

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ХІМІЇ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою Інституту хімії
високомолекулярних сполук
НАН України

Протокол № 9

від « 29 » Вересня 2022 р.

Голова Вченої ради Інституту
хімії високомолекулярних сполук
НАН України
доктор хімічних наук



Олександр БРОВКО

ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

**РОБОЧА ПРОГРАМА
вибіркової навчальної дисципліни**

**ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ
СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ
РІВЕНЬ ОСВІТИ**

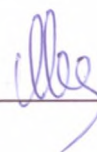
**10 – ПРИРОДНИЧІ НАУКИ
102 – ХІМІЯ
ХІМІЯ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК
ТРЕТІЙ (ОСВІТНЬО-НАУКОВИЙ)**

Київ – 2022 р.

Робоча програма навчальної дисципліни **Полімерні композиційні матеріали** для аспірантів за спеціальністю «102 – Хімія» третього освітньо-наукового рівня, за денною формою навчання відповідає вибірковому навчальному курсу «Полімерні композиційні матеріали».

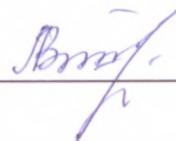
РОЗРОБНИК РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ:

Провідний науковий співробітник ІХВС НАН України
доктор фізико-математичних наук, професор
Є.П. Мамуня



Програму затверджено на засіданні Вченої ради
Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України
протокол № 9
від « 29 » вересня 2022 р.

Вчений секретар



Віра БУДЗІНСЬКА

Пояснювальна записка

Програму вибіркової навчальної дисципліни «**Полімерні композиційні матеріали**» складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки «**доктор філософії**» в галузі природничих наук зі спеціальності **102 – «Хімія»**.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета навчальної дисципліни – ознайомлення аспірантів з дослідженнями в області полімерних композиційних матеріалів (ПКМ), останніми досягненнями в їх створенні та застосуванні; визначення пріоритетних напрямків розвитку науки багатокомпонентних полімерних та гібридних систем; вивчення сучасних фізичних та фізико-хімічних методів дослідження структури та властивостей полімерних композиційних матеріалів; надання знань про сутність процесів, що лежать в основі розробки ПКМ; знайомство з технологічними аспектами формування полімерних композиційних матеріалів різного призначення; надання інформації про функціональні полімерні композиційні матеріали, їх особливості і напрямки застосування; ознайомлення з методами формування різних типів структури полімерних композиційних матеріалів, ознайомлення з напрямками застосувань і перевагами полімерних композиційних матеріалів в високотехнологічних галузях індустрії (авіабудівництво, автомобільна промисловість і т.д.).

Вивчення курсу передбачає формування сучасного рівня знань в області полімерних композиційних матеріалів, отримання навичок теоретичного аналізу результатів експериментальних досліджень, набуття практичних навиків з формування ПКМ різними способами, освоєння сучасних методів дослідження структури та характеристик ПКМ із залученням передового наукового обладнання, освоєння методів планування експерименту та обробки результатів, систематизування наявної в літературі інформації та узагальнення самостійно отриманих в ході досліджень результатів.

У результаті **вивчення курсу** аспірант

- повинен знати:

властивості та характеристики матеріалів, що є складовими полімерних композиційних матеріалів, особливості структури полімерних композиційних матеріалів, які визначають властивості ПКМ, технологічні аспекти формування полімерних композиційних матеріалів різного призначення, області застосування функціональних полімерних композиційних матеріалів

та методи їх виготовлення, сучасні методи дослідження ПКМ, технологію формування полімерних композиційних матеріалів з різною структурою.

- повинен вміти:

застосовувати набуті теоретичні знання при вирішенні практичних задач формування полімерних композиційних матеріалів різних типів, визначати методи дослідження властивостей ПКМ і застосовувати необхідне обладнання, вибирати відповідну технологію при створенні полімерного композиційного матеріалу цільового призначення, систематизувати наявну в літературі інформацію та узагальнювати самостійно отримані в ході досліджень результати.

