Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Навчально-науковий інститут лазерної та біомедичної інженерії
(повна назва)
Кафедра Фізичних основ електронної техніки
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. директора ННІ ЛБІ

_____ Олександр ГАЛАТ
« 27 » серпня 20 26 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Біофотоніка»
(назва навчальної дисципліни)
рівень вищої освіти магістерський
(бакалаврський, магістерський, освітньо-науковий)

спеціальність G6 Інформаційно-вимірювальні технології
(код і повна назва спеціальності)

освітньо- професійна програма
(професійна або наукова)
«Інженерія оптоінформаційних та лазерних систем»
(повна назва програми)

Харків – 2026 р.

Розробник(и): Є.М. Одаренко, професор каф.ФОЕТ, д. ф.-м. н., с.н.с
(ініціали, прізвище, посада, науковий ступінь, вчене звання)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри ФОЕТ

Протокол від « 27 » серпня 2026 р. № 9

Завідувач кафедри _____ Олександр ГНАТЕНКО
(підпис) (Власне ім'я, прізвище)

Гарант освітньої програми _____ Євген ОДАРЕНКО
(підпис) (Власне ім'я, прізвище)

Схвалено методичною комісією ННІ ЛБІ

Протокол від «27» серпня 2026 р. № 5

Голова методичної комісії _____ Олександр ГАЛАТ
(підпис) (Власне ім'я, прізвище)

1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни*</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів ЄКТС* - 5</td><td colspan="2">Вибіркова</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Змістових модулів - 3</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>1-й</td><td>1-й</td></tr>
<tr><td>Індивідуальних завдань*:
РГЗ та КР - 0
курс. робота (проєкт) - 0</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Загальна кількість годин* - 150</td><td>2-й</td><td>2-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Кількість годин</td></tr>
<tr><td>55</td><td>35</td></tr>
<tr><td colspan="2">Навчальні заняття:
1) лекції, год</td></tr>
<tr><td rowspan="15">Мова навчання
українська</td><td>30 год</td><td>10 год</td></tr>
<tr><td colspan="2">2) практичні, год</td></tr>
<tr><td>16 год</td><td>6 год</td></tr>
<tr><td colspan="2">3) лабораторні, год</td></tr>
<tr><td>4 год</td><td>4 год</td></tr>
<tr><td colspan="2">4) консультації, год</td></tr>
<tr><td>5 год</td><td>15 год</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота, год</td></tr>
<tr><td>95 год</td><td>115 год</td></tr>
<tr><td colspan="2">в тому числі: 1) РГЗ та КР., год</td></tr>
<tr><td>-</td><td>2 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">2) курсова робота(проект), год</td></tr>
<tr><td>-</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю: екзамен</td></tr>
</table>

Примітка.

* Відомості з навчального плану.

2 МЕТА ДИСЦИПЛІНИ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ З ЇЇ ВИВЧЕННЯ

2.1 Мета вивчення дисципліни:

Ознайомлення із закономірностями взаємодії електромагнітного поля оптичного та терагерцового діапазонів частот із хвилеводними, резонансними та просторово-періодичними структурами, що використовуються для розроблення сучасних біологічних сенсорів та інших вимірювальних пристроїв.

2.2 Результати навчання:

за результатом вивчення дисципліни студенти повинні:

знати:

– основні закономірності взаємодії когерентного та некогерентного електромагнітного випромінювання з матеріальними середовищами;

– сучасні методи наукових досліджень, організації та планування експерименту, комп'ютеризованих методів дослідження та опрацювання результатів вимірювань;

– основні поняття хвильової та квантової оптики, які застосовуються при розробленні інформаційно-вимірювальних систем;

– основні методи побудови сучасних сенсорних та вимірювальних систем на основі оптоволоконних та фотонно-кристалічних структур.

