

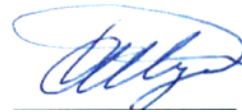
Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан факультету радіофізики,  
біомедичної електроніки та  
комп'ютерних систем



Сергій ШУЛЬГА

“ 24 ” червня 2024 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### СПЕКТРАЛЬНО-КОРЕЛЯЦІЙНА ЛАЗЕРОМЕТРІЯ

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти Другий магістерський рівень вищої освіти

галузь знань 10 Природничі науки  
(шифр і назва)

спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали  
(шифр і назва)

освітня програма Радіофізика та електроніка  
(шифр і назва)

спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

вид дисципліни За вибором  
(обов'язкова / за вибором)

факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету радіофізики,  
біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

“ 24 ” червня 2024 року, протокол № 6


РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)

завідувач кафедри квантової радіофізики, д.ф.-м.н., професор Вячеслав МАСЛОВ

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від “ 20 ” червня 2024 року, протокол № 11

Завідувач кафедри квантової радіофізики


  
оф. Вячеслав МАСЛОВ)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником  
проектної групи) Радіофізика та електроніка

назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми

(керівник проектної групи) проф. Вячеслав МАСЛОВ


  
Вячеслав МАСЛОВ  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від “ 24 ” червня 2024 року № 6

Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної  
електроніки та комп'ютерних систем

  
підпис) (проф.Олександр БУТРИМ )  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “ Спектрально-кореляційна лазерометрія”  
складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

магістр  
(назва рівня вищої освіти)

спеціальності 105 – прикладна фізика та наноматеріали  
освітня програма Радіофізика та електроніка

спеціалізації \_\_\_\_\_

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є  
забезпечення відповідним сучасним вимогам знань студентів про загальні методи і засоби вимірювань спектрально-кореляційних параметрів і характеристик лазерного випромінювання.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є  
вивчити фізичні принципи, покладені в основу побудови вимірювальних пристроїв лазерів. Розглянути також питання метрологічного забезпечення цих вимірювань.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

- K01. Здатність до абстрактного та системного мислення, аналізу та синтезу.
- K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- K04. Здатність бути критичним і самокритичним.
- K05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- K06. Навички міжособистісної взаємодії.
- K07. Навички здійснення безпечної діяльності.
- K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- K09. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків.
- K10. Прагнення до збереження навколишнього середовища.
- K11. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо. Готовність діяти в нестандартних ситуаціях.
- K12. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- K13. Здатність спілкуватися іноземною мовою.
- K14. Здатність реалізувати свої права і обов’язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.
- K15. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, їх місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.
- K16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної теоретичної та прикладної фізики.
- K17. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики при вивченні та дослідженні фізичних явищ і процесів.
- K18. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними

приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

K19. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати числові методи для розв'язування фізичних задач і моделювання фізичних систем.

K20. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи, та керувати колективом у сфері своєї професійної діяльності.

K21. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

K22. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.

K23. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних досліджень.

K24. Орієнтація на найвищі наукові стандарти

– обізнаність щодо фундаментальних відкриттів і теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики та інших природничих наук.

K25. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

1.3. Кількість кредитів – 4

1.4. Загальна кількість годин – 120

### Навчальні заняття проводяться в малочисельній групі.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
2-й
Семестр
3-й
Лекції
36 год.
Практичні, семінарські заняття
- год
Лабораторні заняття
12 год.
Самостійна робота
72 год.
Індивідуальні завдання
-
Контрольні роботи – 2

1.6. Заплановані результати навчання

**знати:** параметри і характеристики лазерного випромінювання, основні фізичні принципи, покладені в основу вимірювальних лазерних систем;

**вміти:** здійснювати розрахунки і вимірювання спектрально-кореляційних параметрів і характеристик лазерного випромінювання

Використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, електроніки та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень та розв'язання виробничих задач.

Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною

- ПР01. Здатність продемонструвати знання і розуміння наукових і математичних принципів, необхідних для розв'язування інженерних задач та виконання досліджень в галузі теоретичної та прикладної фізики, ядерної та термоядерної енергетики, тощо.
- ПР02. Здатність продемонструвати знання сучасного стану справ, тенденції розвитку, найбільш важливі розробки та новітні технології в галузі теоретичної та прикладної фізики, радіофізики та електроніки, ядерної та термоядерної енергетики, космічних досліджень, тощо.
- ПР03. Здатність продемонструвати поглиблені знання у вибраній спеціалізації.
- ПР04. Здатність продемонструвати розуміння впливу технічних рішень в суспільному, економічному, соціальному і екологічному контексті.
- ПР05. Вміти вибирати методи і моделювати явища та процеси в динамічних лінійних і нелінійних системах, а також аналізувати отримані результати.
- ПР06. Вміти самостійно планувати та виконувати експерименти, оцінювати отримані результати.
- ПР07. Вміти застосовувати інформаційно-комунікаційні технології та навички програмування для розв'язання типових наукових і інженерних завдань.
- ПР08. Вміти застосовувати отримані знання й практичні навички, адаптувати результати наукових досліджень під час створення нового та експлуатації існуючого радіотехнічного, електронного, електротехнічного устаткування та його складових.
- ПР09. Вміти застосовувати знання і розуміння для розв'язування задач аналізу та синтезу елементів та систем, характерних обраній спеціалізації.
- ПР10. Вміти здійснювати пошук, аналізувати та критично оцінювати інформацію з різних джерел.
- ПР11. Вміти ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди.
- ПР12. Вміти поєднувати теорію та практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціалізації з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів.
- ПР13. Вміти самостійно виконувати експериментальні дослідження та застосовувати дослідницькі навички за професійною тематикою.
- ПР14. Вміти критично проаналізувати основні показники функціонування системи та оцінити використані технічні рішення та обладнання.
- ПР15. Вміти застосовувати системний підхід, інтегруючи знання з інших дисциплін та враховуючи нетехнічні аспекти, під час розв'язування інженерних задач обраної спеціалізації та проведення досліджень.
- ПР16. Вміти аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованої задачі, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення.
- ПР17. Вміти ефективно спілкуватись на професійному та соціальному рівнях, включаючи усну та письмову комунікацію іноземною мовою.
- ПР18. Вміти представляти та обговорювати отримані результати та здійснювати трансфер набутих знань.
- ПР19. Здатність адаптуватись до нових умов та самостійно приймати рішення.
- ПР20. Здатність усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань.
- ПР21. Здатність відповідально ставитись до виконуваної роботи та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики.
- ПР22. Здатність демонструвати розуміння засад охорони праці, електробезпеки та їх застосування

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### РОЗДІЛ 1. СПЕКТРАЛЬНА ЛАЗЕРОМЕТРІЯ

**Тема 1. Інтерференційний і гетеродинний принципи вимірювань спектрально-частотних параметрів лазерного випромінювання.**

Схеми, принципи роботи і характеристики 2-х променевого та багатопроменевих інтерферометрів. Вимірювання спектральних характеристик лазерного випромінювання інтерференційними методами. Вимірювання спектральних характеристик лазерного випромінювання методом прямого оптичного гетеродина. Вимірювання спектральних характеристик лазерного випромінювання з використанням зовнішнього лазера-гетеродина.

**Тема 2. Вимірювання довжини хвилі лазерного випромінювання.**

Вимірювання довжин хвиль безперервних лазерів методами багатопроменевий інтерферометрії. Вимірювання довжин хвиль безперервних лазерів статичним і динамічним методами двопроменевий інтерферометрії. Вимірювання довжин хвиль імпульсних лазерів методами призменної і дифракційної спектрографії.

**Тема 3. Вимірювання частоти лазерного випромінювання.**

Частотні характеристики лазерного випромінювання. Вимірювання абсолютного значення частоти лазера методом переносу. Вимірювання абсолютного значення частоти лазера методом інтерференційного перетворення. Вимірювання абсолютного значення частоти лазера інтерференційним методом порівняння довжин хвиль. Вимірювання відносної нестабільності частоти лазера.

