу спрямована на проблеми матеріалознавчого характеру, а саме, використання різних розплавів (оксидних, фторидних, фосфатних, боратних) для отримання стекол, монокристалів та ситалів, при цьому основний акцент зроблено на набутті практичних навичок ведення експерименту в лабораторії;

- Навчити студентів самостійно готувати евтектичні суміші, підбирати оптимальний посуд для проведення певного експерименту, розбиратися в термопарах. Показати єдність методологічних підходів, що використовуються сучасною наукою, для опису і аналізу результатів спонтанної та керованої кристалізації йонних розплавів.

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 класифікацію тиглів, сольової евтектики за призначенням, складом та функцією, концепції	Лекція, лабораторні роботи самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота (питання з відкритими відповідями); захист протоколів лабораторних робіт.	15

використання сольових розплавів.			
1.2. Знати принципи формування стекол, кристалітів та ситалів із розплавлених систем	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота (питання з відкритими відповідями); перевірка завдань самостійної роботи, захист протоколів лабораторних робіт	15
1.3. Знати та розуміти методи вирощування кристалів із розплавлених солей	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота (питання з відкритими відповідями); перевірка завдань самостійної роботи, захист протоколів лабораторних робіт	15
1.4. Знати теоретичні основи електролізу в йонних розплавах	Лекція, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Контрольна робота (тести, питання з відкритими відповідями); перевірка завдань самостійної роботи	15
2.1. Вміти здійснювати експериментальну роботу по одержанню розплавів хлоридних, фторидних та оксидних систем.	Лабораторні роботи.	Захист лабораторних робіт; перевірка завдань самостійної роботи.	15
2.2. Вміти використовувати набуті знання для розрахунків, моделювання електрохімічних процесів, обробки експериментальних даних.	Лабораторні роботи.	Захист лабораторних робіт; перевірка завдань самостійної роботи.	15
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

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни						
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	3.1
Р.01. 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.	+	+	+	+			
Р.05. Розуміти зв'язок між будовою та властивостями речовин.	+	+	+	+			

Р.08. Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.					+	+	+
Р.09. Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методики та техніки приготування розчинів та реагентів.					+	+	+
Р.10. Застосовувати основні принципи термодинаміки та хімічної кінетики для вирішення професійних завдань.	+	+	+	+			
Р.14. Здійснювати експериментальну роботу з метою перевірки гіпотез та дослідження хімічних явищ і закономірностей.					+	+	+
Р.17. Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову добросовісність.					+	+	+

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів:

Семестрове оцінювання:

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

1. Контрольна робота №1: РН 1.1, РН 1.2, РН 2.2 – **20/12 балів**.
2. Контрольна робота №2: РН 1.4, РН 1.5, РН 2.2 – **20/12 балів**.
3. Лабораторні роботи № 1–3: РН 2.1, РН 2.2, РН 3.1 – **60/36 балів**.

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 **5–6 тижня** семестру;

Лабораторна робота № 4-7: виконується впродовж **6–10 тижня** семестру;

Оцінювання самостійної роботи: впродовж семестру.

Підсумкова оцінка з освітнього компонента, підсумковою формою контролю за яким встановлено залік, визначається як сума оцінок (балів) за всіма позитивно оціненими результатами навчання. Позитивну оцінку «зараховано» студент отримує, якщо сума позитивно оцінених результатів навчання всіх форм семестрового оцінювання (не менше 50% максимально можливої кількості балів) дорівнює або перевищує 60 балів.

Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень / Marks
Зараховано / Pass	90-100
	75-89
	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
Тема 1. «Основні поняття та техніка хімічного експерименту в сольових розплавах»				
1	Практичні аспекти застосування йонних розплавів: склад, будова та термодинаміка сольових розплавів. Обладнання та посуд для розплавного експерименту. Класифікація ти види тиглів. Термопари. Принципи підбору матеріалів для різних розплавлених середовищ.	2		4
2	Лабораторна робота №1. Виготовлення низькоплавких сольових евтектик		2	4
3	Принципи формування стекел, кристалітів та ситалів із розплавлених систем: кінетика та термодинаміка процесів зародкоутворення	2		4
4	Технологія виготовлення силікатних стекел. Боросилікатне скло.	2		4
5	Лабораторна робота № 2 « Виготовлення фосфатно-боратного скла для оптики»		2	4
6	Методи вирощування кристалів із розплавлених солей: метод направленої кристалізації. Методи Стокбакера, Киропулоса, Капіци, Чохральського, Хорна та Вернейля	2		4
7	Лабораторна робота № 3. Вирощування кристалів нелінійно-оптичного матеріалу КТіОРО ₄ з фосфатно-вольфраматних розплавів»		2	
8	Лабораторна робота № 4 «Визначення кривих розчинності ТіО ₂ у фосфатно-вольфраматних розплавах методом насичення розплаву в ізотермічних умовах»		2	
8	Фізико-хімічні основи вирощування монокристалів сапфіру методом Чохральського (запрошена лекція представника Інституту Сцинтиляційних матеріалів НАН України)	2		4
Модульна контрольна робота №1				
Тема 2. "Використання йонних розплавів в хімічній технології"				
9	Йонні розплави в пірометалургії та металотермії. Особливості електролізу в йонних розплавах. Електродні потенціали в йонних розплавах. Теорія будови подвійного електричного шару на межі метал – розплав. Електроди порівняння для вимірювання електродних потенціалів в йонних розплавах.	2		4
10	Конструкційні та електродні матеріали для високотемпературної електрохімії. Отримання хлориду літію з карбонату літію. Електроліз хлориду літію з метою отримання чистого літію. Одержання натрію електролізом розплавленого їдкового натру. Обґрунтування складу електроліту та робочої температури. Теорія електродних процесів , конструкція ванн.	2		4

