


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 № 14 від 7 лютого 2020 р.)
Завідувач кафедри  В. Решетняк

Силабус з навчальної дисципліни
**«Оптичні і магнітні явища
в спряжених полімерних системах»,**
що викладається в межах третього (освітньо-наукового) рівня
вищої освіти для здобувачів з спеціальності
102 ХІМІЯ

Львів 2020 р.

Назва курсу	Оптичні і магнітні явища в спряжених полімерних системах
Адреса викладання курсу	Хімічний факультет ЛНУ імені Івана Франка, Кирила і Мефодія, 6
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Хімічний факультет Кафедра фізичної та колоїдної хімії
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки, спеціальність 102 «Хімія»,
Викладачі курсу	Аксіментьєва Олена Ігорівна, доктор хімічних наук, професор, професор кафедри фізичної та колоїдної хімії
Контактна інформація викладачів	aksimen@ukr.net ; 050-1072202; 068-4244042
Консультації по курсу відбуваються	Щочетверга 11:00-12:30 год. (Кирила і Мефодія, 6, лаб.224)
Сторінка курсу	https://chem.lnu.edu.ua/academics/postgraduates
Інформація про курс	Дисципліна належить до спеціалізації з фізичної хімії, включає вивчення електронної і молекулярної структури та функціональних властивостей спряжених систем. Курс має міждисциплінарний характер і поєднує в собі фізичну хімію, фізику, оптику, електрохімію полімерів, нанохімію та органічну електроніку. Курс розроблено таким чином, щоб надати аспіранту нові теоретичні і практичні знання в суміжних галузях знань, які зможуть успішно застосовувати в своїй науковій діяльності, цілеспрямовано обирати методи синтезу і дослідження матеріалів з широким спектром функціональних властивостей, отримають сучасну теоретичну базу для вирішення низки завдань, які стоять перед ними при виконанні дисертаційної роботи.
Коротка анотація курсу	Дисципліна «Оптичні і магнітні явища в спряжених полімерних системах» є частиною комплексної освітньої програми підготовки аспірантів – здобувачів наукового ступеня «доктор філософії» за спеціальністю 102-хімія. Дисципліна викладається в одному семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS). Сприяє підготовці спеціаліста вищої кваліфікації з належним рівнем компетенції в суміжних галузях знань, який може самостійно мислити, аналізувати, вирішувати творчі завдання. Важливою складовою курсу є виконання комплексу лабораторних робіт із застосуванням сучасних методів дослідження, що дасть змогу аспірантам практично освоїти як технологічні прийоми експерименту, так і оволодіти прийомами і методами математичної обробки, аналітичного осмислення і узагальнення отриманих результатів.
Мета та цілі курсу	Метою і завданням навчальної дисципліни «Оптичні і магнітні явища в спряжених полімерних системах» є формування необхідних теоретичних і практичних знань в галузі методів синтезу і дослідження новітніх полімерних матеріалів з широким спектром функціональних властивостей, а також практичних навиків формування тонкошарових структур, підготовки зразків, особливостей проведення експерименту та інтерпретації отриманих результатів. На основі електрохімічних, оптичних, спектроскопічних досліджень слухачі курсу зможуть встановити закономірності формування тонких шарів спряжених полімерів на поверхнях різної природи, встановити взаємозв'язок