### РОЗДІЛ 2. КОРЕЛЯЦІЙНА ЛАЗЕРОМЕТРІЯ

**Тема 1. Вимірювання поляризації лазерного випромінювання.**

Типи поляризацій, способи представлення поляризаційних параметрів лазерного випромінювання. Класифікація поляризаційних приладів. Типи поляризаційних аналізаторів для вимірювань поляризації безперервних лазерів. Методики вимірювань поляризації випромінювання безперервних лазерів. Поляриметри для вимірювань ступеня поляризації і визначення положення площини поляризації безперервних лазерів. Аналіз поляризації випромінювання імпульсних лазерів. Методи вимірювань параметрів Стокса.

**Тема 2. Вимірювання когерентності лазерного випромінювання.**

Параметри просторової й тимчасової когерентності. Інтерференційний метод виміру просторової когерентності. Поляризаційний метод виміру просторової когерентності. Інтерференційний і голографічний методи виміру тимчасової когерентності.

**Тема 3. Вимірювання фазового фронту лазерного випромінювання.**

Фазові вимірювання з використанням лінзового аналізатора. Алгоритм Гершберга-Секстона. Фазові вимірювання з використанням фільтра Цернике і нелінійного аналізатора. Інтерференційні методи у фазових вимірюваннях.

## 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Розділ 1. Спектральна лазерометрія</b>						
Тема 1. Інтерференційний і гетеродинний принципи	18	6				12

вимірювань спектрально-частотних параметрів лазерного випромінювання						
Тема 2. Вимірювання довжини хвилі лазерного випромінювання.	22	6		4		12
Тема 3. Вимірювання частоти лазерного випромінювання.	22	6		4		12
Разом за розділом 2	<b>62</b>	<b>18</b>		<b>8</b>		<b>36</b>
<b>Розділ 3. Кореляційна лазерометрія</b>						
Тема 1. Вимірювання поляризації лазерного випромінювання.	18	6				12
Тема 2. Вимірювання когерентності лазерного випромінювання.	18	6				12
Тема 3. Вимірювання фазового фронту лазерного випромінювання.	22	6		4		12
Разом за розділом 3	<b>58</b>	<b>18</b>		<b>4</b>		<b>36</b>
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>36</b>		<b>12</b>		<b>72</b>

#### 4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження субміліметрового лазера з модовим селектором	4
2	Вимірювання довжини хвилі лазерного випромінювання дифракційним методом	4
3	Вимірювання розбіжності випромінювання напівпровідникового лазера	4
	Разом	<b>12</b>

#### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи: робота з літературою, підготовка до виконання лабораторних занять	Кількість годин
1	Розділ 1. Тема 1. Метрологічне забезпечення єдності вимірювання спектрів лазерів	12
2	Розділ 1. Тема 2. Вимірювання довжин хвиль імпульсних лазерів	12
3	Розділ 1. Тема 3. Метрологічне забезпечення єдності вимірювання відносної нестабільності частоти лазера.	12

4	Розділ 2. Тема 1. Метрологічне забезпечення єдності вимірювання поляризації лазерного випромінювання.	12
5	Розділ 2. Тема 2. Метрологічне забезпечення єдності вимірювання когерентності лазерного випромінювання.	12
6	Розділ 2. Тема 3. Метрологічне забезпечення єдності вимірювання фазового фронту лазерного випромінювання	12
	Разом	<b>72</b>

## 6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

## 7. Методи навчання

Курс побудовано на лекційних заняттях, що знайомлять студентів з теоретичним матеріалом, та з лабораторних занять, що складаються з трьох частин: 1) усне опитування по теоретичному матеріалу; 2) перевірка домашнього завдання. Питання для теоретичного опитування, приклади розв'язання типових завдань, завдання для самостійної роботи студентів наведені в рекомендованій літературі по даному курсу. На самостійну роботу виведено низку питань, що стосуються змісту курсу, що вивчається, але не входять до лекцій та практик.

## 8. Методи контролю

Поточний контроль включає роботу на лекційних, лабораторних заняттях і самостійну роботу (20 балів),

Після вивчення 1 та 2 розділів курсу проводяться письмові контрольні роботи, які оцінюються у відповідних балах.

Підсумковий контроль – залікова робота (40 балів).