В рамках даної дисципліни поглиблюються і розвиваються такі **компетенції:**

- універсальні компетенції:

здатність планувати і здійснювати комплексні дослідження, що включають як теоретичну роботу з літературою, так і практичну з залученням технології отримання полімерних композитів та дослідження їх характеристик з використанням сучасних методів дослідження та інформаційно-комунікаційних технологій;

- професійні компетенції:

здатність самостійно організовувати проведення експериментів і випробувань, проводити їх обробку отриманих даних, аналізувати результати експериментальних досліджень та узагальнювати їх у вигляді наукових статей для провідних профільних журналів і презентацій на конференціях, в тому числі міжнародних.

2. Структура та зміст дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни «Полімерні композиційні матеріали» відводиться 240 годин, що складає 8 кредитів ECTS. Навчальна дисципліна містить два кредитні модулі по 4 кредити, що відповідає проведенню навчального процесу у семестрі 5. Розподіл аудиторних занять (лекції, семінари, консультації), а також самостійної роботи по кредитному модулю 1 та кредитному модулю 2 наданий в таблиці.

Види і обсяг занять в рамках кредитних модулів 1 і 2.

№	Склад кредитних модулів	Кількість кредитів ECTS	Обсяг навчальної роботи (в годинах)					Вид підсумкового контролю	
			Загальний обсяг	Аудиторних занять:	лекцій	семінарів	консультацій		Самостійна робота
1	1. Типи високомолекулярних сполук, які використовуються як основа ПКМ. 2. Різновиди наповнювачів для ПКМ, їх основні характеристики. 3. Принципи створення полімерних композиційних матеріалів. 4. Структура полімерних композиційних матеріалів.	4	120	20	12	6	2	102	
2	5. Технологія формування ПКМ з різною структурою. 6. Механічні властивості полімерних композиційних матеріалів. 7. Функціональні полімерні композиційні матеріали. 8. Сучасні методи дослідження ПКМ.	4	120	18	10	4	4	100	
Разом		8	240	38	22	10	6	202	Екзамен

Кредитні модулі містять 8 кредитів, розподілених по модулях 1 і 2, що відповідає семестру 5. **Зміст кредитів:**

Кредит 1.

Типи високомолекулярних сполук, які використовуються як основа ПКМ.

Два класи полімерних матриць (термореактивні та термопластичні). Термореактивні зв'язуючі, хімічна структура, властивості. Переваги та недоліки, можливості модифікації. Технологія препрегів для отримання ПКМ. Механічні властивості, адгезія, термостійкість, горючість.

Термопластичні зв'язуючі, хімічна структура, відмінність властивостей від термореактивних зв'язуючих. В'язкість розплавів, способи формування

композиту. Механічні характеристики, термостійкість, високотехнологічні термопластичні полімери. Суміші полімерів.

Обсяг занять: лекції – 2 години, семінари – 1 година, самостійна робота – 25 годин.

Кредит 2.

Різновиди наповнювачів для ПКМ, їх основні характеристики.

Дисперсні та волокнисті наповнювачі. Види дисперсних наповнювачів, активні та інертні наповнювачі. Мінеральні, вуглецеві та металеві дисперсні наповнювачі. Вплив розміру та форми частинок наповнювачів на характеристики композиту, класифікація наповнювачів за розміром частинок. Нанонаповнювачі, питома поверхня, агрегація наночастинок.

Волокнисті наповнювачі. Типи волокнистих наповнювачів, скляні, вуглецеві, базальтові, органічні. Розміри волокон. Термостійкі волокна. Переваги та недоліки кожного з типу волокон. Листові наповнювачі, отримання препрегів з листових наповнювачів.

Обсяг занять: лекції – 4 години, семінари – 2 години, самостійна робота – 26 годин.

Кредит 3.

