

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Інститут високих технологій
Кафедра супрамолекулярної хімії



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник директора
з науково-педагогічної роботи
Галина ГРАБЧУК

«22» березня 2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ФОТОПРОВІДНІ ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИТИ
для студентів**

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	102 Хімія
освітній рівень	магістр
освітня програма	Високі технології (Хімія та наноматеріали)
<u>вид дисципліни</u>	<u>вибіркова</u>

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: Булавко Г.В.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2021

Розробник: Булавко Г.В., к.х.н., доцент кафедри супрамолекулярної хімії

ЗАТВЕРДЖЕНО

В. о. зав. кафедри супрамолекулярної хімії

_____ Дмитро ВОЛОЧНЮК

Протокол №7 від «25» лютого 2021р.

Схвалено науково -
методичною комісією
інституту високих технологій

Протокол від «05» березня 2021 року №3

Голова науково-методичної комісії _____ Наталя РУСІНЧУК

1. Мета дисципліни – опанування студентами фундаментальних основ створення органічних фотонапівпровідникових структур. У курсі розглянуті загальні уявлення про полімерні напівпровідникові композити, способи їх отримання та властивості. Велику увагу приділено механізмам виникнення електронної та діркової провідності в полімерних напівпровідниках. Розглянуто механізм сенсibiliзації фотопровідності органічними барвниками у полімерних композитах.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Володіння науково-теоретичним та практичним матеріалом навчальних дисциплін, які викладаються студентам освітнього рівня «Бакалавр».

2. Вміти цілеспрямовано та коректно до завдання досліджень самостійно застосовувати знання з загальної фізики, органічної хімії, хімії висикомолекулярних сполук, фізики напівпровідників та ін. дисциплін, виконувати самостійні та практичні роботи, добре володіти методами квантової хімії, працювати з науково-методичною літературою.

3. Володіти елементарними навичками роботи з матеріалами та обладнанням, що використовуються в фізико-хімічних лабораторіях.

3. Анотація навчальної дисципліни:

В навчальній дисципліні узагальнюються і систематизуються основні підходи до створення полімерних фотовольтаїчних структур з об'ємним гетеропереходом. Розглянуті нові фотовольтаїчні матеріали на основі фулеренів, сряжених полімерів, органічних барвників, графенів і дендрімерів. Основна увага приділена взаємному зв'язку будова – властивість матеріалу. Проаналізовано вплив морфології фотоактивного шару на фотовольтаїчні характеристики сонячних комірок. Розглянуті основні шляхи оптимізації цих характеристик. Значну увагу приділено використанню квантово-хімічних розрахунків для інтерпретації фотопровідних ефектів. Запропоновані шляхи цілеспрямованого дизайну нових фотопровідних полімерних композитів для потреб органічної електроніки.

4. Завдання (навчальні цілі):

ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

ЗК2. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК5. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність), а також формулювати судження, маючи неповну або обмежену інформацію.

ЗК7. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій в хімічних дослідженнях та професійній діяльності.

ЗК8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК9. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК10. Здатність спілкуватися англійською та (за можливості) іншою іноземною мовою, як усно, так і письмово.

ЗК11. Здатність нести етичну відповідальність за дії, пов'язані із застосуванням власних знань та суджень.

ЗК12. Здатність працювати автономно, брати участь у командній роботі, здійснювати проектну діяльність під керівництвом.

ЗК14. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел

ФК1. Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із відповідними математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК2. 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.

ФК3. Здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент.

ФК4. Здатність інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження.

ФК5. Здатність застосовувати методи комп'ютерного моделювання для вирішення наукових, хіміко-технологічних проблем та проблем хімічного матеріалознавства.

ФК6. Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними.

ФК7. Здатність дотримуватися етичних стандартів досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність, ризики для людей і довкілля тощо).

ФК8. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати напрями та відповідні методи для їх розв'язання на основі розуміння сучасної проблематики досліджень в галузі хімії та беручи до уваги наявні ресурси.

ФК9. Здатність обирати оптимальні методи та методики дослідження.

ФК10. Володіння загальною методологією здійснення наукового дослідження.

ФК11. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати належні напрями та відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси.

ФК12. Розуміння етичних стандартів досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (наукова доброчесність).