<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p>електрохімічних і електрооптичних характеристик з будовою полімерів</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aksimentyeva O. I. et al. Chapter 3. Electrooptic phenomena in conjugated polymeric systems based on polyaniline and its derivatives / eds.:O. V. Reshetnyak, G. E. Zaikov// Computational and experimental analysis of functional materials. –Toronto: Apple Academic Press, 2017. –Р. 91–150.http://www.appleacademicpress.com/computational-and-experimental-analysis-of-functional-materials-/9781771883429 • О. І. Аксіментьєва Електрохімічні методи синтезу і провідність спряжених полімерів. Львів:Світ, 1998.-154 с. • Аксіментьєва О. І., Ціж Б. Р., Чохань М. І. Сенсори контролю газових середовищ у харчовій промисловості та довкіллі. – Львів : Піраміда, 2018. – 282 с. ISBN 978-966-441-509-2. • С.В.Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Огенко, О.В. Решетняк. Нанохімія. Наносистеми. Наноматеріали. – Київ, Наукова думка, 2008. -423 с. • Є.П.Мамуня, М.В. Юрженко, Є.В. Лебедев та ін. Електроактивні полімерні матеріали. – Київ, 2013. – 397 с. • І. Б. Оленич. Фізичні основи нанотехнологій. Львів, ЛНУ ім..І.Франка, 2014. – 232 с. • Paul D. R. Nanotechnology: Nanocomposites / D. R. Paul, L. M. Robeson. // Polymer. – 2008. – № 49. – Р. 3187–3204. • Ковальчук Е. П. Электросинтез полимеров на поверхности металлов / Е. П. Ковальчук, Е. И. Аксиментьева, А. П. Томилов – М. : Химия, 1991. – 224 с. • Kitamura K. Layer-by-layer self-assembled mesoporous PEDOT-PSS and carbon black hybrid films for platinum free dye-sensitized-solar-cell counter electrodes / K. Kitamura, S. Shiratori// Nanotechnology.– 2011. –doi:10.1088/0957-4484/22/19/195703. • Свердлова О.В. Электронные спектры в органической химии. – Л.: Химия, 1985. – 248 с. • Браун Д. Спектроскопия органических веществ / Д. Браун, А. Флорид, Сейнзбери; пер. с англ. А.А. Кирюшкина. – М.: Мир, 1992. – 300 с. • Nah Y.-C. Enhanced electrochromic coloration of poly(3-hexylthiophene) films by electrodeposited Au nanoparticles / Y.-C. Nah // J. Nanosci. Nanotechnol. – 2013. – Vol. 13. – Р. 3470–3473.
<p>Тривалість курсу</p>	<p>Навчальна дисципліна охоплює 3 кредити (90 год).</p>
<p>Обсяг курсу</p>	<p>32 год лекційних занять, 16 год лабораторних занять та 42 год самостійної роботи для денної форми навчання і 12 год лекційних занять, 6 год лабораторних занять та 72 год самостійної роботи для заочної форми навчання. Тижневе навантаження становить 3 год аудиторних занять та 2,625 год самостійної роботи для денної форми навчання та 1,125 год аудиторних занять та 4,5 год самостійної роботи для заочної форми навчання.</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>В результаті вивчення цієї дисципліни аспірант буде</p> <p>Знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основні класи спряжених полімерних систем; - фізико-хімічні основи оптичних явищ з позицій електронної структури полімерів; - особливості оптичних спектрів поглинання спряжених систем; - методи підготовки зразків та проведення досліджень.

	<p>Вмісти</p> <ul style="list-style-type: none"> - працювати з електрохімічним устаткуванням та програмним забезпеченням процесу електрохімічного синтезу - розраховувати кінетичні параметри електрооптичних переходів у спряжених полімерних системах - визначати зміни оптичних характеристик в умовах зовнішнього впливу (температура, адсорбція газів, органічні розчинники) - вимірювати та кількісно аналізувати оптичні спектри (УФ, вид., ІЧ) - інтерпретувати отримані результати - аналізувати отримані результати та прогнозувати їх використання
Ключові слова	Спряжені полімери, оптичні властивості, електрохромність
Формат курсу	Очний і заочний
	Проведення консультації для кращого розуміння теми
Теми	<p>Тема 1. Вступ. Сучасний стан розвитку органічної (полімерної) електроніки на основі спряжених полімерних систем. Хімічна та електронна будова спряжених полімерів. Типи полімерів з чергуванням кратних зв'язків. Історичний аспект розвитку уявлень про електропровідні полімери.</p> <p>Тема 2. Теорія електронних властивостей спряжених полімерів. Оптичні властивості спряжених полімерів. Спряження і хромофорні центри. Зв'язок спектральних властивостей з енергетичною структурою та різницею енергій між ВЗМО т та НВМО π-електронної системи.</p> <p>Тема 3. Фізико-хімічна спектроскопія оптичних явищ у спряжених полімерних системах. Особливості оптичного поглинання (пропускання) спряжених полімерів у розчинах і в тонкому шарі. Гіперхромний ефект. Батохромний і гіпсохромний зсув. Квазі-квантова теорія Льюїса – Кельвіна</p> <p>Тема 4. Електронні властивості спряжених полімерів. Механізм легування (допування) спряжених полімерів. Донорне і акцепторне легування за допомогою хімічних чинників. Протонне легування. Електрохімічне легування спряжених полімерів (анодне і катодне). Фотолегування.</p> <p>Тема 5. Вплив легування на електронну будову і оптичні спектри поліспряжених систем. Енергії електронних переходів у видимому та ближньому ІЧ діапазоні для плівок поліаміноаренів. Окисно-відновні (redox) стани поліаміноаренів.</p> <p>Тема 6. Генерування кольору в спряжених полімерних системах. Класифікація оптичних явищ. Електрохромність як зміна оптичних властивостей речовини при накладанні електричного поля. Розвиток уявлень про електрохромізм органічних речовин. Праці Деба, Плата, ефекти Штарка, Керра, магнітооптичні явища Фарадея.</p> <p>Тема 7. Характеристики електрохромних систем. Електрохромна ефективність і кінетика електрохромного ефекту. Характеристичний час дифузії. Контраст і методи його визначення. Спектроелектрохімічні дослідження.</p>