вміти:

– досліджувати фізичні процеси, які складають основу функціонування сенсорних та вимірювальних пристроїв;

– розробляти функціональні елементи надчутливих сенсорних та вимірювальних пристроїв та систем;

– застосовувати системний підхід до вирішення науково-технічних завдань інформаційно-вимірювальної техніки;

– здійснювати фізичне та математичне моделювання сенсорних та вимірювальних пристроїв із застосуванням сучасного програмного забезпечення.

Перелік сформованих компетентностей (відповідно до освітньо-професійної програми):

загальні компетентності:

ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК4. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК6. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК8. Здатність працювати в міжнародному контексті.

спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

ФК3. Знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів експериментальної інформатики.

ФК4. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення науково-технічних завдань метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

ФК7. Здатність застосовувати комплексний підхід до вирішення експериментальних завдань із застосуванням засобів інформаційно-вимірювальної техніки та прикладного програмного забезпечення.

ФК14. Здатність розробляти фізично та математично обґрунтовані моделі складних оптоелектронних систем та проектувати лазерне метрологічне обладнання.

ФК17. Здатність продемонструвати сучасні знання побудови систем лазерної та оптоелектронної техніки.

ФК19. Здатність дотримуватись професійної та академічної доброчесності при провадженні професійної діяльності.

Програмні результати навчання:

ПРН1. Знати і розуміти сучасні методи наукових досліджень, організації та планування експерименту, комп'ютеризованих методів дослідження та опрацювання результатів вимірювань.

ПРН3. Розуміти міждисциплінарні зв'язки та контексти спеціальності.

ПРН8. Володіти сучасними методами та методиками проектування і дослідження, а також аналізу отриманих результатів.

ПРН15. Вміти користуватися відкритими науковими базами даних, «хмарними» та інтернет-технологіями та іншими сучасними джерелами інформації.

ПРН17. Вміти розробляти вірогідні фізичні та математичні моделі оптоелектронних елементів інформаційно-вимірювальних систем та користуватися ними для розроблення новітніх приладів та пристроїв.

ПРН20. Вміти застосовувати сучасні інформаційно-вимірювальні технології для досягнення Цілей Сталого Розвитку.

ПРН21. Знати принципи академічної доброчесності та мати навички їх застосування.

2.3 Передумови для вивчення дисципліни:

Передумовою вивчення дисципліни є раніше здобуті компетентності та результати навчання, що перевіряються під час єдиного фахового вступного випробування зі спеціальності на основі Програми фахового вступного випробування, що затверджується головою приймальної комісії ХНУРЕ.

Загальна структура предметного тесту передбачає чотири основних розділи: Сучасні методи вимірювань та обробки результатів вимірювання, Основи технічного регулювання, Вища математика, Основи електротехніки та електроніки.

3 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Базові поняття фотоніки та біофотоніки

Тема 1. Хвильові процеси у класичному та квантовому розумінні.

Тема 2. Фізичні властивості і засоби збудження поверхневих хвиль.

Тема 3. Поверхневі плазмони. Явище поверхневого плазмонного резонансу.

Змістовий модуль 2. Базові структури для локалізації та передачі енергії електромагнітних хвиль оптичного діапазону

Тема 1. Планарні оптичні хвилеводи. Різновиди. Дисперсія.

Тема 2. Фотонно-кристалічні хвилеводи і резонатори.

Тема 3. Схеми Отто та Кречмана для збудження поверхневих плазмонів.

Змістовий модуль 3. Сенсорні пристрої для вимірювання характеристик біологічних речовин

Тема 1. Волоконно-оптичні та планарні біосенсори.

Тема 2. Резонаторні біосенсори.

Тема 3. Біосенсори на поверхневому плазмонному резонансі.

Тема 4. Біосенсори на фотонно-кристалічних структурах.

