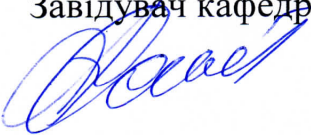


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Хімічний факультет
Кафедра фізичної та колоїдної хімії

Затверджено
На засіданні кафедри фізичної та колоїдної
хімії хімічного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08.2022 р.)

Завідувач кафедри фізичної та колоїдної хімії

Олександр РЕШЕТНЯК

Силабус з навчальної дисципліни
“Синтез і властивості полімерних композитів”,
що викладається в межах ОПП «Хімія» другого (магістерського) рівня вищої
освіти для здобувачів з спеціальності 102 Хімія

Львів 2022 р.

Назва дисципліни	Синтез і властивості полімерних композитів
Адреса викладання дисципліни	Львівський національний університет імені Івана Франка, хімічний факультет, вул. Кирила і Мефодія 6, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Хімічний факультет, кафедра фізичної та колоїдної хімії
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки 102 Хімія
Викладачі дисципліни	Аксіментьєва О. І., д.х.н., професор, професор кафедри фізичної та колоїдної хімії
Контактна інформація викладачів	olena.aksimentyeva@lnu.edu.ua
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі онлайн консультації через MS Teams чи ZOOM. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка курсу	https://chem.lnu.edu.ua/department/physical-and-colloid-chemistry
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Синтез і властивості полімерних композитів” є вибірковою дисципліною зі спеціальності 102 Хімія для освітньо-професійної програм “Хімія” другого (магістерського) рівня вищої освіти, яка викладається в першому семестрі в обсязі 4 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання, обов’язкові для того, щоб ознайомити з теоретичними основами синтезу та властивостями композиційних матеріалів на основі промислових полімерних матриць та органічних чи неорганічних наповнювачів різного типу, сформувати практичні навички одержання полімерних композиційних матеріалів, освоїти методи дослідження структури і властивостей, ознайомитись з областями застосування.
Мета та цілі дисципліни	Метою і завданням навчальної дисципліни “Синтез і властивості полімерних композитів” є засвоєння студентами теоретичних основ одержання полімерних композитів, до складу яких входять органічні полімерні та неорганічні наповнювачі, у тому числі нанонаповнювачі, оволодіння методами дослідження їхньої структури і властивостей, ознайомлення з галузями застосування полімерних композитів.
Література для вивчення дисципліни	<i>Основна література:</i> 1. Гетьманчук Ю.П., Братичак М.М. Хімія та технологія полімерів. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2006. – 456 с. 2. Берлін А.А. Полімерні композиційні матеріали. Властивості. Структура. Технології. 2011. 3. Aksimentyeva O. I. et al. Chapter 9. Synthesis and physical-chemical properties of composites of conjugated polyaminoarenes with dielectric polymer matrices // Computational and Experimental Analysis of Functional Materials. – Toronto: Apple Academic Press, 2017. – P. 331–370. 4. Ліпатов Ю.С. Міжфазні явища в полімерах. – К.: Наукова думка, 1980. – 260 с. 5. Мамуня Є.П., Юрженко М.В., Лебедєв Є.В. та ін. Електроактивні полімерні матеріали. – Київ, 2013. – 397 с. 6. Аксіментьєва О.І., Доманцевич Н.І., Яцишин Б.П. Дифузійні

