

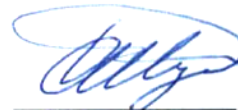
Міністерство освіти і науки України

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

**Актуальні проблеми сучасної радіофізики та електроніки**

рівень вищої освіти \_\_\_ третій (освітньо-науковий) рівень - доктор філософії \_\_\_

галузь знань \_\_\_\_\_ 10 Природничі науки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

спеціальність \_\_\_\_\_ 105 Прикладна фізика та наноматеріали \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

освітня програма \_\_\_\_\_ Прикладна фізика та наноматеріали \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

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

вид дисципліни \_\_\_\_\_ за вибором \_\_\_\_\_  
(обов'язкова / за вибором)

факультет \_\_\_\_\_ радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем \_\_\_\_\_

20\_24 / 20 25\_ 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

 \_\_\_\_\_ Вячеслав МАСЛОВ  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) прикладна фізика та наноматеріали  
(назва освітньої програми)


Гарант освітньої (професійної/наукової) програми

 \_\_\_\_\_ Леонід ЧОРНОГОР  
(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

 \_\_\_\_\_ Олександр БУТРИМ  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “ **Актуальні проблеми сучасної радіофізики та електроніки**” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

третього (освітньо-наукового) рівня - доктор філософії

спеціальності (напряму) 105 Прикладна фізика та наноматеріали

освітня програма Прикладна фізика та наноматеріали

спеціалізації \_\_\_\_\_

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є сучасні дослідження та найбільш значущі досягнення за останні 10 років в галузі сучасної радіофізики та електроніки

**Програма** навчальної дисципліни складається з курсу лекцій та самостійної роботи.

### 1. Мета та завдання навчальної дисципліни .

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є формування у аспірантів уявлень про сучасні досягнення радіофізики та електроніки та існуючі актуальні проблеми, еволюцію основоположних ідей та методів радіофізики та електроніки .

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

– знайомство аспірантів із науковими біографіями сучасних творців радіофізики та електроніки, з найбільш значущими сучасними експериментами, що вплинули на розвиток цих наук, практичними застосуваннями радіофізичних знань, с існуючими проблемами радіофізики та електроніки;

– усвідомлення аспірантами місця та ролі радіофізики та електроніки у розвитку науки, а також у розвитку людської цивілізації у XXI ст.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

- 1) здатність до абстрактного мислення, критичного аналізу і синтезу нових та комплексних ідей (ЗК-1);
- 2) здатність самостійного проведення досліджень з дотриманням належної академічної доброчесності (ЗК-2);
- 3) здатність використання академічної української мови у професійній діяльності та дослідженнях (ЗК-3);
- 4) здатність використання академічної іноземної мови у професійній діяльності та дослідженнях (ЗК-4);
- 5) навички використання спеціалізованих інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-5);
- 6) здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (ЗК-6);
- 7) здатність працювати в міжнародному контексті та автономно (ЗК-7);
- 8) здатність бути критичним і самокритичним (ЗК-8);
- 9) формування системного наукового світогляду, професійної етики та загального культурного кругозору (ЗК-9);
- 10) вміння виявляти, ставити, вирішувати проблеми та застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК-10);
- 11) здатність діяти соціально відповідально та свідомо (ЗК-11);
- 12) здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК-12).

