



**Гібридні та
органометалічні
матеріали
Робоча програма
навчальної дисципліни
(Силабус)**

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	161 Хімічні технології та інженерія
Спеціальність	Хімічні технології органічних речовин
Освітня програма	Всі освітні програми
Статус дисципліни	Вибіркова (Ф-каталог)
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	4 курс, <i>осінній</i>
Обсяг дисципліни	4 кредитів ЄКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська/Російська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Доцент каф. ОХ та ТОР, доктор хімічних наук, Роман Вікторович Приходько, rvprihodko@ukr.net
Розміщення курсу	https://my.kpi.ua/coursesandbox/direct?hash=rtf_62745bd9240a

Програма навчальної дисципліни

2. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програму навчальної дисципліни «Гібридні та органометалічні матеріали» складено у відповідності до освітньо-професійної програми підготовки **бакалаврів** напрямку 051301–Хімічна технологія.

Навчальна дисципліна належить до дисциплін **вільного вибору студентів**, **циклу професійної та практичної** підготовки.

Предмет навчальної дисципліни – хімічні та практичні методи створення гібридних та органометалічних матеріалів.

Міждисциплінарні зв'язки: курс «Гібридні та органометалічні матеріали» базується на попередніх дисциплінах: «Загальна та неорганічна хімія» «Прикладна хімія», «Органічна хімія» та «Спецрозділи органічної хімії», «Аналітична хімія» тощо. Набуті в результаті вивчення курсу знання, уміння та навички будуть застосовані у курсах «Хімія і технологія органічних речовин», «Механізми органічних реакцій», «Реакційна здатність органічних сполук» тощо.

Ми визначаємо органічний гібрид як матеріал, виготовлений шляхом з'єднання полімерного, багатого вуглецем або неорганічного матеріалу з органікою (малі молекули або макромолекули). Наша мета полягає в тому, щоб надати читачам хіміків-органіків-синтетиків, зацікавлених у застосуванні своїх навичок до функціонально-орієнтованого синтезу, хіміків-неорганіків, які бажають представити молекулярну складність для своєї галузі, студенти намагаються зрозуміти об'єкти, що охоплюють кілька сфер навчальної програми, із загальним оглядом різноманітності рішень, які вигадали хіміки-хіміки, хіміки-біологи та матеріалознавці, які займаються синтезом органічних, неорганічних та полімерних речовин. контролювати функції через ковалентне приєднання специфічна підтримка нескінченно змінних молекулярних архітектур.

Кожен новий матеріал має спеціальні вимоги (доступність, стабільність, поверхнева функціональність тощо), що обмежують можливості хіміків для щеплення бажаних функціональних молекул. Також складно визначити, чи було досягнуто певного зв'язку між сутностями. Це, у свою чергу, породжує нові питання та можливості для досліджень та застосувань. Таким чином, у цьому курсі лекцій зазначено дві основні теми: синтез та характеристика гібридних та органометалічних матеріалів.

3. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Метою навчальної дисципліни «Гібридні та органометалічні матеріали» є формування у студентів здатностей:

- здатність вирішення типових завдань та проблем аналітичного контролю технологічних процесів органічного синтезу (КЗП-2, КСП-5, КІ-3);

- розділення та аналізу складних сумішей органічних сполук хімічними та хроматографічними методами (КЗП-3, КСП-9);
- здатність до застосування основ сучасного якісного та кількісного групового та елементного аналізу органічних речовин при вирішенні технологічних задач (КЗП-2) ;
- здатність до користування сучасними методами та методиками хроматографічного розділення складних сумішей органічних сполук для вирішення лабораторних та технологічних задач (КЗП-9, КСП-10).

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни «Гібридні та органометалічні матеріали» мають продемонструвати такі результати навчання:

Знання:

- контрольоване самозбирання одновимірних нанокристалів,
- самозбірні графенові наноструктури та їх застосування,
- фотохромні органічні та гібридні самоорганізовані наноструктуровані матеріали (від дизайну до застосування),
- наноструктуровані супрамолекули, що реагують на фотореакцію,
- П-електронні іонно-парні вузли, що забезпечують наноструктуровані матеріали,
- наноструктуровані реагують на стимули поверхні для біомедичних застосувань,
- спрямовування на стимулювання самоорганізації одновимірних органічних напівпровідникових наноструктур для оптоелектронних застосувань,
- перемикання спіральної осі стимулів у хіральных рідкокристалічних наноструктурах,
- електрично керовані самоорганізовані хіральні рідкокристалічні наноструктури: органічні молекулярні фотонні кристали з регульованою забороненою зоною,
- наноструктуровані органо-неорганічні гібридні мембрани для високотемпературних протонообмінних мембранних паливних елементів,
- двовимірні органічні та гібридні пористі каркаси як нові системи електронних матеріалів: електронні властивості та розширені функції перетворення

енергії,

- органічні/неорганічні гібридні наноструктуровані матеріали для термоелектричного перетворення енергії,
- органічні напівпровідникові наноструктури для застосування в біосенсорах,
- полімерно-наноматеріальні композити для оптоакустичного перетворення,
- функціональні наноструктуровані сполучені полімери
- та наноструктуровані самоорганізовані геліконічні рідкі кристали: нематична фаза.

