

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Навчально-науковий
Інститут високих технологій
Кафедра супрамолекулярної хімії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник директора
з науково-педагогічної роботи
Таліна ГРАБЧУК
« 21 » 05 ТЕХНОЛОГІЙ 2022 року
протокол № 5

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ФОТОПРОВІДНІ ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИТИ
для студентів**

галузь знань 10 «Природничі науки»
спеціальність 105 «Прикладна фізика і наноматеріали»
освітній рівень Магістр
освітня програма «Високі технології (Прикладна фізика і наноматеріали)»
вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	2022/2023
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 – 2022

Розробник: Булавко Геннадій Володимирович, к.х.н., доцент кафедри супрамолекулярної хімії

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри супрамолекулярної хімії


Сергій РЯБУХІН

Протокол № 3 від «8» 04 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією
Навчально-наукового
Інституту високих технологій
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Протокол від «13» 05 2022 року № 4

Голова науково-методичної комісії 
(Наталя РУСІНЧУК)

13 05
« » _____ 2022 року

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):

ЗК 1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 2. Здатність спілкуватися державною та іноземною мовами як усно, так і письмово.

ЗК 3. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК 4. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК 5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 7. Здатність працювати в команді.

ЗК 8. Навички міжособистісної взаємодії.

ЗК 10. Навики здійснення безпечної діяльності.

- ЗК 11. Здатність до подальшого навчання, яке значною мірою є автономним та самостійним.*
- ЗК 13. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми, що потребує оновлення та інтеграції знань, часто в умовах неповної/недостатньої інформації та суперечливих вимог.*
- ЗК 14. Здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки, а також знання та пояснення, що їх обґрунтують, до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються.*
- ЗК 15. Здатність до прийняття рішень у складних і непередбачуваних умовах, що потребує застосування нових підходів та прогнозування.*
- ЗК 16. Здатність генерувати нові ідеї.*
- ЗК 19. Здатність нести відповідальність за розвиток професійного знання і практик, оцінку стратегічного розвитку команди.*
- ФК 1. Здатність виконувати аналіз спеціальної літератури, формулювати постановку наукової або науково-технічної задачі, обирати методи та методики, складати програми наукових досліджень та науково-технічних розробок у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.*
- ФК 2. Здатність оптимально визначити матеріальні засоби, необхідні для проведення наукового дослідження або науково-технічної розробки (матеріали, апаратура, обладнання, обчислювальна техніка та інше).*
- ФК 3. Здатність аналізувати отримані результати, презентувати їх фахівцям у даній галузі, оформлювати наукові статті та науково-технічні звіти.*
- ФК 5. Здатність використовувати прикладне програмне забезпечення у проектуванні електронної техніки.*
- ФК 6. Здатність встановлювати області застосування виробів електронної техніки.*
- ФК 7. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, критичного осмислення проблем у професійній діяльності та на межі предметних галузей.*
- ФК 9. Здатність відслідковувати найновіші досягнення в області прикладної фізики та високих технологій, вивчаючи наукову літературу та взаємокорисно спілкуючись із колегами.*
- ФК 10. Здатність відповідно до поставленої задачі проводити самостійно та в команді наукові дослідження фізичних систем, явищ і процесів (експериментальні, теоретичні, комп'ютерне моделювання) в галузі прикладної фізики та наноматеріалів.*
- ФК 11. Здатність забезпечувати впровадження результатів наукових досліджень шляхом створення нових матеріалів, пристроїв, технологій та іншого.*

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у 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 світловипромінюючі діоди, органічні транзистори.	Лекція		
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 (код) Програмні результати навчання (назва)	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	3.1	4.1
ПРН 1. Володіти поглибленим рівнем знань у прикладній фізиці, наноматеріалознавстві, високих технологіях та споріднених областях, включаючи методики проведення експериментів і технології отримання наноматеріалів, рівень цих знань повинен бути достатнім для проведення наукових досліджень на рівні останніх світових досягнень і направленим на їх розширення та поглиблення.	+		+	+			+	+
ПРН 2. Використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, електроніки та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень та розв'язання виробничих задач.		+		+	+	+		+
ПРН 6. Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.		+	+		+		+	

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. Метали, 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 короткого замикання в полімерних фотовольтаїчних комітках, 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 сенсибілізаторів фотопровідності.	12	6	40
	Лекція 5. Фотовольтаїчні комірки, що містять органічні барвники та споріднені сполуки. Фізико-хімічні та спектрально-люмінесцентні властивості використовуваних 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 поліметинових барвників.	2		
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. Іщенко – Органічні фотовольтаїчні структури – Київ: Наукова думка: – 2022 – 225 с. ISBN 978-966-00-1839-6
2. Кувшинский Н.Г., Давиденко Н.А., Комко В.М. Физика аморфных молекулярных полупроводников. / Киев: Лыбидь, 1994, 176 с.
3. Давиденко Н.А., Ищенко А.А., Кувшинский Н.Г. Фотоника молекулярных полупроводниковых композитов на основе органических красителей. Киев: Наукова думка, 2005, 296 с.

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

Інтернет-ресурси:

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