- 13) знання сучасного стану, тенденцій розвитку і найвагоміших нових наукових досягнень в галузі прикладної фізики та наноматеріалів, а також у суміжних галузях (ФК-1);
- 14) поглиблені систематичні знання та розуміння сучасних фізичних теорій і методів, спроможність до їхнього аналізу та ефективного застосовувати в практичній виробничій діяльності та при проведенні досліджень (ФК-2);
- 15) здатність та навички ефективного практичного застосовування методів аналізу та математичного моделювання з використанням комп'ютерних технологій в практичній роботі та дослідженнях (ФК-3);
- 16) здатність до формулювання наукових задач та планування стратегій їхнього розв'язання з можливістю інтеграції знань з різних наукових сфер та застосуванням системного підходу в практичній діяльності (ФК-4);
- 17) здатність адаптуватись та використовувати наукову методологію при розв'язанні незнайомих задач, розробці та реалізації проектів, які дають можливість переосмислювати наявні знання чи створювати нові цілісні знання (ФК-5);
- 18) навички підготовки та виконання науково-дослідних проектів та робіт, планування, проектування та виконання експериментів (ФК-6);
- 19) здатність засвоювати та об'єктивно оцінювати наукові результати, вміння готувати оприлюднення наукових результатів у вигляді друкованої статті, усної доповіді, презентації (ФК-7);
- 20) здатність критично оцінювати та захищати прийняті рішення як при індивідуальній роботі, так і при роботі в групі чи керуванні колективом у сфері своєї професійної діяльності (ФК-8);
- 21) здатність використовувати отримані знання та інструменти педагогічної діяльності та навички для розробки та забезпечення працездатності сучасних систем в сферах прикладної фізики та фізики наноматеріалів (ФК-9);
- 22) здатність інтегрувати знання з інших дисциплін, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні інженерних задач та проведенні досліджень (ФК-10).

1.3. Кількість кредитів - 6

1.4. Загальна кількість годин -180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
<b>За вибором</b>
<b><u>Денна форма навчання</u></b> Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки
2-й
Семестр
1-й
Лекції
30 год.
Практичні, семінарські заняття
15 год.
Лабораторні заняття
-
Самостійна робота
135 год.
Індивідуальні завдання
-

### 1.6. Заплановані результати навчання

Як результат навчання аспіранти повинні:

- знати стан сучасних досліджень і найбільш значущі досягнення за останні 10 років в галузі радіофізики та електроніки;
- усвідомити місце та роль радіофізики та електроніки у розвитку науки, а також у розвитку людської цивілізації у XXI столітті, існуючі проблеми радіофізики та електроніки.

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною

- 1) здобуття поглиблених знань і розумінь у прикладній фізиці та споріднених областях, включаючи методики проведення експериментів та наукових досліджень (ПРН-1.1);
- 2) здатність продемонструвати поглиблені знання у вибраній спеціалізації (ПРН-1.2);
- 3) здатність ясно та ефективно описувати результати наукової роботи (ПРН-1.3);
- 4) здатність вести спеціалізовані наукові семінари та публікувати наукові статті в вітчизняних та закордонних наукових журналах (ПРН-1.4);
- 5) здатність робити огляд та пошук інформації в спеціалізованій літературі, використовуючи різноманітні ресурси: журнали, бази даних, он-лайн ресурси (ПРН-1.5);
- 6) здатність підготувати та успішно захистити дисертаційну роботу на основі індивідуальних досліджень (ПРН-1.6);
- 7) досягнення відповідних знань, розумінь та здатностей використання методів аналізу даних та статистики на найбільш сучасному рівні (ПРН-1.7).

здатність організації освітнього процесу і проведення педагогічної діяльності у сфері прикладної фізики та наноматеріалів (ПРН-1.8).

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

**Тема 1. Терагерцеві технології та їх застосування.** Терагерцевий діапазон та труднощі його освоєння. Переваги ТГц діапазону. Области застосування ТГц електромагнітного випромінювання. Пристрої для генерації випромінювання ТГц діапазону. Існуючі проблеми фізики та техніки терагерцевого діапазону.

**Тема 2. Двовимірна графенова електроніка: стан та перспективи.** Властивості графену. Графенові гетероструктури. Графенова наноелектроніка. Перспективи графенової та постграфенової наноелектроніки.