Тема 8. Електрохромні матеріали. Неорганічні і органічні електрохромні. Поліпіридинові комплекси перехідних металів. Віологени. Метало-координаційні комплекси та метало-фталоціаніни. Редокс-барвники. Електропровідні спряжені полімери. Полімерні електроліти.

Тема 9. Методи синтезу спряжених полімерів: хімічний синтез поліацетилену, поліпіролу, політіофену, поліпарафенілену, поліаніліну. Механізм електрохімічного синтезу спряжених полімерів. Анодна (окислювальна) і катодна (відновлювальна) полімеризація. Фотополімеризація. Термоліз прекурсорів.

Тема 10. Формування тонких плівок спряжених полімерів на оптично-прозорих субстратах. Електрохімічне та хімічне осадження. Термічне вакуумне напилення. Технологія Ленгмюра-Блоджет. Пошарове складання. Самоорганізація в тонкому шарі. Спін-котінг. Діп-котінг. Скрин-принтінг. Лазерна абляція.

Тема 11. Особливості структури спряжених полімерів у тонкому шарі. Спряжені полімери як неупорядковані системи. Структура спряжених полімерів та методи її дослідження. ІЧ, УФ, ЕПР, ЯМР спектроскопія та рентгенівський фазовий аналіз.

Тема 12. Визначення ступеня кристалічності та розмірів кристалітів. Метод Шерера. Вплив легування на параметри структури електропровідних полімерів. Морфологічні особливості спряжених полімерів. Атомно-силова і електронна мікроскопія тонких полімерних шарів на напівпровідникових поверхнях.

Тема 13. Застосування спряжених електропровідних полімерів. Досягнення і недоліки органічної електроніки. Принципи роботи і архітектура перетворювачів світлової енергії. Принципи застосування електрохромних пристроїв. Будова і типи електрохромних комірок. Невипромінюючі дисплеї. Розумні вікна. Дзеркала з керованим відбиванням. Спектроелектрохімічні залежності і колір плівки. Нанотехнологічні підходи для покращення характеристик оптоелектронних пристроїв.

Тема 14. Оптичні сенсори на основі спряжених полімерів і композитів. Типи і переваги оптичних сенсорів. Газохромний, іонохромний та термохромний ефекти в спряжених системах. Інтелектуальні сенсорні середовища. Основні принципи побудови оптичних сенсорів на основі спряжених полімерів.

Тема 15. Сонячні батареї та фотовольтаїчні структури. Принципи роботи і архітектура перетворювачів світлової енергії. Фотогальванічні елементи та матеріали нелінійної оптики на основі спряжених полімерів. Фотоелектрохромні комірки на основі гібридних систем.

Тема 16. Полімери для органічних світловипромінюючих діодів. Органічні і квантові світлодіоди. Електролюмінесцентні пристрої на основі випромінюючих полімерів. Лазери і електромеханічні активатори. Перспективи розвитку галузі та сучасні підходи до вирішення науково-технічних проблем.