Уміння:

- вибирати методи контролю виробництва та якості хімічних продуктів;
- обирати методи функціонального аналізу органічної сполуки та робити висновки про її будову на основі аналізу;
- проводити колоночну та тонкошарову хроматографію сумішей органічних сполук різних класів;
- проводити якісний аналіз та кількісний розрахунок результатів інструментальної хроматографії.

Досвід:

- У самозбиранні одновимірних нанокристалів,
- у синтезі графенових наноструктури,
- дизайн фотохромних органічних та гібридних наноструктур,
- уміння синтезу наноструктурованих супрамолекули,
- уміння спрямовування на самоорганізацію одномірних органічних напівпровідникових наноструктур для оптоелектронних застосувань,
- електричне керування хіральними рідкокристалічними структурами,
- управління синтезом органічних та гібридних пористих каркасів,
- синтез функціональних наноструктурованих сполук і полімерів

4. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна «Гібридні та органометалічні матеріали» викладається згідно згідно навчального плану підготовки магістрів призначена для поглибленого вивчення теорії органічних реакцій майбутніми науковцями і інженерами-технологами.

Навчальна дисципліна призначений для студентів хіміко-технологічного факультету. Кожна лекція з її незалежною позицією описує виробництво, властивості та застосування певного класу матеріалів та завершується коротким прогнозом на майбутнє. Загалом цей курс лекцій пропонує розширене, але доступне висвітлення функціональних органічних та гібридних наноструктурованих матеріалів для студентів та аспірантів, а також дослідників усіх рівнів як в академічних, так і в промислових галузях матеріалознавства та матеріалознавства, нанонауки та нанотехнологій, макромолекулярна та супрамолекулярна наука неорганічна, фізична хімія, рідкі кристали, м'які матеріали, металоорганічні та ковалентні органічні каркаси, фотоніка, оптоелектроніка, біосенсор, поверхня та інтерфейс, збір, зберігання та перетворення енергії, а також металоорганіка та органічні ковалентні каркаси. Студенти знайдуть курс корисним як результат останніх подій у цій галузі, так і як підручник фундаментальних понять для початківців. Крім того, очікується, що це спонукатиме до роздумів про створення нових ідей для стимулювання майбутніх розробок у цьому сприятливому та міждисциплінарному дослідницькому кордоні.

Цей курс лекцій містить збірку із 15 розділів. Вони представлено збалансоване освітлення різних аспектів, що з використанням металлорганічних каркасів (МОК) як адсорбентів і каталізаторів. Перші два розділи відносяться до синтезу надійних МОК або післясинтетичної модифікації первинного матеріалу. Один з найбільш сильної критики широкомасштабного застосування МОК в адсорбції та каталізі є їх недостатня структурна стабільність. Однак, незважаючи на те, що не всі МОК стабільні при нагріванні в певних розчинниках або присутності реагентів, було показано, що існують певні МОК, структурно міцні в широкому діапазоні обробки, і вони можуть витримати більшість умов, необхідних для адсорбції газу, поділу та рідкофазних реакцій. Враховуючи важливість, яку МОК можуть мати у цих великомасштабних програмах, у розділі 3 підсумовується синтез МОК у промисловому масштабі, вказуючи на відмінності цих комерційно доступних МОК щодо зразків, виготовлених у меншому масштабі. Крім 3D МОК, МОК, що формує плівки або 2D структури, які згодом можна з'єднувати і перетворювати на 3D-матеріали, набувають все більшого значення для тих застосувань, які вимагають твердих тіл з

такою конкретною морфологією, і вони описані в Розділі 4.

Розділи 5–8 присвячені використанню МОК як адсорбентів, включаючи застосування цих матеріалів у відділенні газу CO₂, зберіганні метану, а також уловлюванні та деградації бойових хімічних речовин. Ці три теми привертають значну увагу в контексті зменшення викидів CO₂ в атмосферу, розвитку циркулярної економіки CO₂, кращого використання викопного палива, що менш забруднює, і захисту від токсичних хімікатів. Насправді можливість налаштування структури МОК і постсинтетичної модифікації цих твердих речовин дозволяє контролювати велику кількість критичних параметрів, які можуть призвести до сильної адсорбції CO₂ і CH₄ зі значеннями теплоти адсорбції, які вважаються оптимальними для зворотної адсорбції. цикли десорбції. Крім того, мембрани з високою селективністю та великими потоками проникнення можуть бути життєздатними рішеннями для уловлювання CO₂ та поділу газових та рідких сумішей та можуть покращити їх продуктивність шляхом додавання МОК як компоненти. Сучасний стан МОК як компонентів мембран узагальнено у Розділі 8.