	<p>характеристики тонкоплівкових полімерних матеріалів та методи їх вимірювання. – Львів : вид-во ЛТЕУ, 2018. – 145 с.</p> <p>7. Волков С. В., Ковальчук Є. П., Огенко В. М., Решетняк О. В. Нанохімія. Наносистеми. Наноматеріали. – Київ, Наукова думка, 2008. – 423 с.</p> <p><i>Додаткова література</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Progress in Materials Science 2. Nature Materials 3. Advanced Materials 4. Progress in Polymer Science 5. Nanoscale Research Letters 6. Journal of Alloys and Compounds 7. Materials Today 9. Applied Electronic Materials 10. Molecular Crystals and Liquid Crystals 11. Sensors and Actuators B: Chemical 12. Acta Physica Polonica A <p><i>Інформаційні ресурси:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. www.elsevier.com 2. www.wiley.com 3. http://pubs.acs.org/ 4. http://chemetal-journal.org/ 5. http://chem.lnu.edu.ua/visnykk/index.htm 6. http://nbuv.gov.ua/ 7. http://www.sciencedirect.com/ 8. https://www.scopus.com/ 9. http://webofknowledge.com/ 10. https://www.researchgate.net/ 11. https://mon.gov.ua
<p>Обсяг курсу</p>	<p>Навчальний курс охоплює 4 кредити (120 год). Курс складається з 16 год лекційних занять, 16 год лабораторних занять та 88 год самостійної роботи</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>Після завершення цього курсу студент буде :</p> <p>знати:</p> <p>основні типи композиційних полімерних матеріалів, методи формування полімерних композитів, механізми взаємодії компонентів на межі полімер–наповнювач, особливості структури полімерів та її взаємозв'язок із властивостями, сучасні методи дослідження структури і властивостей композитів, області застосування полімерних композитів.</p> <p>вміти:</p> <p>синтезувати полімерні композити методами поліконденсації та полімеризаційного наповнення, визначати вихід і склад композитів на основі синтетичних полімерів та дисперсних неорганічних наповнювачів, встановлювати структуру макромолекул синтетичних полімерів методами УФ-, ІЧ- спектроскопії, аналізувати результати дифракційних досліджень, визначати розміри структурних елементів полімерів і композитів, встановлювати зв'язок склад–структура–властивості для цілеспрямованої зміни полімерів і композитів в ході синтезу.</p> <p>У результаті успішного вивчення курсу студент набуде <i>загальних</i></p>

	<p>компетентностей:</p> <p>ЗК 1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p>ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК 3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК 6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).</p> <p>ЗК 8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.</p> <p>ЗК 14. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел;</p> <p>та спеціальних (фахових) компетентностей:</p> <p>СК 2. Здатність будувати адекватні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, в тому числі з використанням методів молекулярного, математичного і комп'ютерного моделювання.</p> <p>СК 3. Здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент.</p> <p>СК 4. Здатність інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження.</p> <p>СК 6. Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними.</p> <p>СК 7. Здатність дотримуватися етичних стандартів досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність, ризики для людей і довкілля тощо).</p> <p>Програмні результати навчання:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ПРН 3. Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії. - ПРН 4. Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам. - ПРН 6. Знати методологію та організації наукового дослідження. - ПРН 8. Вміти ясно і однозначно донести результати власного дослідження до фахової аудиторії та/або нефакхівців - ПРН 9. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи необхідні методи та інструменти роботи з даними. - ПРН 10. Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.
Ключові слова	Полімерні композити, матриця, наповнювач, міжфазні явища
Формат курсу	Очний. Проведення лекцій, лабораторних занять та консультацій
Теми	Наведені у Таблиці 1
Підсумковий контроль, форма	Залік в кінці семестру на основі результатів поточного контролю та усного опитування
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін "Фізична хімія", "Хімія високомолекулярних сполук", "Фізика", "Органічна хімія"
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Використання таких методів навчання: а) <i>словесні</i> – лекція, пояснення, бесіда; б) <i>наочні</i> – ілюстрування лекційного матеріалу таблицями, схемами та графіками; в) <i>практичні</i> – виконання лабораторних робіт (індивідуальні та групові)

	завдання), спрямованих на застосування набутих знань у розв'язанні практичних завдань, презентація, творче індивідуальне завдання, дискусія.
Необхідне обладнання	Мультимедійне обладнання, персональний комп'ютер, прилади та лабораторне обладнання кафедри фізичної та колоїдної хімії (консистометр Хепплера, спектрофотометри, оптичний мікроскоп, дериватограф)
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Нарахування балів здійснюється за таким співвідношенням:</p> <p>40 % – виконання лабораторних робіт;</p> <p>10 % – творче індивідуальне завдання (реферат);</p> <p>50 % – усне або письмове опитування теоретичного матеріалу</p> <p>Письмові роботи: Очікується, що студенти виконають письмову роботу (реферат). Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом. Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на лабораторних заняттях, за написання реферату та бали підсумкового опитування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
Питання до заліку чи екзамену	<ol style="list-style-type: none"> 1. Класифікація полімерних матеріалів. Навести приклади полімерів різних класів. 2. Що таке композит, основні компоненти композитів. 3. Яка роль полімерної матриці, навести приклади різних типів полімерних сполучників. 4. Що таке наповнювач? 5. Для чого застосовують наповнювачі? 6. Типи наповнювачів. 7. Як відбувається взаємодія полімеру і наповнювача, як при цьому змінюються властивості композитів? 8. Які дисперсні наповнювачі ви знаєте? 9. Основні характеристики дисперсних наповнювачів. 10. Що таке волокнисті наповнювачі? 11. Наведіть приклади шаруватих наповнювачів.