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4.	Форми (та/або методи	Методи	Відсоток у
---	----------------------	--------	------------

автономність та відповідальність)		і технології) викладання і навчання	оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати класифікацію напівпровідників. Знати механізми виникнення електронної і діркової провідності.	Лекція	Модульна контрольна робота, іспит	30
1.2	Знати принципи створення полімерних композитів, що містять органічні барвники. Знати механізм сенсibiliзації фотопровідності у полімерах за допомогою органічних барвників і низькомолекулярних напівпровідників.	Лекція		
1.3	Знати основні типи приладів органічної електроніки, що створені на основі фотопровідних полімерних композитів: органічні фотовольтаїчні комірки, полімерні світлово-промінюючі діоди, органічні транзистори.	Лекція	Модульна контрольна робота, іспит	30
1.4	Знати класифікацію органічних фотовольтаїчних комірок, принцип її роботи, переваги і недоліки.	Лекція		
2.1	Вміти інтерпретувати дані спектральних і фотофізичних вимірювань. Вміти описувати електронні спектри поглинання і люмінесценції.	Практична заняття	Звіт Контрольна робота	10
2.2	Вміти розраховувати основні параметри органічного фотовольтаїчного пристрою.	Практична робота	Звіт	10
3.1	Вміти схематично зображати будову органічного фотовольтаїчного пристрою і показувати рух носіїв заряду в процесі його роботи.	Практична робота	Звіт	10
4.1	Вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнювати науково-технічну інформацію.	Самостійна робота	Підготовка реферату	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання	1	2	3	4
P1. Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.	+	+	+	+
P2. Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.	+	+	+	+
P3. Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.	+	+		+
P4. Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам.	+	+		+
P5. Володіти методами комп'ютерного моделювання структури, параметрів і динаміки хімічних систем.		+	+	+
P6. Знати методологію та організації наукового дослідження.				
P7. Вільно спілкуватися англійською та (за можливості) іншою іноземною мовою з професійних питань, усно і письмово презентувати результати досліджень з хімії іноземною мовою, брати участь в обговоренні проблем хімії.			+	
P8. Вміти ясно і однозначно донести результати власного дослідження до фахової аудиторії та/або нефакхівців.			+	
P9. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.	+	+	+	+
P10. Планувати, організувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.		+	+	+
P11. Складати технічне завдання до проекту, розподіляти час, організувати свою роботу і роботу колективу, складати звіт.	+	+	+	+
P12. Оцінювати ризики у професійній діяльності та здійснювати запобіжні дії.			+	+
P13. Аналізувати наукові проблеми та пропонувати їх вирішення на абстрактному рівні шляхом декомпозиції їх на складові, які можна дослідити окремо.	+	+	+	+
P14. Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.	+	+	+	+
P15. Володіння загальною методологією здійснення наукового дослідження.	+	+		

P16. Використовувати інформаційно-комунікаційні технології для вирішення загальних професійних задач.	+	+	+	+
P17. Працювати з хімічними та біологічними базами даних.	+	+		
P18. Проводити молекулярний дизайн каталізаторів, фотопровідних полімерних композитів та колоїдних розчинів наноматеріалів.	+	+		
P19. Проводити швидкий синтез та комп'ютерну генерацію різних структурно споріднених біологічно активних сполук чи матеріалів для високопродуктивного біологічного скринінгу одержаних речовин.	+	+		+
P20. Знати основні принципи виведення на ринок нового фармацевтичного препарату.	+	+	+	+
P21. Знати основні принципи роботи напівпровідникових хімічних сенсорів на основі наноматеріалів та розуміти алгоритми їх створення	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 – РН 1.1; 1.2. – 10 балів/ 5 балів
2. Модульна контрольна робота 2 – РН 1.3; 1.4 – 10 балів/ 5 балів
3. Практичні заняття – РН 2.1; 2.2; 3.1 – 30 балів/15 балів
4. Оцінювання презентації РН 4.1 – 10 балів/ 5 балів

- підсумкове оцінювання: у формі іспиту

Підсумкова оцінка з освітнього компоненту в цілому : підсумковою формою контролю за яким встановлено іспит визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання під час семестру (оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінки, отриманої під час іспиту.

Формою проведення іспиту є контрольна робота. Результатами навчання, які оцінюються в контрольній роботі, є РН 1.1-1.4. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом, становить 40 балів за 100 бальною шкалою. Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

- умови допуску до підсумкового іспиту:

Обов'язковим для іспиту є успішне написання 2 модульних контрольних робіт, презентації (по кожній не менше 50% правильних відповідей), відпрацювання всіх передбачених планом практичних занять. Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 20 балів.

7.2 Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1 і 2 проводяться після завершення лекцій з розділів 1 і 2, відповідно. Практичні заняття проводяться у формі вирішення задач. Презентація заслуховується і оцінюється на останньому практичному занятті.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни.

