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

«Нелінійна прикладна оптика»

(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* - 4</td><td colspan="2">Обов’язкова</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Змістових модулів - 2</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 (проект) - 0</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Загальна кількість годин - 120</td><td>1 -й</td><td>1-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Кількість годин</td></tr>
<tr><td>44</td><td>28</td></tr>
<tr><td colspan="2">Навчальні заняття:
1) лекції, год</td></tr>
<tr><td rowspan="15">Мова навчання: українська</td><td>24 год.</td><td>8 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">2) практичні, год</td></tr>
<tr><td>8 год.</td><td>4 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">3) лабораторні, год</td></tr>
<tr><td>8 год.</td><td>4 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">4) консультації, год</td></tr>
<tr><td>4 год.</td><td>12 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота, год</td></tr>
<tr><td>76 год.</td><td>92 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">в тому числі: 1) РГЗ та КР., год.</td></tr>
<tr><td>-</td><td>1 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: є ознайомлення студентів з нелінійною оптикою як важливим розділом сучасної фізичної оптики; з основними нелінійними явищами в оптиці та способами їх опису; з принципами роботи генераторів гармонік оптичного випромінювання та параметричними генераторами світла; із застосуванням спеціалізованих метаповерхонь для керування світлом.

2.2 Результати навчання:

за результатом вивчення дисципліни студенти повинні:

знати:

– основні закономірності взаємодії електромагнітного випромінювання з лінійними та нелінійними середовищами;

– принципи використання анізотропних властивостей матеріальних середовищ для формування елементів інформаційно-вимірювальних систем;

– умови та основні закономірності практичної реалізації нелінійно-оптичних явищ в сучасних оптоелектронних та лазерних приладах;

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

вміти:

– обирати і застосовувати методи аналітичного та чисельного дослідження нелінійно-оптичних елементів інформаційно-вимірювальних систем та комп’ютеризованих експериментальних досліджень;

– застосовувати апаратні та програмні засоби сучасних інформаційних технологій для вирішення задач в сфері інформаційно-вимірювальної техніки.

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

загальні компетентності:

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

ЗК2. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

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

спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

ФК1. Здатність обирати та застосовувати придатні математичні методи, комп'ютерні технології, а також підходи до стандартизації та сертифікації для вирішення завдань в сфері метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

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

ФК16. Здатність аналізувати дані проведених натурних та чисельних експериментів із дослідження джерел когерентного та некогерентного оптичного випромінювання, які можуть вимагати застосування потужних обчислювальних ресурсів.

ФК18. Здатність інтерпретувати результати досліджень та вимірювань та брати участь у дискусіях із досвідченими фахівцями стосовно наукового значення та потенційних наслідків отриманих результатів.

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.

ПРН7. Вміти проєктувати і розробляти інженерні продукти, процеси та системи метрологічної спрямованості, обирати і застосовувати методи комп'ютеризованих експериментальних досліджень.

ПРН11. Розуміти методологічні і філософські аспекти сучасної науки і їх місце в процесі наукових досліджень.

ПРН13. Застосовувати апаратні та програмні засоби сучасних інформаційних технологій для вирішення задач в сфері метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

ПРН16. Вміти користуватися сучасним науковим обладнанням в галузі інформаційно-вимірювальних технологій яке складається з пристроїв лазерної та оптоелектронної техніки.

ПРН18. Вміти розробляти нанотехнології і процеси з використанням оптичних випромінювачів.

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. Вступ. Поняття про нелінійну оптику як важливу складову частину сучасної фізичної оптики

Тема 1. Спонтанні та вимушені переходи в квантових системах.

Тема 2. Основні рівняння оптики нерезонансних ізотропних середовищ.

Тема 3. Анізотропія кристалів. Еліпсоїд показника заломлення. Тензорний опис нелінійної поляризованості анізотропних середовищ.

Змістовий модуль 2. Нелінійно-оптичні явища.

Тема 1. Нелінійна поляризованість ізотропних і анізотропних середовищ.

Тема 2. Генерація вищих гармонік в нелінійних кристалах.

Тема 3.Самофокусування світла в нелінійних середовищах.

Тема 4. Застосування ультратонких діелектричних метаповерхонь для керування світлом.

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. Вступ. Поняття про нелінійну оптику як важливу складову частину сучасної фізичної оптики												
Тема 1. Спонтанні та вимушені переходи в квантових системах	10	2	2			6	14	1	1		2	10
Тема 2. Основні рівняння оптики нерезонансних ізотропних середовищ.	14	4				10	17	1			2	14
Тема 3. Анізотропія кристалів. Еліпсоїд показника заломлення.	29	4	2	4	2	15	25	2	1	2	2	18
Разом за зміст. мод. 1	53	10	4	4	2	31	56	4	2	2	6	42
Змістовий модуль 2. Нелінійно-оптичні явища.												
Тема 1. Нелінійна поляризованість ізотропних і анізотропних середовищ.	23	4		4		10	17	1		2	2	12
Тема 2. Генерація вищих гармонік в нелінійних кристалах.	23	4	4		2	15	18	1	1		2	14
Тема 3. Самофокусування світла в нелінійних середовищах.	19	4				10	15	1			2	12
Тема 4. Застосування ультратонких діелектричних метаповерхонь для керування світлом.	12	2				10	14	1	1			12
Разом за зміст. мод. 2	67	14	4	4	2	45	64	4	2	2	6	50
Усього годин за семестр	**120**	**24**	**8**	**8**	**4**	**76**	**120**	**8**	**4**	**4**	**12**	**92**