11	Електрохімічне одержання магнію. Основні принципи конструювання ванн з верхнім та боковим вводом анодів. Рафінування магнію. Електрохімічне одержання кальцію, барію, титану та цирконію.	2		4
12	Електрохімічне одержання алюмінію. Основні види сировини та способи її переробки на кріоліт і глинозем. Теорія процесів. Принципи конструювання ванн. Природа анодного ефекту. Його вплив на параметри технологічного процесу. Засоби усунення анодного ефекту. Рафінування алюмінію	2		4
13	Використання йонних розплавів в електрохімічних та поливних комірках.	2		4
14	Корозія металів в йонних розплавах. Гальванічні покриття з розплавів	2		4
15	Використання йонних розплавів в ядерній енергетиці.	2		4
Тема 3 «Досягнення хімії розплавлених солей в розробці новітніх матеріалів»				
16	Реакції хлорування у розплавах. Окисно-відновні реакції у розплавах. Стабілізація незвичайних ступенів окиснення перехідних елементів у розплавному середовищі.	2		4
17	Лабораторна робота №5. Окисно-відновні перетворення Ti^{+4} - Ti^{+3} у фосфатних розплавах.		2	7
18	Проблеми пошуку та оптимізації складу нелінійно-оптичних матеріалів на основі боратів та ніобатів. Роль та класифікація флюсів.	2		4
19	Взаємодія оксидів полівалентних металів із фосфатними, молібдатними та ванадатними розплавами: стратегії одержання монокристалів	2		4
20	Лабораторна робота №6 «Вирощування монокристалів SeO_2 із сольових розплавів»		2	
	Лабораторна робота №7 «Спонтанна кристалізація монокристалів Li_3PO_4 »		2	
Модульна контрольна робота №2				
Всього		30	14	

Загальний обсяг 120 год, в тому числі:

Лекції – **30 год**.

Лабораторні заняття – **14 год**.

Консультації – **1 год**.

Самостійна робота – **75 год**.

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Слободяник М.С., Струтинська Н.Ю., Тереміленко К.В. Складнооксидні сполуки з тетраедричними аніонами: синтез, будова та властивості – Київ, ФОП Ямчинський О.В., – 2021 – 272с.
2. «Основи технології силікатних матеріалів. Загальні відомості виробництва кераміки, скла та ситалів» [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І.С. Суббота, Л.М.

Спасьонова, Т.І Булка – Електронні текстові дані (1 файл: 2,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 103 с.

3. Sharma, S., Ivanov, A. S., & Margulis, C. J. (2021). A brief guide to the structure of high-temperature molten salts and key aspects making them different from their low-temperature relatives, the ionic liquids. *The Journal of Physical Chemistry B*, 125(24), 6359-6372.
4. Portehault, D., Gómez-Recio, I., Baron, M. A., Musumeci, V., Aymonier, C., Rouchon, V., & Le Godec, Y. (2022). Geoinspired syntheses of materials and nanomaterials. *Chemical Society Reviews*, 51(11), 4828-4866.

Додаткові:

1. Вступ до хімії йонних розплавів : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Суми: видавничо-виробниче підприємство «Мрія», 2014. – 142 с..
2. Хімія йонних розплавів, лабораторні та практичні роботи для студентів спеціальності 8.04010101 Хімія / В.В. Бугаєнко. – Суми: Вид-во СумДПУ ім. А.С. Макаренка. – 2013. – 78 с.
3. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: Навч. посібник / А.М. Верховлюк, А.В. Нарівський, В.Г. Могилатенко / За ред. академіка НАН України В.Л. Найдека. – К.: Видавничий дім “Вініченко”, 2016. – 224 с.
4. Lantelme, F., & Groult, H. (2013). *Molten salts chemistry: from lab to applications*. Newnes. – handbook
5. GAUNE-ESCARD, M. A. R. C. E. L. L. E., & HAARBERG, G. M. (2014). *Molten Salts Chemistry and Technology*.
6. Бадіян С.Ю., Тонкопряд А.Г., Шеховцов О.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з фізичного матеріалознавства: 1. Вивчення пластичної деформації та визначення механічних характеристик металів і сплавів. 2. Вирощування монокристалів. - Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2007. - 36 с