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

«Нанофотоніка»
(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): Ю.Т. Жолудов, проф., д. ф.-м. н., проф.
(ініціали, прізвище, посада, науковий ступінь, вчене звання)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри ФОЕТ

Протокол від « 27 » серпня 20 26 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 20 26 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 - 4</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="4">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="14">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></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: іспит</td></tr>
</table>

Примітка.

* Відомості з навчального плану.

2 МЕТА ДИСЦИПЛІНИ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ З ЇЇ ВИВЧЕННЯ

2.1 Мета вивчення дисципліни: є навчання студентів теоретичним основам нанофотоніки, як сучасного напрямку розвитку оптики на рівні процесів нанофізики та застосовувати системний підхід до вирішення науково-технічних завдань метрології та інформаційно-вимірювальної техніки. Вивчаються фізичні принципи взаємодії оптичних полів з нанооб`єктами і наноструктурами та практичне використання лазерів у інформаційних процесах.

2.2 Результати навчання:

за результатом вивчення дисципліни студенти повинні:

знати:

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

вміти:

– проектувати і розробляти інженерні продукти, процеси та системи метрологічної спрямованості, обирати і застосовувати методи комп'ютеризованих експериментальних досліджень;

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

володіти (перелік компетенцій):

– сучасними методами та методиками проектування і дослідження, а також аналізу отриманих результатів;

– навичками до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; 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;

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

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.

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

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

ПРН19. Вміти визначати найбільш пріоритетні напрямки розвитку лазерної і оптоелектронної техніки на основі поглибленого аналізу інформаційного середовища.

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. Основи нанофотоніки
Тема 1. Вступ. Нанофотоніка як галузь нанотехнологій. Можливості для фундаментальних досліджень та розробки нових технологій.
Тема 2. Розповсюдження фотонів та електронів у вільному просторі. Локалізація фотонів та електронів.
Тема 3. Розповсюдження фотонів та електронів через класично заборонену зону. Локалізація під дією періодичного потенціалу. Кооперативні ефекти для фотонів та електронів.
Тема 4. Нанолокалізована оптична взаємодія. Нанорозмірна локалізація електронної взаємодії.

Змістовий модуль 2. Взаємодія в ближньому полі та мікроскопія
Тема 1. Оптика ближнього поля.
Тема 2. Мікроскопія ближнього поля.
Тема 3. Безапертурна спектроскопія та мікроскопія ближнього поля.

Змістовий модуль 3. Квантово-обмежені матеріали
Тема 1. Неорганічні напівпровідники. Квантові ями, квантові дроти, квантові точки. Прояви квантового обмеження.
Тема 2. Квантово-обмежені нелінійно-оптичні властивості. Квантово-обмежений ефект Штарка. Суперрешітки.
Тема 3. Квантово-обмежені структури як лазерні середовища.

Змістовий модуль 4. Плазмоніка
Тема 1. Металеві наночастинки та нанострижні. Локальне посилення поля.
Тема 2. Субхвильова апертурна плазмоніка. Плазмонне направлення хвиль. Застосування металевих наноструктур.