<p>Перелік лабораторних робіт</p>	<p>Лабораторна робота № 1. Електрохімічний синтез спряжених поліаміноаренів на поверхні оптично-прозорих електродів в умовах циклічної розгортки потенціалу. Визначення товщини, морфології та оптичних спектрів поглинання отриманих плівок</p> <p>Лабораторна робота № 2. Вивчення кінетики процесу електросинтезу спряжених полімерів спектрофотометричним методом в гальваностатичному і потенціостатичному режимі. Розрахунок кінетичних параметрів процесу</p> <p>Лабораторна робота № 3. Вимірювання і аналіз спектрів пропускання і поглинання поліаміноаренів різної природи на оптично-прозорих поверхнях.</p> <p>Лабораторна робота № 4. Спектроелектрохімічне дослідження електрооптичних властивостей плівок полі-3,4-етилендіокситіофену та поліаніліну. Визначення потенціалів переключення та контрастності електрохромних переходів.</p> <p>Лабораторна робота № 5. Застосування плівок спряжених полімерів в оптичних сенсорах рН. Побудова калібрувальних кривих за зміною оптичної густини та зсуву положення максимуму поглинання.</p> <p>Лабораторна робота № 6. Виготовлення макету електрохромного пристрою на основі поліанізидину. Розрахунок електрохромної ефективності та перехідного часу при зміні прикладеної напруги і струму</p> <p>Лабораторна робота № 7. Дослідження сольватохромних явищ у розчинах поліаміноаренів (поліортоанізидину, поліортотолуїдину) в органічних розчинниках</p> <p>Лабораторна робота № 8. Газохромний ефект в спряжених полімерних системах та його застосування в оптичних індикаторах свіжості харчових продуктів.</p>																																						
<p>Самостійна робота аспіранта: (денна форма навчання)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="480 1216 560 1283">№ з/п</th> <th data-bbox="560 1216 1326 1283">Назва теми</th> <th data-bbox="1326 1216 1460 1283">К-сть годин</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="480 1283 560 1361">1</td> <td data-bbox="560 1283 1326 1361">Класифікація спряжених полімерних систем та оптичних явищ.</td> <td data-bbox="1326 1283 1460 1361">3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="480 1361 560 1440">2</td> <td data-bbox="560 1361 1326 1440">Вивчення хімічної будови представників різних класів спряжених електропровідних полімерів.</td> <td data-bbox="1326 1361 1460 1440">3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="480 1440 560 1518">3</td> <td data-bbox="560 1440 1326 1518">Квантово-хімічні підходи до трактування електронної структури спряжених систем.</td> <td data-bbox="1326 1440 1460 1518">3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="480 1518 560 1619">4</td> <td data-bbox="560 1518 1326 1619">Аналіз спектрів оптичного поглинання спряжених полімерів в ІЧ та УФ діапазоні (індивідуальні завдання).</td> <td data-bbox="1326 1518 1460 1619">4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="480 1619 560 1697">5</td> <td data-bbox="560 1619 1326 1697">Методи хімічного та електрохімічного синтезу спряжених полімерів. Сучасні підходи.</td> <td data-bbox="1326 1619 1460 1697">3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="480 1697 560 1731">6</td> <td data-bbox="560 1697 1326 1731">Класифікація оптичних явищ. Електрохромність.</td> <td data-bbox="1326 1697 1460 1731">3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="480 1731 560 1765">7</td> <td data-bbox="560 1731 1326 1765">Метод спектроелектрохімічних досліджень.</td> <td data-bbox="1326 1731 1460 1765">3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="480 1765 560 1843">8</td> <td data-bbox="560 1765 1326 1843">Механізми електрохімічного синтезу спряжених полімерів.</td> <td data-bbox="1326 1765 1460 1843">3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="480 1843 560 1921">9</td> <td data-bbox="560 1843 1326 1921">Технологія Ленгмюра-Блоджет. Пошарове складання..</td> <td data-bbox="1326 1843 1460 1921">3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="480 1921 560 2000">10</td> <td data-bbox="560 1921 1326 2000">Структура спряжених полімерів та методи її дослідження.</td> <td data-bbox="1326 1921 1460 2000">2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="480 2000 560 2069">11</td> <td data-bbox="560 2000 1326 2069">Принципи застосування електрохромних пристроїв. Будова і типи електрохромних комірок</td> <td data-bbox="1326 2000 1460 2069">3</td> </tr> </tbody> </table>			№ з/п	Назва теми	К-сть годин	1	Класифікація спряжених полімерних систем та оптичних явищ.	3	2	Вивчення хімічної будови представників різних класів спряжених електропровідних полімерів.	3	3	Квантово-хімічні підходи до трактування електронної структури спряжених систем.	3	4	Аналіз спектрів оптичного поглинання спряжених полімерів в ІЧ та УФ діапазоні (індивідуальні завдання).	4	5	Методи хімічного та електрохімічного синтезу спряжених полімерів. Сучасні підходи.	3	6	Класифікація оптичних явищ. Електрохромність.	3	7	Метод спектроелектрохімічних досліджень.	3	8	Механізми електрохімічного синтезу спряжених полімерів.	3	9	Технологія Ленгмюра-Блоджет. Пошарове складання..	3	10	Структура спряжених полімерів та методи її дослідження.	2	11	Принципи застосування електрохромних пристроїв. Будова і типи електрохромних комірок	3
№ з/п	Назва теми	К-сть годин																																					
1	Класифікація спряжених полімерних систем та оптичних явищ.	3																																					
2	Вивчення хімічної будови представників різних класів спряжених електропровідних полімерів.	3																																					
3	Квантово-хімічні підходи до трактування електронної структури спряжених систем.	3																																					
4	Аналіз спектрів оптичного поглинання спряжених полімерів в ІЧ та УФ діапазоні (індивідуальні завдання).	4																																					
5	Методи хімічного та електрохімічного синтезу спряжених полімерів. Сучасні підходи.	3																																					
6	Класифікація оптичних явищ. Електрохромність.	3																																					
7	Метод спектроелектрохімічних досліджень.	3																																					
8	Механізми електрохімічного синтезу спряжених полімерів.	3																																					
9	Технологія Ленгмюра-Блоджет. Пошарове складання..	3																																					
10	Структура спряжених полімерів та методи її дослідження.	2																																					
11	Принципи застосування електрохромних пристроїв. Будова і типи електрохромних комірок	3																																					