	<p>12. Яку дію чинить наповнювач в композиті?</p> <p>13. Методи отримання полімерних композитів з неорганічним наповнювачем.</p> <p>14. Наведіть приклади нанотехнологічних підходів у формуванні композитів.</p> <p>15. Методи одержання та характеристика промислових полімерів – компонентів ПКМ.</p> <p>16. Ланцюгові та ступінчасті процеси утворення макромолекул.</p> <p>17. Полімеризація циклічних мономерів.</p> <p>18. Методи синтезу полімерів в розплаві, в блоці, в розчині, в емульсії і суспензії.</p> <p>19. Органічні дисперсні наповнювачі.</p> <p>20. Нанонаповнювачі: вуглецеві нанотрубки, фулерени, графени, наноалмази, напівпровідникові нанокристали, нанографіт.</p> <p>21. Структура полімерних композиційних матеріалів.</p> <p>22. Як відбувається формування граничних шарів (інтерфаз) в наповнених полімерних системах?</p> <p>23. Конформація і упаковка ланцюгів у граничних шарах аморфних полімерів.</p> <p>24. Модифікація поверхні наповнювача, вплив міцності межі розділу фаз на міцність полімерного композиту.</p> <p>25. Як впливають наповнювачі на механічні і електричні властивості композитів?</p> <p>26. Основні положення перколяційної теорії та її застосування.</p> <p>27. Механізм посилення еластомерів наповнювачами. Активні наповнювачі для синтетичних і натуральних каучуків.</p> <p>28. Поліолефіни. Полівінілхлорид. Полістирольні пластики. Поліметилметакрилат. Фторполімери.</p> <p>29. Взаємопроникаючі полімерні сітки.</p> <p>30. Інструментальні методи дослідження структури полімерів і композитів.</p> <p>31. Основи методу ІЧ-спектроскопії.</p> <p>32. Термомеханічні властивості полімерів і методи їх дослідження.</p> <p>33. Визначення кристалічної структури полімерів методом X-променевого аналізу.</p> <p>34. Електронна мікроскопія в дослідженні полімерів і композитів.</p> <p>35. Термічний аналіз, основи методу, визначення термостійкості полімерів і композитів.</p> <p>36. Газопроникність полімерів і композитів та методи визначення коефіцієнта газопроникності.</p> <p>37. Класифікація, фізичні основи диференціального термічного аналізу.</p> <p>38. Застосування ПКМ в техніці, побуті та промисловості.</p>
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Таблиця 1. Схема курсу

