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

«Квантова оптика мікро- та наноструктур»
(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>1-й та 2-й</td><td>1-й та 2-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Кількість годин</td></tr>
<tr><td>55</td><td>37</td></tr>
<tr><td colspan="2">Навчальні заняття:
1) лекції, год</td></tr>
<tr><td rowspan="14">Мова навчання:
українська</td><td>30 год.</td><td>8 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>8 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>113 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">в тому числі: 1) РГЗ та КР., год.</td></tr>
<tr><td>-</td><td>1,2 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: залік</td></tr>
</table>

Примітка.

* Відомості з навчального плану.

2 МЕТА ДИСЦИПЛІНИ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ З ЇЇ ВИВЧЕННЯ

2.1 Мета вивчення дисципліни:

Ознайомлення з основними принципами квантової оптики мікро та наноструктур, з основами побудови та складовими частинами сучасних волоконних лазерів, теорії фотонно-кристалічних структур та методами їх формування, також з нелінійно-оптичними процесами у фотонних кристалах. Розгляд основних фізичних властивостей волоконних світловодів та принципу роботи лазерних волокон.

2.2 Результати навчання:

за результатом вивчення дисципліни студенти повинні:

знати:

– основні принципи побудови та базові фізичні принципи, на яких грунтуються сучасні волоконні лазери;

– призначення та експлуатаційні характеристики складових елементів волоконних лазерів;

– методи реалізації основних експлуатаційних режимів квантових систем, що використовують оптичні волокна та фотонно-кристалічні структури;

– методи керування характеристиками лазерними імпульсами у волоконних лазерах;

вміти:

– аналізувати конструктивні особливості та операційні характеристики пристроїв квантової оптики;

– формувати критерії застосування волоконних лазерів для різноманітних фізичних та технологічних задач;

– виходячи із заданих характеристик, формувати склад та обирати функціональні елементи оптоелектронних пристроїв на основі волоконних лазерів;

– розробляти методи для забезпечення основних експлуатаційних характеристик волоконно-оптичних лазерних систем.

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. Будова та принцип роботи волоконних лазерів

Тема 1. Загальні відомості про волоконні лазери.

Тема 2. Елементи конструкції та складові частини волоконних лазерів.

Тема 3. Експлуатаційні характеристики волоконних лазерів.

Змістовий модуль 2. Режими роботи волоконних лазерів

Тема 1. Імпульсні волоконні лазери.

Тема 2. Синхронізація мод у волоконних лазерах.

Тема 3. Компенсація дисперсійного розпливання імпульсів в оптичному волокні.

Змістовий модуль 3. Керування режимами роботи та характеристиками волоконних лазерів

Тема 1. Стиснення та розширення лазерних імпульсів.

Тема 2. Вимушене комбінаційне розсіювання у оптичних волокнах.

Тема 3. Вимушене розсіювання Мандельштама-Бріллюена.

4 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІН

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. Будова та принцип роботи волоконних лазерів												
Тема 1. Загальні відомості про волоконні лазери.	14	2	2			10	11.5	0.5			1	10
Тема 2. Елементи конструкції та складові частини волоконних лазерів.	17	3	2	2		10	16.5	0.5		4	2	10
Тема 3. Експлуатаційні характеристики волоконних лазерів.	16	3	2		1	10	15	1	2		2	10
Разом за зміст. мод. 1	**47**	**8**	**6**	**2**	**1**	**30**	**43**	**2**	**2**	**4**	**5**	**30**
Змістовий модуль 2. Режими роботи волоконних лазерів												
Тема 1. Імпульсні волоконні лазери.	12	2				10	12	1			1	10
Тема 2. Синхронізація мод у волоконних лазерах.	17	4	2		1	10	13	1			2	10
Тема 3. Компенсація дисперсійного розпливання імпульсів в оптичному волокні.	19	4	4		1	10	25	1	2		2	20
Разом за зміст. мод. 2	**48**	**10**	**6**		**2**	**30**	**50**	**3**	**2**		**5**	**40**
Змістовий модуль 3. Керування режимами роботи та характеристиками волоконних лазерів												
Тема 1. Стиснення та розширення лазерних імпульсів.	17	4		2	1	10	25	1		4	2	18
Тема 2. Вимушене комбінаційне розсіювання у оптичних волокнах.	16	4				12	15	1			2	12
Тема 3. Вимушене розсіювання Мандельштама-Бріллюена	22	4	4		1	13	17	1	2		1	13
Разом за зміст. мод. 3	**55**	**12**	**4**	**2**	**2**	**35**	**57**	**3**	**2**	**4**	**5**	**43**
Усього годин за семестр	**150**	**30**	**16**	**4**	**5**	**95**	**150**	**8**	**6**	**8**	**15**	**113**

5 ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Розрахунок параметрів діелектричних хвилеводів.	2	2
2	Розрахунок параметрів оптоволоконних хвилеводів.	2	
3	Розрахунок основних параметрів одномодового оптичного волокна.	2	
4	Розрахунок характеристик Брегівських волоконних решіток.	2	
5	Компенсатор дисперсії групової швидкості на основі інтерферометра Жира-Турнуа.	4	2
6	Розрахунок спектру підсилення вимушеного розсіяння Мандельштама-Бріллюена.	4	2
	Загальна кількість, год.	**16**	**6**

6 ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Моделювання волоконних Брегівських решіток.	2	4
2	Дослідження аподизації чирпованих брегівських решіток для компенсації дисперсії в оптоволоконних лініях передачі.	2	4
	Загальна кількість, год.	**4**	**8**