	12	Газохромний, іонохромний, термохромний ефекти та їх застосування в сенсорах.	3	
	13	Принципи роботи і архітектура перетворювачів світлової енергії. Принципи роботи і архітектура перетворювачів світлової енергії.	2	
	14	Нанотехнологічні підходи для покращення характеристик оптоелектронних пристроїв	4	
		Всього	42	
Підсумковий контроль, форма	Контроль знань здійснюється за результатами іспиту. Рейтингове оцінювання контролю знань аспірантів (у балах)			
	Оцінка ЄКТС	Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	
			Екзамен	
	A	90–100	5 Відмінно	
	B	81–89	4 дуже добре	
	C	71–80		
	D	61–70	3 Задовільно	
	E	51–60		
	FX	30–50	2 незадовільно	
	F	1–29		
			можливість повторної здачі	
			обов'язковий повторний курс	
	Оцінювання підготовленості студентів(контрольні нормативи).			
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін «Фізична хімія», «Хімія високомолекулярних сполук», «Фізика», «Нанохімія», «Органічна хімія»			
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Основним навчальним методом викладання курсу є лекційні заняття з демонстрацією ілюстративного матеріалу, виконання лабораторних робіт, захист робіт у вигляді презентації англійською мовою, самостійна робота студентів та підготовка рефератів з розділів курсу, дискусія			
Необхідне обладнання	Проектор, ноутбук, лабораторне електрохімічне обладнання, реактиви, спектрофотометри, оптичний і електронний мікроскопи та ін.			
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою, 50 балів-іспит, + 50 балів за виконання лабораторних робіт і підготовку рефератів. Іспит включає 10 тестових завдань і 2 розширені письмові відповіді			
	Розподіл балів			
	Лабораторні роботи і самопідготовка		Іспит	
	Виконання і захист лабораторних робіт	Реферат	Тестові завдання	Письмове завдання 1
	40	10	30	10
	50		50	
	100			
	Іспит слухачі складають в кінці семестру. Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі аспіранти відвідають лекційні та лабораторні заняття курсу. Слухачі			