4 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лб	конс	с.р.		л	п	лб	конс	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Базові поняття фотоніки та біофотоніки												
Тема 1. Хвильові процеси у класичному та квантовому розумінні.	16	4	2			10	18	1	1		1	15
Тема 2. Фізичні властивості і засоби збудження поверхневих хвиль.	14	2	2			10	13	1	1		1	10
Тема 3. Поверхневі плазмони. Явище поверхневого плазмонного резонансу.	15	4			1	10	12	1			1	10
Разом за зміст. мод. 1	**45**	**10**	**4**		**1**	**30**	**43**	**3**	**2**		**3**	**35**
Змістовий модуль 2. Базові структури для локалізації та передачі енергії електромагнітних хвиль оптичного діапазону												
Тема 1. Планарні оптичні хвилеводи. Різновиди. Дисперсія.	15	3	2			10	18	1	1		1	15
Тема 2. Фотонно-кристалічні хвилеводи і резонатори.	18	3	4		1	10	19	1	1		2	15
Тема 3. Схеми Отто та Кречмана для збудження поверхневих плазмонів.	13	2			1	10	12	1			1	10
Разом за зміст. мод. 2	**46**	**8**	**6**		**2**	**30**	**49**	**3**	**2**		**4**	**40**
Змістовий модуль 3. Сенсорні пристрої для вимірювання характеристик біологічних речовин												
Тема 1. Волоконно-оптичні та планарні біосенсори.	11	4				7	14	1	1		2	10
Тема 2. Резонаторні біосенсори.	13	2	2		1	8	13	1			2	10
Тема 3. Біосенсори на поверхневому плазмонному резонансі.	14	2	2			10	14	1	1		2	10
Тема 4. Біосенсори на фотонно-кристалічних структурах.	21	4	2	4	1	10	17	1		4	2	10
Разом за зміст. мод. 3	**59**	**12**	**6**	**4**	**2**	**35**	**58**	**4**	**2**	**4**	**8**	**40**
Усього годин за семестр	**150**	**30**	**16**	**4**	**5**	**95**	**150**	**10**	**6**	**4**	**15**	**115**

5 ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Розрахунок параметрів електромагнітних хвиль в матеріальних середовищах.	2	1
2	Фізичні властивості просторово-неоднорідних хвиль.	2	1
3	Розповсюдження хвиль в діелектричних хвилеводах.	2	1
4	Фізичні властивості та моделювання фотонно-кристалічних структур.	4	1
5	Аналіз частотних та енергетичних характеристик фотонно-кристалічних резонаторів.	4	1
6	Розрахунок чутливості резонаторних сенсорів.	2	1
	Загальна кількість, год.	**16**	**6**

6 ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Розрахунок чутливості фотонно-кристалічного біосенсора на основі використання пакету MIT Photonic Bands	4	4
	Загальна кількість, год.	**4**	**4**

7 САМОСТІЙНА РОБОТА

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Вивчення теоретичного матеріалу з використанням конспектів лекцій і навчальної літератури	20	30
2	Підготовка до лабораторних занять	6	6
3	Підготовка до практичних занять	15	10
4	Поняття фазової та групової швидкості хвиль в лініях передачі	2	2
5	Основні фізичні закономірності інтерференційних явищ.	4	4
6	Принципи побудови пристроїв для визначення матеріальних параметрів середовищ	8	8
7	Одновимірні та двовимірні фотонні кристали. Дисперсія. Поняття забороненої зони.	20	20
8	Біосенсори на поверхневому плазмонному резонансі та фотонно-кристалічних резонаторах. Засоби підвищення чутливості біосенсорів.	20	35
	Загальна кількість, год.	**95**	**115**

8 ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

8.1 Згідно з навчальним планом розрахунково-графічні завдання (РГЗ) та контрольні роботи (КР) не заплановано.

8.2 Згідно з навчальним планом курсова робота (проєкт) не запланована.

9 МЕТОДИ НАВЧАННЯ ТА ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

1. Основні методи навчання – словесний (лекція), практичний (проведення практичних занять), робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анотування, рецензування, складання реферату).

2. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- екзамен;
- стандартизовані тести;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах.