Принципи створення полімерних композиційних матеріалів.

Класифікація полімерних композитів. Фактори, що покращують механічні властивості наповненого полімеру. Внутрішні напруги при термічному впливі на композит. Міжфазна взаємодія на границі полімер-наповнювач. Два напрямки створення полімерних композиційних матеріалів – дешева технологія для формування виробів широкого вжитку, і створення композитів з підвищеними характеристиками. Отримання ПКМ із препрегів. Створення функціональних полімерних композиційних матеріалів. Вимоги до функціональних композитів. Створення термостійких ПКМ.

Обсяг занять: лекції – 2 години, семінари – 1 година, консультації – 1 година, самостійна робота – 25 годин.

Кредит 4.

Структура полімерних композиційних матеріалів.

Дисперсно наповнені композити. Розподіл дисперсного наповнювача в полімерній матриці. Вплив розміру та форми частинок на властивості композиційного матеріалу. Модель міжфазного шару на границі полімер-наповнювач. Параметри пакування частинок полімеру в матриці. Поняття межі

пакування, коефіцієнт пакування. Реологічні властивості композитів. Залежність характеристик композитів від концентрації наповнювачів.

Волокнисто наповнені композити. Орієнтовані та двовимірні композити. Армований композити. Склопластики та вуглепластики. Структура і термічні властивості композитів.

Упорядкований розподіл наповнювача. Сегреговані системи. Структура функціональних полімерів.

Обсяг занять: лекції – 4 години, семінари – 2 години, консультації – 1 година, самостійна робота – 26 годин.

Кредит 5.

Технологія формування ПКМ різної структури.

Технологія формування дисперсно наповнених та волокнисто наповнених композитів. ПКМ на основі термореактивних полімерів та термопластів – технологічні відмінності. Термореактивні ПКМ, способи сполучення з наповнювачами. Змішування, типи змішувачів. Технології просочування шаруватих композитів. Введення дисперсних наповнювачів в термопласти. В'язкість розплаву, показник текучості розплаву (ПТР). Змішування в екструдерах, на валках, в закритих змішувачах. Диспергуюче змішування. Змішування порошків. Особливості формування нанокомпозитів.

Обсяг занять: лекції – 4 години, семінари – 1 година, консультації – 1 година, самостійна робота – 25 годин.

Кредит 6.

Механічні властивості полімерних композиційних матеріалів.

Механічні характеристики композитів – модуль Юнга, розривне зусилля, відносне видовження, міцність на згин та здавлювання. Коефіцієнт Пуасона. Вимірювання механічних характеристик в динамічному режимі. Вплив термічної передісторії на динамічні механічні характеристики. Механізм руйнування волокнисто наповнених та дисперсно наповнених композитів. Удароміцність та тріщиностійкість композитів. Повзучість, релаксація напруги. Залежність повзучості від напруги. Руйнування та деформаційно-міцнісні властивості ПКМ. Теорія руйнування Грифіта. Роль ступеню кристалічності і морфології кристалічної фази в ПКМ на їх механічні властивості.

Обсяг занять: лекції – 2 години, семінари – 2 години, консультації – 1 година, самостійна робота – 25 годин.

Кредит 7.

Функціональні полімерні композиційні матеріали.

Класифікація функціональних ПКМ. Електрофізичні властивості полімерних композиційних матеріалів. Електропровідні ПКМ. Вуглецеві та металеві наповнювачі. Перколяційні залежності, теорія перколяції. Базові моделі. Вплив структури композиту на показники електропровідності. Теплопровідні композити. Моделі для опису теплопровідності двофазних систем. Порівняння механізмів електропровідності і теплопровідності. Способи підвищення теплопровідності. Композити для захисту від електромагнітного випромінювання. Механізм взаємодії електромагнітної хвилі з композитом. Чинники, які підвищують захисні властивості ПКМ. Діелектричні властивості композитів. Системи з високим значенням діелектричної константи.