	<p>мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку аспіранти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом. Література. Уся література, яку аспіранти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Аспіранти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лекції, практичного (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>Якщо за результатами рейтингового контролю аспірант отримав сумарну оцінку менше ніж 35 балів (підсумкових), то він/вона не допускається до іспиту, оскільки не виконав усі види робіт, які передбачаються навчальним планом на семестр.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання до заліку чи екзамену.</p>	<p>Контрольні питання і тестові завдання(понад 50), а також творчі завдання, пов'язані з підготовкою презентацій, рефератів, дискусійних питань персоналізовані і входять до матеріалів і засобів контролю поточної успішності аспірантів.</p>
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Схема курсу

Тиж. / дата / год.-	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності	Література. Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1 сем. 1-4 тиждень Чт 10.10-11.30 (лекція, щотижня) Чт 11.50-13.10 (лабораторні), 1 раз на 2 тижні	Тема 1. Вступ. Сучасний стан розвитку органічної (полімерної) електроніки на основі спряжених полімерних систем. Хімічна та електронна будова спряжених полімерів. Типи полімерів з чергуванням кратних зв'язків. Історичний аспект розвитку уявлень про електропровідні полімери. Тема 2. Теорія електронних властивостей спряжених полімерів. Оптичні властивості спряжених полімерів. Спряження і хромофорні центри. Зв'язок спектральних властивостей з енергетичною структурою та різницею енергій між ВЗМО та НВМО π -електронної системи.	<i>Лекції, Лабораторні роботи №1 та №2 Самостійна робота, Теми 1, 2,3,4</i>	1. Aksimentyeva O. I. et al. Chapter 3. Electrooptic phenomena in conjugated polymeric systems based on polyaniline and its derivatives / eds.:O. V. Reshetnyak, G. E. Zaikov // Computational and experimental analysis of functional materials. –Toronto: Apple Academic Press, 2017. –P. 91–150. http://www.appleacademicpress.com/computational-and-experimental-analysis-of-functional-materials-/9781771883429 2. О. І. Аксіментьєва. Електрохімічні методи синтезу і провідність спряжених полімерів. Львів: Світ, 1998. 3. Аксіментьєва О. І., Ціж Б. Р., Чохань М. І. Сенсори контролю газових середовищ у харчовій промисловості та доквілі. – Львів :Піраміда, 2018. – 282 с. 4. С.В.Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Огенко, О.В. Решетняк. Нанохімія. Наносистеми. Наноматеріали. – Київ, Наукова думка, 2008. -423 с. 5. Є.П.Мамуня, М.В. Юрженко, Є.В. Лебедев та ін. Електроактивні полімерні матеріали. – Київ, 2013. – 397 с.	12 аудиторні заняття 13 самостійна робота	<i>Вересень</i>
Чт 10.10-11.30 (лекція, щотижня) Чт 11.50-13.10 (лабораторні), 1 раз на 2 тижні	Тема 3. Фізико-хімічні аспекти оптичних явищ у спряжених полімерних системах. Особливості оптичного поглинання (пропускання) спряжених полімерів у розчинах і в тонкому шарі. Гіперхромний ефект. Батохромний і гіпсохромний зсув. Квазі-квантова теорія Льюїса – Кельвіна. Тема 4. Електронні властивості спряжених полімерів. Механізм легування спряжених полімерів. Донорне і акцепторне легування за допомогою хімічних чинників. Протонне легування. Електрохімічне легування спряжених полімерів (анодне і катодне). Фотолегування•		4. С.В.Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Огенко, О.В. Решетняк. Нанохімія. Наносистеми. Наноматеріали. – Київ, Наукова думка, 2008. -423 с. 5. Є.П.Мамуня, М.В. Юрженко, Є.В. Лебедев та ін. Електроактивні полімерні матеріали. – Київ, 2013. – 397 с.		
1 сем. 5-9 тиждень Чт 10.10-11.30 (лекція, щотижня) Чт 11.50-13.10 (лабораторні), 1 раз на 2 тижні	Тема 5. Вплив легування на електронну будову і оптичні спектри поліспряжених систем. Енергії електронних переходів у видимому та ближньому ІЧ діапазоні для плівок поліаміноаренів. Окисно-відновні (redox) стани поліаміноаренів Тема 6. Генерування кольору в спряжених полімерних системах. Класифікація оптичних явищ. Електрохромність як зміна оптичних властивостей речовини при накладанні електричного поля. Розвиток уявлень про електрохромізм органічних речовин. Праці Деба, Плата, ефекти Штарка, Керра, електрооптичні явища Фарадея. Тема 7. Характеристики електрохромних систем. Електрохромна ефективність і	<i>Лекції Лабораторні роботи №3 і №4 Самостійна робота, Теми 5,6,7</i>	6. І. Б. Оленич. Фізичні основи нанотехнологій. Львів, ЛНУ ім. І.Франка, 2014. – 232 с. 7. Арсланов В. В. Полимерные монослои и пленки Ленгмюра-Блоджетт. Политиофены / В. В. Арсланов // Успехи химии. – 2000. Т. 69, № 10. – С. 963–980. 8. Paul D. R. Nanotechnology: Nanocomposites / D. R. Paul, L. M. Robeson. // Polymer. – 2008. – № 49. – P. 3187–3204. 9. Е. П. Ковальчук, Е. И. Аксіментьєва, А. П. Томилов. Электросинтез полимеров на поверхности металлов. М.: Химия, 1991. – 224 с.	14 аудиторні заняття 9 самостійна робота	<i>Жовтень</i>