**Тема 3. Дослідження всесвіту методами радіоастрономії.** Розробка метода апертурного синтеза. Радіоінтерферометрія з наддовгою базою (РНДБ). Сучасні радіотелескопи та РНДБ. Відкриття реліктового випромінювання та його анізотропії. Виявлення квазарів, пульсарів та подвійних пульсарів. Радіоастрономія та проблема SETI. Дослідження всесвіту методами низькочастотної радіоастрономії в Україні.

**Тема 4. Плазмонний нанолазер: сучасний стан і перспективи.** Плазмонний нанолазерний резонатор. Активне середовище плазмонного нанолазера. Характеристики плазмонного нанолазера. 3D, 2D, 1D плазмонний нанолазер — експериментальна реалізація. Порівняння фотонних і плазмонних нанолазерів.

**Тема 5. Маскування матеріальних тіл.** Маскування, що засноване на явищі хвильового обтікання. Маскування, що засноване на компенсації розсіювання. Інші принципи маскування. Обмеження, що накладаються на маскуючі покриття.

**Тема 6. Метаповерхні.** Теоретичні основи фізики метаповерхні: новий погляд на рівняння Максвелла. Експериментальні реалізації радіаційного контролю з потужністю метаповерхні. Застосування метаповерхні.

**Тема 7. Фазові сингулярності та оптичні вихори у фотоніці.** Спекл-поля: виникнення фазових сингулярностей у випадково-неоднорідних середовищах. Формування оптичних вихорів на виході з лазерного резонатора. Методи голографії на формування оптичних вихорів. Спіральні фазові пластинки. Спін-орбітальна взаємодія для формування

оптичних вихорів. Плазмонні генератори оптичних вихорів. Інтегральні оптичні генератори оптичних вихорів та вихрові мікролазери. Взаємодії інтенсивних вихрових пучків з нанорозмірними структурами та матеріалами.

**Тема 8. Оптичні наноантени.** Принцип дії та основні характеристики оптичних наноантен. Металеві наноантени. Діелектричні наноантени. Застосування оптичних наноантен.

**Тема 9. Металінзи для отримання зображень із субхвильовою роздільною здатністю.** Псевдолінза Веселаго-Пендрі та супер лінза Пендрі. Суперлінзи на середовищах із граничною оптичною анізотропією. Металінзи з субхвильовим фокусуванням та субхвильовим дозволом на основі метаповерхонь. Металінзи з субхвильовим дозволом на основі каламутних середовищ.

**Тема 10. Застосування лазерів у нанотехнологіях.** Методи отримання наночастинок та наноматеріалів. Отримання наночастинок та наноструктур методом лазерної абляції. Оптична лазерна нанолітографія. Лазерна інтерференційна літографія. Лазерна наносферна літографія. Лазерна нанодруківана літографія. Лазерна скануюча нанолітографія в режимі ближнього поля.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п,с	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
Тема 1. Терагерцеві технології та їх застосування.		3	2			10
Тема 2. Двовимірна графенова електроніка: стан та перспективи.		3	1			10
Тема 3. Дослідження всесвіту методами радіоастрономії.		3	2			10
Тема 4. Плазмонний нанолазер: сучасний стан і перспективи.		3	2			15
Тема 5. Маскування матеріальних тіл.		3				15
Тема 6. Метаповерхні.		3	2			15
Тема 7. Фазові сингулярності та оптичні вихори у фотоніці		3	2			15
Тема 8. Оптичні наноантени.		3				15
Тема 9. Металінзи для отримання зображень із субхвильовою роздільною здатністю.		3	2			15
Тема 10. Застосування лазерів у нанотехнологіях.		3	2			15
<b>Усього</b>	<b>180</b>	<b>30</b>	<b>15</b>			<b>135</b>