Взаємодія між адсорбцією та каталізом представлена у розділах 9 та 10, де показана можливість приготування композитів, що містять МОК, або модифікувати склад МОК, щоб адаптувати його властивості до конкретних цілей. Ці розділи висвітлюють зв'язок між адсорбцією та каталізом, про який було раніше прокоментовано, та показують, як поєднуються особливості МФ.

5. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри Органічної хімії та технології органічних речовин. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

1. William A. Wyman S. Applications of Graphene and Graphene-Oxide Based Nanomaterials, Oxford, 2015, PP. 1-85
2. Bernadette C., CHEMISTRY OF ORGANO-HYBRIDS Synthesis and Characterization of Functional Nano-Objects, John Wiley & Sons, PP 1-534.
3. Oscar L. Ortiz and Luis D. RAMÍREZ, COORDINATION POLYMERS AND METAL ORGANIC FRAMEWORKS: PROPERTIES, TYPES AND APPLICATIONS,

CHEMICAL ENGINEERING METHODS AND TECHNOLOGY, MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGIES , Nova Science Publishers, Inc. *New York* , 2012. PP. 1-307.

4. Zhenqiang Wang, Design of metal-organic framework materials based upon inorganic clusters and polycarboxylates, Zhenqiang Wang. 2006. PP 1-197.
5. A.Doménech-Carbó., Electrochemistry of Porous Materials, New York, PP.1-312.
6. Robert A. Huggins.,Energy Storage Fundamentals, Materials and Applications, Second Edition, PP. 1-540.
7. Quan Li., Functional Organic and Hybrid Nanostructured Materials, Wiley, PP. 1-637.
8. LUIS E. F. F.TORRES, S.ROCHE, J.CHARLIER, Introduction to Graphene-Based Nanomaterials.From Electronic Structure to Quantum Transport., University Printing House, Cambridge. 2014. PP 1-409.
9. Ephraim S. Honig, Metal Organic Frameworks and Ligands for MOF Synthesis. Strem Chemicals, Inc. 2018 P. 1-19.
10. G.Hermenegildo, S.Navalón.,Metal-Organic Frameworks. Applications in Separations and Catalysis.Spain. 2017. PP 1-514.
11. Edited by Z. Fahmina and S. Eram., Metal-Organic Frameworks. Published by ExLi4EvA. PP 1-156.
12. E. Suhir, Y.C. Lee, C.P. Wong, Micro- and Opto-Electronic Materials and Structures: Physics, Mechanics, Design, Reliability, Packaging., Materials Physics—Materials Mechanics, Springer, 2007, PP 1-735.
13. R.K.Goyal.,Nanomaterials and Nanocomposites., Synthesis, Properties, Characterization Techniques, and Applications., NEW York. 2018. PP 1-332.
14. S. Kaskel.,The Chemistry of Metal–Organic Frameworks., Synthesis, Characterization, and Applications., PP 1-886.

Навчальний контент

6. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Складання робочих навчальних програм кредитних модулів слід проводити з урахуванням форми навчання (денна) та кількості годин, що виділяються на певні види робіт (лекції).

Дисципліна викладається студентам однієї спеціальності без особливостей.

Для студентів денної форми навчання наступний розподіл часу вивчення дисципліни:

– лекції – 3 години на тиждень з 1 по 18 навчальні тижні.

З метою забезпечення наочності викладання матеріалу на лекційних заняттях доцільно застосовувати додатковий матеріал, підготовлений у середовищі Microsoft

Power Point; довідкові матеріали розташувати на сайті кафедри ОХ та ТОР. Та підготовлені лабораторних робіт

7. Самостійна робота студента/аспіранта

Підготовка до аудиторних занять, виконання домашньої контрольної роботи тощо та терміни часу, які на це відводяться.

Політика та контроль

8. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Всі вимоги не суперечать законодавству України і відповідають нормативним документам Університету. У звичайному режимі роботи університету лекції та практичні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекцій та практичних занять і виконання домашніх завдань є обов'язковим.

Перед початком чергової теми лектор може надсилати питання із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості.