	<p>кінетика електрохромного ефекту. Характеристичний час дифузії. Контраст і методи його визначення. Спектроелектрохімічні дослідження.</p> <p>Тема 8. Електрохромні матеріали. Неорганічні і органічні електрохроми. Поліпіридинові комплекси перехідних металів Біологени. Металокоординаційні комплекси та металофталоціаніни. Редокс-барвники. Електропровідні спряжені полімери. Полімерні електроліти.</p> <p>Тема 9. Методи синтезу спряжених полімерів: хімічний синтез поліацетилену, поліпіролу, політіофену, поліпарафенілену, поліаніліну. Механізм електрохімічного синтезу спряжених полімерів. Анодна (окислювальна) і катодна (відновлювальна) полімеризація. Фотополімеризація. Термоліз прекурсорів</p>		<p>10. Kitamura K. Layer-by-layer self-assembled mesoporous PEDOT-PSS and carbon black hybrid films for platinum free dye-sensitized-solar-cell counter electrodes // <i>Nanotechnology</i>. – 2011. –doi:10.1088/0957-4484/22/19/195703.</p> <p>11.Свердлова О.В. Электронные спектры в органической химии. – Л.: Химия, 1985. – 248 с.</p> <p>12. Браун Д. Спектроскопия органических веществ. М.: Мир, 1992. – 300 с.</p> <p>13.Heeger A. J. Semiconducting and metallic polymers: the fourth generation of polymeric materials / A. J. Heeger // <i>Synth. Metals</i>. – 2001. – Vol. 125. – P. 23–42.</p> <p>14. MacDiarmid A. Synthetic metals: a novel role for organic polymers // <i>Curr. Appl. Phys.</i> – 2001. – Vol. 1. – P. 269–79.</p>		
<p>І сем. 10-13 тиждень <i>Чт 10.10-11.30 (лекція, щотижня)</i> <i>Чт 11.50–13.10 (лабораторні), 1 раз на 2 тижні</i></p>	<p>Тема 10. Формування тонких плівок спряжених полімерів на оптично-прозорих субстратах. Електрохімічне та хімічне осадження. Термічне вакуумне наплення. Технологія Ленгмюра-Блоджет. Пошарове складання. Самоорганізація в тонкому шарі. Спін-котінг. Діп-котінг. Скрин-принтинг. Лазерна абляція.</p> <p>Тема 11. Особливості структури спряжених полімерів у тонкому шарі. Спряжені полімери як неупорядковані системи. Структура спряжених полімерів та методи її дослідження. ІЧ, УФ, ЕПР, ЯМР спектроскопія та рентгенівський фазовий аналіз</p> <p>Тема 12. Визначення ступеня кристалічності та розмірів кристалітів. Метод Шерера. Вплив легування на параметри структури електропровідних полімерів. Морфологічні особливості спряжених полімерів. Атомно-силова і електронна мікроскопія тонких полімерних шарів на напівпровідникових поверхнях.</p> <p>Тема 13. Застосування спряжених електропровідних полімерів. Досягнення і недоліки органічної електроніки. Принципи роботи і архітектура перетворювачів світлової енергії. Застосування</p>	<p><i>4 лекції 2лабораторні роботи №5 та №6 Самостійна робота, Теми 8-11</i></p>	<p>15.Aksimentyeva O. I. Structure of near-order in conducting polyaniline films // <i>Molec. Cryst. Liq. Cryst.</i> – 2005. – Vol. 427. – P. 127–137.</p> <p>16. Nah Y.-C. Enhanced electrochromic coloration of poly(3-hexylthiophene) films by electrodeposited Au nanoparticles // <i>J. Nanosci. Nanotechnol.</i> – 2013. – Vol. 13. – P. 3470–3473.</p> <p>17. Aksimentyeva O. I. Electrosynthesis of electrochromic poly-3,4-ethylene-dioxythiophene – polyaniline hybrid layers // <i>Mol. Cryst. Liq. Cryst.</i> 2011. Vol. 536. P. 392–397.</p>	<p>12аудиторні заняття 11 самостійна робота</p>	<p><i>листопад</i></p>