Таблиця 1. Схема курсу

Тижень	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності	Література. ***Ресурси в інтернеті	Завдання	Термін виконання
1-2	Тема 1. Полімерні композити - матеріали функціонального призначення. Вступ. Історія розвитку композиційних матеріалів. Роль композиційних полімерних матеріалів та виробів із них в народному господарстві. Класифікація композиційних полімерних матеріалів. Методи одержання та характеристика промислових полімерів – компонентів ПКМ. Промислово важливі полімери – каучуки, пластичні маси, штучні і синтетичні волокна. Ланцюгові та ступінчасті процеси утворення макромолекул. Полімеризація циклічних мономерів. Методи синтезу полімерів в розплаві, в блоці, в розчині, в емульсії і суспензії. Особливості суспензійної полімеризації. Дисперсійна полімеризація в органічному розчиннику.	Лекція	Базова: 1. Берлін А. А. Полімерні композиційні матеріали. Властивості. Структура. Технології. - СПб.: Професія, - 2011. 2. Гетьманчук Ю.П., Братичак М.М. Хімія та технологія полімерів. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2006. – 456 с. 3. Aksimentyeva O. I. et al. Chapter 9. Synthesis and physical-chemical properties of composites of conjugated polyaminoarenes with dielectric polymer matrices // Computational and Experimental Analysis of Functional Materials. – Toronto: Apple Academic Press, 2017. – P. 331–370. 4. Ліпатов Ю.С. Міжфазні явища в полімерах. – К.: Наукова думка, 1980. – 260 с. 5. Мамуня Є.П., Юрженко М.В., Лебедев Є.В. та ін. Електроактивні полімерні матеріали. – Київ, 2013. – 397 с.	Самостійна робота. Класифікація композиційних полімерних матеріалів. Навести конкретні приклади.	жовтень
	Синтез полімерних композитів з електропровідним полімерним наповнювачем. Вивчення структури і морфології зразків за допомогою оптичної мікроскопії.	Лабораторна робота			
3-4	Тема 2. Наповнювачі полімерних композиційних матеріалів. Класифікація наповнювачів та армуючих елементів для полімерних композитів. Дисперсні наповнювачі. Органічні дисперсні наповнювачі. Будова частинок технічного вуглецю, його склад, призначення відповідно до способів отримання і дисперсності. Мінеральні і металеві наповнювачі. Волокнисті наповнювачі. Бавовняна целюлоза. Хімічні волокна. Азбест волокнистий. Скловолокнисті наповнювачі. Полісилікатні і кварцові волокна. Нанонаповнювачі: вуглецеві нанотрубки, фулерени, графени, наноалмази, напівпровідникові нанокристали, нанографіт.	Лекція	6. Аксіментьєва О.І., Доманцевич Н.І., Яцишин Б.П. Дифузійні характеристики тонкоплівкових полімерних матеріалів та методи їх вимірювання. – Львів : вид-во ЛТЕУ, 2018. – 145 с. 7. Волков С. В., Ковальчук Є. П., Огенко В. М., Решетняк О. В. Нанохімія. Наносистеми. Наноматеріали. – Київ, Наукова думка, 2008. – 423 с.	Самостійна робота. Вивчення хімічної будови представників різних класів полімерних матриць (сполучників).	Жовтень
	Синтез полімерних композитів з електропровідним полімерним наповнювачем. Вивчення структури і морфології зразків за допомогою оптичної мікроскопії. (продовження)	Лабораторна робота	Допоміжна: Періодичні видання 1. Progress in Materials Science 2. Nature Materials 3. Advanced Materials 4. Progress in Polymer Science 5. Nanoscale Research Letters		

5-6	<p>Тема 3. Взаємодія наповнювачів з полімерною матрицею. Структура полімерних композиційних матеріалів. Формування граничних шарів (інтерфазу) в наповнених полімерних системах. Сегментальна рухливість в адсорбційних шарах. Конформація і упаковка ланцюгів у граничних шарах аморфних полімерів. Закономірності зміни властивостей при наповненні полімерів. Вплив природи і складу полімерної матриці на адгезійну міцність композитів. Модифікація поверхні наповнювача, вплив міцності межі розділу фаз на міцність полімерного композиту. Вплив наповнювачів на механічні і електричні властивості композитів. Основні положення перколяційної теорії та її застосування.</p> <p>Отримання полімерних композитів з неорганічним дисперсним наповнювачем (ZnO, TiO₂, Fe₃O₄) методом полімеризаційного наповнення.</p>	<p>Лекція</p> <p>Лабораторна робота</p>	<p>6. <i>Journal of Alloys and Compounds</i> 7. <i>Materials Today</i> 9. <i>Applied Electronic Materials</i> 10. <i>Molecular Crystals and Liquid Crystals</i> 11. <i>Sensors and Actuators B: Chemical</i> 12. <i>Acta Physica Polonica A</i></p> <p>Інформаційні ресурси: 1. https://www.scopus.com/ 2. www.sciencedirect.com. 3. http://onlinelibrary.wiley.com.</p>	<p>Самостійна робота. Композити на основі термопластичних і терморезистивних полімерів. Епоксидні композити.</p>	листопад
7-8	<p>Тема 4. Термопластичні та терморезистивні полімерні зв'язуючі. Система полімер–наповнювач. Механізм посилення еластомерів наповнювачами. Активні наповнювачі для синтетичних і натуральних каучуків. Поліолефіни. Полівінілхлорид. Полістирольні пластики. Поліметилметакрилат. Фторполімери. Отримання газонаповнених матеріалів на основі полістиролу, полівінілхлориду і поліетилену. Поліаміди. Поліефіри. Кремнійорганічні полімери. Епоксидні олігомери. Модифікація – метод синтезу нових полімерів і композитів. Реакції полімерів із низькомолекулярними і високомолекулярними модифікаторами. Взаємопроникаючі полімерні сітки</p> <p>Отримання полімерних композитів з неорганічним дисперсним наповнювачем (ZnO, TiO₂, Fe₃O₄) методом полімеризаційного наповнення. (продовження)</p>	<p>Лекція</p> <p>Лабораторна робота</p>		<p>Самостійна робота. Методи формування полімерних композиційних матеріалів. Сучасні підходи.</p>	листопад
9-10	<p>Тема 5. Інструментальні методи аналізу складу та молекулярної структури полімерів та полімерних композицій. ІЧ та УФ спектроскопія полімерів. Експериментальна методика ІЧ-спектроскопії полімерів. Спектроскопія порушеного внутрішнього відбиття (ППВВ). ЕПР</p>	Лекція		<p>Самостійна робота. Спектральні методи дослідження структури полімерів і композитів.</p>	Листопад