Правила захисту Домашньої контрольної роботи (ДКР):

1. До захисту допускаються студенти, які грамотно виконали всі вимоги щодо кожного з розділів ДКР.
2. Захист відбувається за графіком, зазначеним у п.5 за індивідуальними завданнями.
3. Після перевірки завдання викладачем на захисті викладач задає 2 питання щодо роботи, при очному захисті студент відповідає одразу, при дистанційному – студенту дається час (до 1 год) на письмову відповідь. За результатами роботи і захисту виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.
4. Несвоєчасні виконання і захист роботи без поважної причини штрафуються відповідно до правил призначення заохочувальних та штрафних балів.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. Несвоєчасний захист лабораторних робіт без поважної причини штрафується 1 балом;
2. Несвоєчасний захист Домашньої контрольної роботи (ДКР) без

- поважної причини штрафуються 1 балом;
3. За кожний тиждень запізнення з поданням Домашньої контрольної роботи на перевірку нараховується 1 штрафний бал (але не більше 3 балів).
 4. За активну роботу на лекції нараховується до 2 заохочувальних балів (але не більше 5 балів на семестр).
 5. За дачасне представлення на перевірку і зразковий захист Домашньої контрольної роботи нараховуються 1-2 заохочувальні бали.

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

9. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: виконання і захист лабораторних робіт, активність на лекціях, виконання і захист ДКР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: залік.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 100 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

виконання і захист лабораторних робіт (8 робіт);
написання модульної контрольної роботи (МКР);
виконання і захист Домашньої контрольної роботи (ДКР).

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Виконання і захист лабораторних робіт (8 робіт по 3 бали кожна) Ваговий бал – **24 бали**. Оцінювання робіт проводиться за наступною шкалою:
бездоганні виконання і захист роботи – 3 бали;
є дрібні недоліки при виконанні та захисті роботи – 2,4- 2,9 балів;
є суттєві недоліки у виконанні та захисті роботи – 1,6 – 2,3 бали.
Робота не виконана – 0 балів.

2.2. Модульний контроль. (3 контрольні роботи по 10 балів кожна)

Ваговий бал – **60 балів**. Контрольна робота складається з 2 питань і 2 задач, кожне питання або задача оцінюється у 5 балів. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 4,5 – 5 балів;

достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 3,8 – 4,4 бали;

неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 3 – 3,7 балів;

незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

2.3. Домашня контрольна робота.

Ваговий бал – **16 балів**. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

–відмінно виконана робота, виконані всі вимоги до роботи – 16 балів;

- роботу виконано з незначними недоліками, виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки 13 – 15 балів;

- роботу виконано з певними помилками, є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 10 – 12 балів;

- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0 балів.

3. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є виконання всіх запланованих на цей час робіт (на час календарного контролю). На **першому календарному контролі** (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 32 = 16$ балів. На **другому календарному контролі** (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 72 = 36$ балів та виконана і надіслана

Домашня контрольна робота.

4. **Умови допуску до заліку:** необхідною умовою допуску до заліку є зарахування домашньої контрольної роботи, захист всіх лабораторних робіт та написання трьох контрольних робіт.

Якщо кількість балів, набраних студентом з дисципліни у семестрі, дорівнює або перевищує 60

% від максимальної суми, тобто дорівнює або перевищує 60 балів, то студент має можливість погодитись з сумарним рейтингом, що в такому разі складе величину його семестрового рейтингу:

$$R = rC$$

Де rC – сума балів, отриманих за семестр, R – підсумкова оцінка за курс.

Якщо студент має незадовільну оцінку його роботи у семестрі, але допущений до заліку ($50 < rC < 60$ балів), або хоче покращити позитивну оцінку, він пише залік на заліковому тижні семестру. Залікове завдання складається з п'яти завдань (питань і задач), кожне вагою 10 балів. У цьому випадку сумарний рейтинг за курс виставляється за формулою:

$$R = 0,5rC + 0,5rЗ$$

Де rC – сума балів, отриманих за семестр, $rЗ$ – сума балів, отриманих на заліку, R – підсумкова оцінка за курс.

На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичних запитання (завдання) і два практичних. Кожне запитання (завдання) оцінюється за такими критеріями:

Кожне питання оцінюється у 10 балів.

Система оцінювання питань:

«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9 – 10 балів;

«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7,5 – 8,9 балів;

«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 6 – 7,4 балів;

«незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 8 тижнів.

Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 14 тижнів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Не виконані умови допуску Не допущено

10. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Вимоги до оформлення Домашньої контрольної роботи наведені на платформі дистанційного навчання Сікорський (MOODLE) і у Електронному кампусі НТУУ «КПІ» імені Ігоря Сікорського

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент. каф. ОХ та ТОР, доктор хімічних наук, Приходько Роман Вікторович

Ухвалено кафедрою ОХ та ТОР (протокол № 14 від 23.06.2024)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 21.06.2024)