	електрохромних пристроїв. Будова і типи електрохромних комірок. Невипромінюючі дисплеї. Розумні вікна. Дзеркала з керованим відбиванням. Спектроелектрохімічні залежності і колір плівки. Нанотехнологічні підходи для покращення характеристик оптоелектронних пристроїв.				
І сем. 14-16 тиждень <i>Чт 10.10-11.30</i> (лекція, щотижня) <i>Чт 11.50-13.10</i> (лабораторні), 1 раз на 2 тижні	Тема 14. Оптичні сенсори на основі спряжених полімерів і композитів. Типи і переваги оптичних сенсорів. Газохромний, іонохромний та термохромний ефекти в спряжених системах. Інтелектуальні сенсорні середовища. Основні принципи побудови оптичних сенсорів на основі спряжених полімерів. Тема 15. Сонячні батареї та фотовольтаїчні структури. Принципи роботи і архітектура перетворювачів світлової енергії. Фотогальванічні елементи та матеріали нелінійної оптики на основі спряжених полімерів. Фотоелектрохромні комірки на основі гібридних систем. Тема 16. Полімери для органічних світловипромінюючих діодів. Органічні і квантові світлодіоди. Електролюмінесцентні пристрої на основі випромінюючих полімерів. Лазери і електромеханічні активатори. Перспективи розвитку галузі та сучасні підходи до вирішення науково-технічних проблем	<i>3 лекції</i> <i>2 лабораторні роботи №7 та №8</i> <i>Самостійна робота,</i> <i>Тем 12-14</i>	18. Flexible elements of gas sensors based on conjugated poly-aminoarenes // Aksimentyeva O. I., Tsizh B.R., Horbenko Yu.Yu., et al. // Molec. Cryst. Liq. Cryst, 2018. Vol. 670. P. 3–10 doi: 10.1080/15421406.2018.1550546 19. Solvatochromic effect in polyorthotoluidine solution / A. Stepura, O. Aksimentyeva // Visnyk of the Lviv University. Series Chemistry. – 2018. – Issue 59. – Pt. 2. – P. 407–413. 20. Aksimentyeva, O. I. Charge transport in electrochromic films of polyorthotoluidine / O. I. Aksimentyeva, O. I. Konopelnyk, M. Ya. Grytsiv, G. V. Martyniuk // Functional Materials. – 2004. – Vol. 11, № 2. – P. 300–304 21. Xiao S. Picosecond laser direct patterning of poly(3,4-ethylene dioxythiophene)-poly(styrene sulfonate) (PEDOT:PSS) thin films / S. Xiao, S. A. Fernandes, C. Esen, A. Ostendorf // Journal of Laser Micro/Nano-engineering. 2011. – Vol. 6, № 3. – P. 249–254.	10 аудиторні заняття 9 самостійна робота	<i>Грудень</i>