<b>ГОДИН</b>						
--------------	--	--	--	--	--	--

#### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Терагерцеві технології та їх застосування.	2
2	Тема 2. Двовимірна графенова електроніка: стан та перспективи.	1
3	Тема 3. Дослідження всесвіту методами радіоастрономії.	2
4	Тема 4. Плазмонний нанолазер: сучасний стан і перспективи.	2
5	Тема 6. Метаповерхні.	2
6	Тема 7. Фазові сингулярності та оптичні вихори у фотоніці	2
7	Тема 9. Металінзи для отримання зображень із субхвильовою роздільною здатністю.	2
8	Тема 10. Застосування лазерів у нанотехнологіях.	2
	Разом	15

#### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Гіротрони.	10
2	Тема 2. Планарні гетероструктури	10
3	Тема 3. Радіоінтерферометрія з наддовгою базою	10
4	Тема 4. Оптичні нанорезонатори	15
5	Тема 5. Надточні стандарти частоти: стан та перспективи	15
6	Тема 6. Квантові технології: проблеми та перспективи	15
7	Тема 7. Формування оптичних вихорів за допомогою метаповерхонь	15
8	Тема 8. Нелінійні оптичні наноантени.	15
9	Тема 9. Гиперлінзи	15
10	Тема 10. Наносферична літографія кутової роздільної здатності.	15
	Разом	<b>135</b>

#### 6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

#### 7. Методи навчання

Курс побудовано на лекційних заняттях, що знайомлять аспірантів з теоретичним матеріалом, Питання для теоретичного опитування, завдання для самостійної роботи аспірантів 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 заняттях і самостійну роботу  
Підсумковий контроль – залікова робота (60 балів).

## 9. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота								Залікова робота	Сума
Розділ 1									
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	60	100
5	5	5	5	5	5	5	5		

Розділ зараховується аспіранту, якщо він набирає не менш 50 % можливих балів за тему. Аспірант допускається до заліку, якщо всі розділи зараховані. Аспірант не допускається до заліку, якщо набирає протягом семестру менше 10 балів. Аспіранти 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 виконання залікового білету 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	1-10	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	11-20	Наведено лише загальні відомості	Додатково до п.2 вказано метод розв'язання задачі
4	21-30	Наведено нечітку відповідь	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі допущено грубі помилки
5	31-40	Наведено відповідь з незначними помилками	Додатково до п.3 при правильному виборі методу розв'язання задачі не доведено до кінця
6	41-50	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 формулі і на тому припинено розв'язання
7	51-60	Повна бездоганна відповідь	Здобуто правильну кінцеву формулу та проведено її аналіз,



		перевірку на розмірність, вірно визначено числове значення
--	--	--

2. . Загальна оцінка залікової роботи за 60-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. Григоруk, А. І. Іванісік, П. А. Коротков. - К. : Віпол, 2004. - 297 с. .
2. Експериментальна лазерна оптика : підручник / В. І. Григоруk, 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. Григоруk, П. А. Коротков, А. І. Хижняк. - 2-е вид. - К. : "МП Леся", 1999. - 526 с.

### Допоміжна література

1. Rieh J. S. Introduction to terahertz electronics. Springer. New York, NY, USA, 2021. - 575 p.
2. Fundamentals of Terahertz Devices and Applications. Editor: Dimitris Pavlidis. Wiley; 2021.- 576 p.
3. Physics and Applications of THz Radiation. Editor(s): Matteo Perenzoni • Douglas J. Paul. Springer, 2014 - 413 p
4. Dhilon S. S. The 2017 terahertz science and technology roadmap. Journal of Physics D: Applied Physics. 2017. Vol. 50, No. 4. Art. 043001.
5. Valusis G. Roadmap of terahertz imaging 2021. Sensors. 2021. Vol. 21, No. 12. Art. 4092.

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

1. Handbook of Lasers Marvin J. Weber Ph.D. Lawrence Berkeley National Laboratory University of California Berkeley, California  
<https://www.crcpress.com/Handbook-of-Lasers/Weber/p/book/9780849335099>
2. Lee.J. Principles of Terahertz Science and Technology  
<https://www.springer.com/gp/book/9780387095394>