Тематичний план лекцій та практичних занять

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		лекції	практичні заняття	Самостійна робота
Розділ 1				
1	Тема 1. Електронні і діркові напівпровідники. Фотосенсибілізація провідності в полімерних напівпровідниках. Застосування полімерних фотонапівпровідників у пристроях органічної електроніки.	8	4	20
	Лекція 1. Metalli, напівпровідники і діелектрики. Рух носіїв заряду в напівпровідниках. Напівпровідники n- і p-типу. Сенсибілізація провідності у полімерних напівпровідниках.	2		
	Лекція 2. Основні характеристики органічних фотовольтаїчних пристроїв. Загальний принцип роботи органічних фотовольтаїчних пристроїв	2		
	Лекція 3. Архітектура органічних фотовольтаїчних комірок.	2		
	Лекція 4. Фактори, що впливають на фотовольтаїчні параметри органічних фотовольтаїчних комірок.	2		
	Практичне заняття 1. Розрахунок фотовольтаїчних параметрів полімерних фотовольтаїчних комірок з об'ємним гетеропереходом.		2	
	Самостійна робота. Пошук способів покращення величини струму котрокого замикання в полімерних фотовольтаїчних комірках, що містять супряжені донорно-акцепторні полімери в якості донорного матеріалу.			20

	Практичне заняття 2. Схематичне зображення структури полімерних фотовольтаїчних комірок та опис руху носіїв заряду в процесі функціонування фотовольтаїчного приладу.		2	
2	Тема 2. Полімерні фотовольтаїчні комірки, що містять поліметинові барвники у якості сенсоризаторів фотопровідності.	12	6	40
	Лекція 5. Фотовольтаїчні комірки, що містять органічні барвники та споріднені сполуки. Фізико-хімічні та спектрально-люмінесцентні властивості використуваних полімерів	2		
	Самостійна робота. Пошук способів підвищення фотохімічної стабільності полімерних фотонапівпровідникових композитів (на основі аналізу актуальних наукових статей і патентів)			20
	Лекція 6. Особливості фотовольтаїчних властивостей полімерних композитів на основі фотопровідних і нефотопровідних полімерів, що містять поліметинові барвники в зразках з вільною поверхнею і між електричними контактами.	2		
	Лекція 7. Фотовольтаїчні властивості полімерних композитів на основі фотопровідного карбазолвмісного полімеру ГКБЕ.	2		
	Практичне заняття 3. Розгляд, опис і інтерпретація електронних спектрів поглинання і спектрів люмінесценції фотопровідних полімерних композитів, що містять поліметинові барвники.		2	
	Самостійна робота. Підготовка презентації згідно обраних тем.			20
	Лекція 8. Вплив природи аніона катіонних поліметинових барвників на фотовольтаїчні властивості полімерних композитів на їх основі.	2		
	Лекція 9. Вплив довжини ланцюга в полімерних композитах, що містять мероціанінові барвники.	2		
	Практичне заняття 4. Написання схем виникнення носіїв заряду, їхнього транспорту і рекомбінації в фотопровідних композитах на основі карбазолвмісних полімерів і поліметинових барвників різної іонності.		2	
	Лекція 10. Трикомпонентні полімерні фотовольтаїчні комірки з добавками	2		

	поліметинових барвників.			
	Практичне заняття 5. Заслуховування доповідей по презентаціям студентів, їх обговорення і оцінювання.		2	2
	ВСЬОГО	20	10	60

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекцій – **20 год.**

Практичні заняття – **10 год.**

Самостійна робота – **60 год.**

9. Рекомендовані джерела:

Основна: (Базова)

1. Г.В. Булавко, О.О. Ищенко – Органічні фотовольтаїчні структури. Київ – Наукова думка, 2022, 208 с. ISBN: 9789660018396 DOI: 10.15407/978-966-00-1839-6

2. Нижник В.В., Нижник Т.Ю. Фізична хімія полімерів. Київ: Фітосоціо-центр, 2009. — 424 с

3. Додаткова:

1. V.N. Bliznyuk, J. Gasiorowski, A.A. Ishchenko, G.V. Bulavko, M. Rahaman, K. Hingerl, D.R.T. Zahn, N.S. Sariciftci // Applied Surface Science, Vol. 389, P.419- 427 (2016).

2. Г.В. Булавко, А.А. Ищенко // Доповіді НАН України. – 2015, № 7. – С. 110 – 115.

3. V.N. Bliznyuk, J. Gasiorowski, A.A. Ishchenko, G.V. Bulavko, N.A. Derevyanko, N.S. Sariciftci // Organic Electronics. – 2014. – V. 15, Is. 6. – P. 1105 – 1112

4. Кувшинский Н.Г., Давиденко Н.А., Комко В.М. Физика аморфных молекулярных полупроводников. / Киев: Лыбидь, 1994, 176 с.

5. Давиденко Н.А., Ищенко А.А., Кувшинский Н.Г. Фотоника молекулярных полупроводниковых композитов на основе органических красителей. Киев: Наукова думка, 2005, 296 с.

6. А.И.Киприанов. Цвет и строение цианиновых красителей. – Киев: Наук. думка, 1979. – 666 с.

7. А.А.Ищенко. Строение и спектрально-люминесцентные свойства полиметиновых красителей. – Киев: Наук. думка, 1994. – 232 с.

Інтернет-ресурси:

1. <http://photonics.kiev.ua/>