7 САМОСТІЙНА РОБОТА

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Вивчення теоретичного матеріалу з використанням конспектів і навчальної літератури	35	55
2	Підготовка до лабораторних занять	4	4
3	Підготовка до практичних занять	20	16
4	Пошук і систематизація науково-технічної літератури за напрямами, що стосуються квантової криптографії	20	30
5	Підготовка доповідей та інформаційних повідомлень на конференції та наукові семінари	16	8
	Загальна кількість, год.	**95**	**113**

8 ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

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

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

9 МЕТОДИ НАВЧАННЯ ТА ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

Основні методи навчання – словесний (лекція), практичний (проведення лабораторних робіт та практичних занять), наочний (метод ілюстрацій і метод демонстрацій); робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анотування, рецензування, складання реферату); перевірка знань та умінь (за результатами заліку).

-

10 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА РЕЙТИНГОВА ОЦІНКА ЗА ДИСЦИПЛІНОЮ

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

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

Для підсумкового контролю у формі заліку для оцінювання роботи студента протягом семестру використовується підсумкова рейтингову оцінку $O_{\text{сем}} = \sum O_{\text{і}}$. Оцінка за семестр $O_{\text{сем}}$ обчислюється як сума оцінок за різні види занять та контрольні заходи.

10.2 Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки.

1. Знати принцип дії оптоволоконних ліній передачі та його фізичне обгрунтування.
2. Знати причини виникнення та фізичну суть нелінійних ефектів в оптичних волокнах.
3. Знати сучасні методи виготовлення оптичних волокон.
4. Знати принцип дії волоконних лазерів.
5. Знати складові елементи волоконних лазерів та їх функціональне призначення.
6. Знати умови формування імпульсів випромінювання в волоконних лазерах.
7. Знати методи компенсації дисперсійного розширення імпульсів при їх розповсюдженні в оптичному волокні.
8. Знати фізичну сутність механізмів розсіювання випромінювання в оптичних волокнах.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки.

1. Уміти розраховувати характеристики оптоволоконних ліній передачі.
2. Уміти розраховувати коефіцієнти відбиття Брегівських дзеркал.
3. Уміти обирати складові елементи волоконних лазерів для забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик.
4. Уміти робити інженерні оцінки компенсаторів дисперсії в оптоволоконних лініях передачі.
5. Уміти робити розрахунок енергетичних характеристик випромінювання волоконних лазерів з різними активними середовищами;
6. Уміти досліджувати спектральні характеристики волоконних лазерів за наявності різних видів розсіювання в оптичних волокнах.

Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру.

Задовільно, D, E (60-74). Мати мінімум знань і умінь. Відпрацювати всі практичні заняття та лабораторні роботи. Знати основні постулати квантової фізики, на яких базуються методи квантової оптики мікро- та наноструктур.

Добре, C (75-89). Твердо знати мінімум. Орієнтуватися в основних поняттях квантової оптики мікро- та наноструктур. Знати основні процеси нелінійної оптики фотонних кристалах.

Відмінно, A, B (90-100). Знати всі теми. Вільно орієнтуватися в рекомендованих підручниках. Уміти застосовувати отриману інформацію для аналізу фізичних процесів в квантовій оптиці мікро- та наноструктур.

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. Карлаш Г.Ю. Квантові інформаційні системи: навчальний посібник для спеціальності «Прикладна фізика та наноматеріали». Київ: факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2018. 77 с.
2. Rogers A. Polarization in Optical Fibers. Artech House, 2008. 273 p.
3. Fiber Laser and Their Applications. Editors Song Yang, Ling Zhang, Zhiwei Zhu, Li Li. MDPI, 2023.
4. Ter-Mikirtychev V.V. Fundamentals of Fiber Lasers and Fiber Amplifiers. Springer, 2019.
5. L. Dong, J. Meyer. Fiber Lasers: Basics, Technology, and Applications. CRC Press, 2016.
6. M. F. S. Ferreira, M. C. Paul. Optical Fiber Lasers: Recent Advances and Applications. Springer, 2026.
7. J. Meyer, et al. Fiber Lasers: Fundamentals with MATLAB Modelling. Routledge / CRC Press, 2024.
8. Kashuap R. Fiber Bragg Gratings. Academic Press, 1999.

11.2 Допоміжна література

1. Othonos A., Kalli K. Bragg Grating in Optical Fibers. Handbook of Advanced Electronic and Photonic Materials and Devices, edited by H.S. Nalwa. Volume 9: Nonlinear Optical Materials. Academic Press, 2001.

2. S. Zhou, J. Cao, M. Chen, Z. Wang, L. Si and J. Chen. Review of High-Power Continuous Wave Yb-Doped Fiber Lasers near 980 nm. Photonics 2024, 11, 365. https://doi.org/10.3390/photonics11040365.

3. Quantum Communications and Cryptography / edited by Alexander V. Sergienko. Taylor&Francis, 2006.

4. J. McKeever, A. Boca, A. D. Boozer et al. Deterministic Generation of Single Photons from One Atom Trapped in a Cavity // Science Reports. 2004. Vol. 303. P. 1992–1994.

11.3 Методичні вказівки до різних видів занять

1. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Квантова оптика мікро- та наноструктур» 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. 44 с. – pdf.

2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Квантова оптика мікро- та наноструктуру» 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. 20 с. – pdf.