5 ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Розрахунок характеристик енергетичних переходів у квантових системах.	2	1
2	Розрахунок параметрів анізотропних матеріальних середовищ.	2	1
3	Розрахунок характеристик процесу генерації другої гармоніки випромінювання в нелінійних кристалах.	4	2
	Загальна кількість, год.	**8**	**4**

6 ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Моделювання розповсюдження хвиль в анізотропних кристалах на основі розрахунку оптичної індикатриси.	4	2
2	Моделювання розсіювання електромагнітної хвилі на границі нелінійного середовища.	4	2
	Загальна кількість, год.	**8**	**4**

7 САМОСТІЙНА РОБОТА

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Вивчення теоретичного матеріалу з використанням конспектів і навчальної літератури	30	38
2	Підготовка до лабораторних занять	12	16
3	Підготовка до практичних занять	16	18
4	Вивчення додаткових тем за літературними джерелами	18	20
	Загальна кількість, год.	**76**	**92**

8 ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Не передбачені навчальним планом.

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 екзамену).

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 $O_{сем}$
Пз № 1 - 2	20 …. 30
Лб № 1	10 …. 20
Контрольна точка 1	30 …. 50
Лб № 2	10 …. 20
Пз № 3	20 …. 30
Контрольна точка 2	30 …. 50
Всього за семестр	60…..100

10.2 Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки.

1. Знати основи квантового опису властивостей активних та пасивних середовищ.
2. Знати закономірності взаємодії електромагнітного випромінювання з анізотропними середовищами.
3. Знати теоретичні основи нелінійної оптики.
4. Знати основні нелінійні явища в оптиці та способи їх опису.
5. Знати принципи роботи генераторів гармонік оптичного випромінювання та параметричні нелінійні ефекти в різних середовищах.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки.

1. Уміти проводити ідентифікацію матеріальних середовищ за ознаками їх взаємодії із електромагнітним випромінюванням.
2. Уміти визначати матеріальні параметри ізотропних та анізотропних середовищ у скалярному та тензорному виглядах.
3. Уміти будувати оптичну індикатрису анізотропних середовищ згідно їх матеріальних параметрів.
4. Уміти визначати умови реалізації явища генерації другої гармоніки лазерного випромінювання в нелінійних середовищах.
5. Уміти визначати умови реалізації явища самофокусування лазерного випромінювання в нелінійних середовищах.

Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру.

Задовільно, D, E (60-74). Мати мінімум знань і умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Вирішувати мінімум практичних завдань.

Добре, C (75-89). Знати основні теми дисципліни. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Мати конспект лекцій та вміти вирішувати практичні завдання.

Відмінно, A, B (90-100). Знати всі теми дисципліни (в тому числі – задані для самостійного опрацювання). Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Мати конспект лекцій та вміти вирішувати практичні завдання.

Критерії оцінювання знань та вмінь студента на екзамені.

Задовільно, D, E (60-74). Показати необхідний мінімум теоретичних знань. Знайти метод розв'язання задачі.

Добре, C (75-89). Знати головні теми теоретичного матеріалу. Розв’язати задачу.

Відмінно, A, B (90-100). Показати повні знання теоретичного матеріалу. Безпомилково розв’язати задачі, пояснити та обґрунтувати обраний метод розв’язання.

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. Білий М.У. Основи нелінійної оптики та її застосування: навч. посібник. К.: Видавничий центр „Київський Університет”, 1999.
2. Powers P. E., Haus J. W. Fundamentals of Nonlinear Optics. CRC Press. Taylor and Francis Group, 2017.
3. Zernike F., Midwinter J. E. Applied Nonlinear Optics. John Wiley and Sons, 1973.
4. Сминтина В. А., Ваксман Ю. Ф. Курс загальної фізики. Т.4. Оптика. Одеса: «Астропринт», 2012.
5. Довгий Я.О., Кітик І.В. Електронна будова і оптика нелінійних кристалів. Львів: Світ, 1996.
6. Boyd R. W. Nonlinear Optics. Elsevier Inc. Academic Press, 2020.

11.2 Допоміжна література

1. Stegeman G. I., Stegeman R. A. Nonlinear optics: phenomena, materials, and devices. John Wiley & Sons, Incorporated, 2012.
2. Wegener M. Extreme Nonlinear Optics. An Introduction. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2005.
3. New G. Introduction to Nonlinear Optics. Cambridge University Press, 2011.
4. Murti Y. V. G. S., Vijayan C. Essentials of Nonlinear Optics. Wiley/Ane Books Pvt. Ltd, Ane/Athena Books, 2014.
5. He G. S. Nonlinear Optics and Photonics. Oxford University Press, 2015.

11.3 Методичні вказівки до різних видів занять

1. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Нелінійна прикладна оптика» 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. 28 с. – pdf.

2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Нелінійна прикладна оптика» 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. 29 с. – pdf.