10 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА РЕЙТИНГОВА ОЦІНКА ЗА ДИСЦИПЛІНОЮ

10.1 Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Формою підсумкового контролю для дисципліни є семестровий (письмовий або комбінований) екзамен, підсумкова оцінка $O_{\text{д}}^{\text{екз}}$ обчислюється за формулою: $O_{\text{д}}^{\text{екз}} = 0,6 \cdot O_{\text{сем}} + 0,4 \cdot O_{\text{екз}}$, де $O_{\text{сем}}$ – оцінка за семестр у 100-бальній системі, $O_{\text{екз}}$ – оцінка за екзамен у 100-бальній системі.

Вид заняття / контрольний захід	Оцінка $O_{\text{сем}}$
Пз № 1-4	(5…10) ×4= 20…40
Контрольна точка 1	**20…..40**
Пз № 5-6	(5…10) ×2= 10…20
Лб №1	30…40
Контрольна точка 2	**40…..60**
Всього за семестр	**60…..100**

10.2 Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки.

1. Класифікація діапазонів електромагнітного випромінювання. Особливості оптичного діапазону.
2. Основні характеристики електромагнітних хвиль. Фазова та групова швидкість. Поляризація.
3. Фізичні умови для формування поверхневих неоднорідних хвиль в оптичному діапазоні.
4. Одномодові та багатомодові режими оптичних хвилеводів. Поняття робочого діапазону. Поняття основної моди.
5. Періодичні структури різної розмірності. Особливості спектральних характеристик. Заборонені зони.
6. Основні принципи побудови оптичних резонаторів на основі брегівських структур та багатовимірних фотонних кристалів. Частотні та енергетичні характеристики резонаторів.
7. Фізичні основи ефекту поверхневого плазмонного резонансу. Поняття плазмової частоти.
8. Основні схеми для аналізу явища поверхневого плазмонного резонансу.

9. Основні різновиди сенсорних пристроїв оптичного діапазону. Принципи функціонування
10. Основи застосування матричного методу для аналізу пристроїв НВЧ. Матриця розсіювання та матриця передачі. Фізичний смисл їх елементів.
11. Методика застосування сенсорів на планарних оптичних хвилеводах.
12. Методика застосування сенсорів на поверхневому плазмонному резонансі.
13. Методика застосування інтерференційних біосенсорів.
14. Методика застосування сенсорів на фотонно-кристалічних резонаторах

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки.

1. Уміти визначати фізичні характеристики хвильових процесів на основі їх електродинамічного представлення.
2. Уміти розраховувати власні частоти та добротність оптичних резонаторів на основі їх спектральних характеристик.
3. Уміти користуватися дисперсійними діаграмами періодичних структур різної розмірності.
4. Уміти ідентифікувати робочі моди хвилеводів та резонаторів на базі просторового розподілу силових ліній електромагнітного поля.
5. Уміти розраховувати спектральні характеристики одновимірних та двовимірних періодичних структур.
6. Уміти формувати фотонно-кристалічні резонатори на основі структур з різними типами симетрії та виходячи з розташування фотонних заборонених зон.
7. Уміти формувати схеми біосенсорів на основі інтерферометричних схем (Маха-Цендера та інших).
8. Уміти формувати схеми біосенсорів на основі фотонно-кристалічних резонаторів та визначати їх чутливість.

Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру.

Задовільно, D, E (60-74). Мати необхідний мінімум знань і умінь. Відпрацювати всі практичні заняття та лабораторні роботи. Знати основні принципи побудови сенсорних пристроїв для визначення біологічних об’єктів.

Добре, C (75-89). Твердо знати мінімум. Відпрацювати всі практичні заняття та лабораторні роботи. Знати основні фізичні принципи локалізації електромагнітної енергії в хвилеводних та резонансних структурах. Знати схеми побудови біологічних сенсорів.

Відмінно, A, B (90-100). Знати всі теми. Вільно орієнтуватися в рекомендованих підручниках. Володіти основними методами розрахунку електродинамічних характеристик біологічних сенсорів. Вміти застосовувати сучасне спеціалізоване програмне забезпечення для моделювання біологічних сенсорів на основі фотонно-кристалічних структур.