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. Основи нанофотоніки												
Тема 1. Вступ. Нанофотоніка як галузь нанотехнологій. Можливості для фундаментальних досліджень та розробки нових технологій.	8	2				6					1	8
Тема 2. Розповсюдження фотонів та електронів у вільному просторі. Локалізація фотонів та електронів.	10	2	2			6		1	1		1	8
Тема 3. Розповсюдження фотонів та електронів через класично заборонену зону. Локалізація під дією періодичного потенціалу. Кооперативні ефекти для фотонів та електронів.	10	2	2			6			1		1	8
Тема 4. Нанолокалізована оптична взаємодія. Нанорозмірна локалізація електронної взаємодії.	8	2				6		1			1	8
Разом за зміст. мод. 1	36	8	4			24		2	2		4	32
Змістовий модуль 2. Взаємодія в ближньому полі та мікроскопія												
Тема 1. Оптика ближнього поля.	12	2	2		2	6				2	1	8
Тема 2. Мікроскопія ближнього поля.	8	2				6					1	8
Тема 3. Безапертурна спектроскопія та мікроскопія ближнього поля.	10	2				8					1	8
Разом за зміст. мод. 2	30	6	2		2	20		2		2	3	24
Змістовий модуль 3. Квантово-обмежені матеріали												
Тема 1. Неорганічні напівпровідники. Квантові ями, квантові дроти, квантові точки. Прояви квантового обмеження.	14	2	2	4		6		1	1		1	8
Тема 2. Квантово-обмежені нелінійно-оптичні властивості. Квантово-обмежений ефект Штарка. Суперрешітки..	8	2				6		1			1	8
Тема 3. Квантово-обмежені структури як лазерні середовища.	8	2				6					1	6
Разом за зміст. мод. 3	30	6	2	4		18		2	1		3	22
Змістовий модуль 4. Плазмоніка												
Тема 1. Металеві наночастинки та нанострижні. Локальне посилення поля.	16	2		4	2	8		1		2	1	8
Тема 2. Субхвильова апертурна плазмоніка. Плазмонне направлення хвиль. Застосування металевих наноструктур.	8	2				6		1	1		1	6
Разом за зміст. мод. 4	24	4		4	2	14		2	1	2	2	14
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	Розповсюдження фотонів та електронів у вільному просторі та їх локалізація.	2	1
2	Розповсюдження фотонів та електронів через заборонену зону. Кооперативні ефекти для фотонів та електронів.	2	1
3	Неорганічні напівпровідники. Квантові ями та квантові точки.	2	1
4	Локальне посилення поля металевими наночастинкиами.	2	1
	Загальна кількість, год.	**8**	**4**

6 ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Визначення параметрів напівпровідникових квантових точок за спектральними характеристиками	4	2
2	Вимірювання спектральних властивостей колоїдів золотих наночасток.	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	40
2	Підготовка до лабораторних занять	10	16
3	Підготовка до практичних занять	16	16
4	Вивчення додаткових тем за літературними джерелами	20	20
	Загальна кількість, год.	**76**	**92**

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

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 $O_{\text{сем}}$
Пз № 1 - 2	20 …. 30
Лб № 1	10 …. 20
Контрольна точка 1	30 …. 50
Лб № 2	10 …. 20
Пз № 3 - 4	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 теоретичні основи нанофотоніки і розрахунів фізичних процесів в нанофотонних системах;
2. Знати умови використання лазерів та сучасних оптоелектронних систем, розуміння предметної області та розуміння професії;
3. Знати основи проектування пристроїв нанофотоніки та елементів їх конструкції.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки.

1. Уміти проводити вимірювання фізичних величин для виконання досліджень шляхом планування, виконання та аналізу експериментів.
2. Уміти проводити вимірювання параметрів випромінювання напівпровідникових лазерів, вимірювати спектри поглинання та емісії наноструктур та колоїдів наночасток.

3. Уміти проводити розрахунок простих оптичних елементів (лінзи, призми, дзеркала)

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 вирішення 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. P. Prasad, Nanophotonics. - New Jersey: John Wiley & Sons, 2004 - 415 p.

2. S.V. Gaponenko, Introduction to Nanophotonics. - Cambridge: Cambridge University Press, 2010 - 482 p.

3. .В. Коротун, А.О. Коваль, А.А. Крючин, В.М. Рубіш, В.В. Петров, І.М.Тітов. Нанофотонні технології. Сучасний стан і перспективи. – Ужгород: ФОП Сабов А.М., 2019 – 482 с.

4. Нанофізика і нанотехнології: навчальний посібник / В. В. Погосов, Ю. А. Куницький, А. В. Бабіч, А. В. Коротун, А. П. Шпак. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2011. – 380 с.

11.2 Допоміжна література

8. Основи нанофізики та нанотехнологій: Навчально-методичний посібник до лекційного курсу для студентів факультету радіофізики, електроніки та комп’ютерних систем / Зависляк І.В., Попов М.О., Чумак Г.Л. – Київ: Навчально-науковий інститут високих технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2022. – 54 с.

11.3 Методичні вказівки до різних видів занять

9. Конспект лекцій з дисципліни «Нанофотоніка» для студентів усіх форм навчання спеціальності 152 «Метрологія та інфрмаційно-вимірювальна техніка» освітніх програм «Лазерна і оптоелектронна техніка», «Фотоніка та оптоінформатика» / Упоряд. Ю.П. Мачехін, О.С. Гнатенко. – Харків: ХНУРЕ., 2021. – 152 с. (Електронний варіант та тверда копія).