	спектроскопія. Застосування методу ЯМР високого розділення для дослідження сегментальної рухливості і структури міжфазних шарів.			
	Спектрофотометричне дослідження кінетики полімеризації аміноаренів в полімерній матриці.	Лабораторна робота		
11-12	Тема 6. Методи дослідження структури полімерних матеріалів Рентгенографія як метод визначення структури аморфних та кристалічних полімерних систем. Визначення ступеня кристалічності та розміру кристалітів. Електронографічні та оптичні методи дослідження. Електронна мікроскопія. Трансмісійна і сканувальна мікроскопія, енергодифракційний (ЕДАХ) аналіз. АСМ мікроскопія. Основи і можливості методу. Мас-спектроскопія.	Лекція	Самостійна робота. Структура полімерів і композитів та методи її дослідження.	Листопад
	Визначення структурних параметрів полімерних матеріалів за даними рентгенівської дифракції.	Лабораторна робота		
13-14	Тема 7. Залежність властивостей полімерів від температури Термічні методи дослідження полімерних композиційних матеріалів. Основи диференціального термічного аналізу (ДТА). Застосування ДТА для вивчення хімічних перетворень в полімерних системах (зшивання, окислення, вулканізації, полімер аналогічних перетворень, термічної деструкції і т.п.). Термогравіметрія. Основи методу. ТГ та ДТГ- криві. Вивчення процесів термічної стабільності та термічної деструкції полімерних систем. Термомеханічний аналіз (ТМА). Фізичні основи методу. Статичні та динамічні методи. Аналіз ТМА-кривих.	Лекція	Самостійна робота. Аналіз спектрів поглинання полімерних матеріалів в ІЧ діапазоні (індивідуальні завдання).	Грудень
	Визначення мікротвердості полімерних композитів із застосуванням консистометра Хепплера.	Лабораторна робота		
15-16	Теми 8. Механічні та релаксаційні властивості полімерів Реологічні властивості ПКМ. Дослідження мікротвердості композиційних матеріалів. Проникність полімерів. Газопроникність. Методи визначення	Лекція	Самостійна робота. Нанотехнологічні підходи для формування полімерних композитів.	Грудень

<p><i>коефіцієнта газопроникності. Електричні методи дослідження. Застосування ПКМ в техніці, побуті та промисловості. Перспективи розвитку ПКМ – однієї із прогресивних галузей сучасного матеріалознавства. Полімерні нанокомпозити і наноматеріали.</i></p>				
<p><i>Аналіз ІЧ спектрів поглинання, ідентифікація функціональних груп та визначення структури полімерів.</i></p>	<p><i>Лабораторна робота</i></p>			