Обсяг занять: лекції – 2 години, семінари – 2 години, консультації – 2 години, самостійна робота – 25 годин.

Кредит 8.

Сучасні методи дослідження ПКМ.

Дослідження механічних характеристик – руйнівні методи визначення міцності, ступеня розтягу, модуля Юнга. Стандарти випробувань. Метод динамічного механічного аналізу (ДМА). Метод термомеханічного аналізу (ТМА). Дослідження термічних характеристик. Метод диференційної скануючої калориметрії (ДСК). Метод термогравіметричного аналізу (ТГА). Методи дослідження структури композитів – електронна та оптична мікроскопія. Методи визначення густини композитів. Визначення водопоглинання композитів. Обладнання для випробувань – розривні машини, їх характеристики. Сучасне обладнання для термічного і механічного аналізу, його характеристики і особливості. Методи досліджень функціональних композитів – вимірювання електропровідності, теплопровідності, екрануючих властивостей.

Обсяг занять: лекції – 2 години, семінари – 1 година, самостійна робота – 25 годин.

3. Навчально-методичне забезпечення самостійної роботи аспірантів.

Форма контролю знань.

Види самостійної роботи:

– в домашніх умовах,

- в читальному залі бібліотеки,
- на комп'ютерах з доступом до баз даних та ресурсів Інтернет,
- в лабораторіях з доступом до лабораторного обладнання та приладів.

Самостійна робота підкріплюється навчально-методичним та інформаційним забезпеченням, що включає наукові публікації, підручники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, навчальне та наукове програмне забезпечення, ресурси Інтернету.

Форма контролю знань - іспит у кінці курсу.

4. Рекомендована література

1. Г.Ф. Джурка. *Полімерні композиційні матеріали*. Посібник. Вид-во Полтавського державного педагогічного університету, Полтава, 2008, 58 с.
2. С. А. Вшивков, И. С. Тюкова, Е. В. Русинова. *Полимерные композиционные материалы*. Учебное пособие. Екатеринбург, Изд-во Уральского университета, 2022, 230 с.
3. Ю.А. Михайлин. *Специальные полимерные композиционные материалы*. Изд-во НОТ, Санкт-Петербург, 2009.
4. М. Л. Кербер, В. М. Виноградов, Г. С. Головкин. *Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология*. Изд-во Профессия, М., 2008, 560 с.
5. Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. *Полимерные композиционные материалы*. Учебное пособие. Изд-во Томского политехнического университета, Томск, 2013, 118 с.
6. Ю.А. Михайлин. *Конструкционные полимерные композиционные материалы*. Изд-во НОТ, Санкт-Петербург, 2015, 822 с.
7. В.Г. Шевченко. *Основы физики полимерных композиционных материалов*. Учебное пособие. Изд-во МГУ, М., 2010, 98 с.
8. *Наполнители для полимерных композиционных материалов*. Под. ред. Г.С. Каца и Д.В. Милевски. Изд-во Химия, М., 1981, 736 с.
9. *Functional Fillers for Plastics*. Ed. M. Xanthos. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Newark, USA, 2005, 432 p.
10. Л. Нильсен. *Механические свойства полимеров и полимерных композиций*. Изд-во Химия, М., 1978, 312 с.
11. *Thermal and Rheological Measurement Techniques for Nanomaterials Characterization*. Ed. S. Thomas, R. Thomas, A. K. Zachariah, R. K. Mishra. V.3., 2017, Cambridge, Elsevier, 2017, 206 p.
12. Ал.Ал. Берлин. *Современные полимерные композиционные материалы*. *Соросовский Образовательный Журнал*, №1, 57-85, 1995.
13. J.L. Leblanc. *Filled Polymers. Science and Industrial Applications*. Taylor and Francis Group, USA, 2010
14. D. Xiang. *Carbon-Based Conductive Polymer Composites*. CRC Press, USA, 2023.