## 9. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота									Залікова робота	Сума
T1	T2	T3	КР1	T3	T4	T3	КР2	Разом		
5	5	5		5	5	5		5	60	
15			15	15			15	60	40	100

T1, T2 ... – теми розділів.

КР - контрольна робота, передбачена навчальним планом

Розділ зараховується студентові, якщо він набирає не менш 50 % можливих балів за тему. Студент допускається до заліку, якщо всі розділи зараховані. Студент не допускається до заліку, якщо набирає протягом семестру менше 10 балів. Студенти з підсумковим рейтингом < 10 вважаються такими, що не допущені до заліку з дисципліни. Їм перед сесією надається можливість підвищити оцінку і отримати допуск до заліку шляхом виправлення нульових оцінок з окремих видів занять і контрольних завдань.



## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

1. Виконання кожного завдання залікового білета оцінюється балом за таблицею

№ з/п	Кільк. балів	При оцінці відповіді на теоретичні питання	При оцінці розв'язання задачі
1	0	Виявлено, що студент виявив академічну недобросовісність	
2	1-8	Наведено лише визначення термінів, які входять до формулювання питання	Записано коротку умову, наведено діаграму або рисунок до задачі, записано основні закони з цієї теми
3	9-19	Наведено лише загальні відомості	Додатково до п.2 вказано метод розв'язання задачі
4	20-24	Наведено нечітку відповідь	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі допущено грубі помилки
5	25-32	Наведено відповідь з незначними помилками	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі не доведено до кінця
6	33-36	Наведено правильну в цілому відповідь з порушеннями логіки викладення матеріалу або без належних ілюстрацій чи оформлення відповіді ускладнює розуміння тексту	Задачу доведено до правильної кінцевої формули і на тому припинено розв'язання
7	37-40	Повна бездоганна відповідь	Здобуто правильну кінцеву формулу та проведено її аналіз, перевірку на розмірність, вірно визначено числове значення

2. Загальна оцінка заліку за 40-бальною шкалою розраховується за формулою:

$$\text{Оцінка} = (\text{П1} + \text{П2} + \text{П3}) / 3 ,$$

де П1, П2, П3 – бали за відповіді на окремі завдання залікового білету.

### 10. Рекомендована література

#### Основна література

1. Експериментальна лазерна фізика : Підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. І. Григорук, А. І. Іванісік, П. А. Коротков. - К. : Віпол, 2004. - 297 с. .
2. Експериментальна лазерна оптика : підручник / В. І. Григорук, А. І. Іванісік, П. А. Коротков; Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка. - К., 2007. - 383 с.
3. Лазерна фізика : Підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. І. Григорук, П. А. Коротков, А. І. Хижняк. - 2-е вид. - К. : "МП Леся", 1999. - 526 с.

4. А. В. Дегтярьов, М. Г. Кокодій, В. О. Маслов. Вимірювання характеристик лазерів : методичні вказівки до лабораторних робіт. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018.– 80 с

### **Допоміжна література**

1. Основи квантової електроніки : навч. посіб. / О. О. Птащенко; Одес. нац. ун-т ім. І.І. Мечникова. - О. : Астропринт, 2010. - 390 с.
2. Квантова електроніка : навч. посіб./ О. С. Кривець, О. О. Шматько, О. В. Ющенко. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 340 с.
3. Постановка експерименту та обробка результатів : навч. посіб. для студентів фіз. спец. ВНЗ / А. В. Дегтярьов, М. Г. Кокодій, В. О. Маслов, В. О. Тіманюк; Харків. нац. ун-т ім. В.Н. Каразіна. - Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2017. - 175 с
4. Siegman A.E.: Lasers. University Science Books, 1986
5. William T. Silfvast: Laser Fundamentals. Cambridge University Press, 2004
6. Svelto O.: Principles of Laser. Springer, 2004
7. Verdeyen J.T.: Laser Electronics, Prentice Hall, 1995
8. Webb C.E.: Handbook of Laser Technology and Applications, Institute of Physics Publishing, 2004

### **11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

1. Енциклопедія лазерної техніки і технології  
<http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>
2. Бібліотека книг з лазерів  
<http://gen.lib.rus.ec/>