Здобувачам вищої освіти, які в день, визначений за розкладом для складання контрольного заходу, отримали оцінки «не зараховано», «незадовільно» або позначки «не з’явився/не з’явилася» може бути надано право покращення результатів підсумкового контролю з відповідного освітнього компонента незалежно від кількості отриманих незадовільних оцінок з інших дисциплін в період екзаменаційної сесії, тобто перескладання екзамену протягом екзаменаційної сесії відповідно до графіків консультацій викладачів, встановлених кафедрою. Оцінка, отримана при повторному складанні контрольного заходу, вважається як отримана здобувачем вищої освіти поза терміном, за виключенням випадків навчання здобувачів вищої освіти за індивідуальним графіком виконання ІНП.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка з дисципліни	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		екзамен, курсовий проект (робота), практика	залік
96–100	A	5 (відмінно)	зараховано
90–95	B		
75–89	C	4 (добре)	
66–74	D	3 (задовільно)	
60–65	E		
35–59	FX	2 (незадовільно)	не зараховано
0-34	F		

11 МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

11.1 Базова література

1. Prasad P. N. Introduction to Biophotonics. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2003.
2. Understanding Biophotonics. Fundamentals, Advances, and Applications / edited by K. Tsia. Stanford: CRC Press, 2015.
3. Advances in Biophotonics / edited by B. Wilson, V. Tuchin, S. Tanev. Ottawa: IOS Press, 2005.
4. Popesku G. Principles of Biophotonics. Volume 3. Field propagation in linear, homogeneous, dispersionless, isotropic media. Bristol: IOP Publishing, 2022. https://doi.org/10.1088/978-0-7503-1646-0
5. Keiser G. Biophotonics: Concepts to Applications. (Graduate Texts in Physics). Shpringer Nature, 2022.
6. Biosensors and Nanotechnology. Applications in Health Care Diagnostics / edited by Z. Altintas. John Wiley & Sons, Inc., 2018.

11.2 Допоміжна література

1. Biophotonics. Visions for Better Health Care / edited by J. Popp, M. Strehle. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006.
2. J. Joannopoulos, S. Johnson, J. Winn, R. Meade. Photonic Crystals. Molding the Flow of Ligth. Princeton University Press, 2008.
3. Photonic Microresonator. Research and Applications / edited by I. Chremmos, O. Schwelb, N. Uzunoglu. Springer, 2010.
4. Born M., Wolf E. Principles of Optics. 7th Edition. Cambridge University Press, 2019.
5. NanoHUB - online simulations and resources for nanotechnology. https://nanohub.org/resources/teachingmaterials

11.3 Методичні вказівки до різних видів занять

1. Комплекс навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни "Біофотоніка" підготовки магістра спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», освітня програма «Фотоніка та оптоінформатика» [Електронний ресурс] / ХНУРЕ ; розроб. Є.М. Одаренко. – Харків, 2018. – 254 с. http://catalogue.nure.ua/knmz.
2. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Біофотоніка» для студентів спеціальностей 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка, 175 Інформаційно-

вимірювальні технології, G6 Інформаційно-вимірювальні технології освітньої програми «Інженерія оптоінформаційних та лазерних систем» [Електронний ресурс] / упоряд. Є.М. Одаренко. Електронне видання. Харків: ХНУРЕ, 2026. 24 с. – pdf.

3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Біофотоніка» для студентів спеціальностей 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка, 175 Інформаційно-вимірювальні технології G6 Інформаційно-вимірювальні технології освітньої програми «Інженерія оптоінформаційних та лазерних систем» [Електронний ресурс] / упоряд. Є.М. Одаренко. Електронне видання. Харків: ХНУРЕ, 2026. 34 с. – pdf.

12 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Математичні пакети MathCAD, Smath, Scilab.
2. Спеціалізований пакет MIT Photonic Bands.
3. Науковий портал https://nanohub.org/