

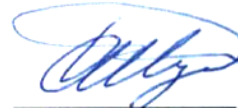
Міністерство освіти і науки України

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

**Сучасні проблеми квантової радіофізики**

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

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

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником  
проектної групи) \_\_\_\_\_  
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 “ 28 ” червня 2023 року № 6

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

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

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Сучасні проблеми квантової радіофізики

»

складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

магістр

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напрямку) 105 Прикладна фізика та наноматеріали

освітня програма радіофізика та електроніка

спеціалізація

### **1. Мета та завдання навчальної дисципліни .**

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є

Знайомство студентів ,що спеціалізуються в галузі квантової радіофізики з сучасними дослідженнями та найбільш значущими досягненнями за останні 30 років .

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Знайомство з проблемою ТГЦ, новітніми методами широкодіапазонної спектроскопії та ідеями створення надчутливих приладів на базі нового типу речовини – атомів в рідбергівському стані.

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) знання сучасного стану, тенденцій розвитку і найвагоміших нових наукових досягнень в галузі прикладної фізики та наноматеріалів, а також у суміжних галузях (ФК-1);
  - 2) 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);
  - 3) здатність та навички ефективного практичного застосовування методів аналізу та математичного моделювання з використанням комп'ютерних технологій в практичній роботі та дослідженнях (ФК-3);
  - 4) 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);
  - 5) 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);
  - 6) навички підготовки та виконання науково-дослідних проектів та робіт, планування, проектування та виконання експериментів (ФК-6);
  - 7) здатність засвоювати та об'єктивно оцінювати наукові результати, вміння готувати оприлюднення наукових результатів у вигляді друкованої статті, усної доповіді, презентації (ФК-7);
  - 8) 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);
  - 9) 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);
  - 10) 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 - 5

1.4. Загальна кількість годин -150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна / за вибором

Денна форма навчання Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
2-й
Лекції
32 год.
Практичні, семінарські заняття
16 год
Лабораторні заняття
Самостійна робота
102 год.
Індивідуальні завдання
год.

#### 1.6. Заплановані результати навчання

Як результат навчання студенти повинні:

знати: стан сучасних досліджень і найбільш значущі досягнення за останні 30 років в галузі квантової радіофізики;

вміти: робити розрахунки параметрів приладів з граничною чутливістю.

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'язання 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**

- Тема 1. Введення. Історія розвитку квантової радіофізики за останні 30 років.**  
Нобелівські премії за роботи в галузі квантової радіофізики. Розвиток лазерів субміліметрового діапазону довжин хвиль на кафедрі квантової радіофізики ХНУ. Роботи кафедри в галузі спектроскопії атомів в рідбергівських станах.
- Тема 2. Квантова радіофізика та проблема ТГЦ.**  
Нові методи генерації широкопasmового та вузькопasmового випромінювання в ТГЦ – діапазоні.
- Тема 3. Квантова радіофізика та проблема ТГЦ.**  
Новітні методи детектування випромінювання в ТГЦ – діапазоні.
- Тема 4. Квантова радіофізика та проблема ТГЦ.**  
Широкодiапазонна спектроскопія.
- Тема 5. ТГЦ – методи моніторингу навкілля та боротьби з тероризмом.**
- Тема 6. Рідбергівські атоми –речовина з новими унікальними властивостями.**  
Методи отримання високо збуджених атомів та ідеї по використанню їх для побудови приладів нового покоління з рекордними параметрами по чутливості.
- Тема 7. Лазерні методи охолодження речовини.**  
Використання холодних атомів в лазерних комп'ютерах та стандартах частоти.
- Тема 8. Нові ідеї побудови с квантових стандартів частоти з стабільністю до  $10^{19}$ .**

### 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
Тема 1. Введення.	6	2				4
Тема 2. Проблема ТГЦ. Генерування широкодіапазонного випромінювання.	17	5				12
Тема 3. Проблема ТГЦ. Детектування широкодіапазонного випромінювання електромагнітним полем.	16	4				12
Тема 4. Проблема ТГЦ. Широкодіапазонна спектроскопія	16	4				12
Тема 5 ТГЦ – методи моніторингу навкілля та боротьби з тероризмом.	16	4				12
Тема 6. Рідбергівські атоми	17	5				12
Тема 7. Лазерні методи охолодження речовини.	16	4				12
Тема 8. Новітні стандарти частоти.	16	4				12
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>32</b>				<b>88</b>

### 4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Взаємодія терагерцевого випромінювання з речовиною	2
2	Квантові джерела терагерцевого випромінювання	2
3	Надпровідні джерела терагерцевого випромінювання	2
4	Випромінювачі з лазерним накачуванням	2
5	Діодні джерела ТГц-випромінювання	2
6	Джерела ТГц-випромінювання на транзисторах	2
7	Релятивістські джерела випромінювання	2
8	Детектори терагерцевого випромінювання	2
	Разом	<b>16</b>

## 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи: робота з літературою	Кількість годин
1	Тема 1. Квантова радіофізика, проблеми медицини і біофізики.	12
2	Тема 2. Квантова радіофізика і проблема «терагерц», проблема термоядерного синтезу	14
3	Тема 3. Квантова радіофізика і проблеми астрофізики	12
4	Тема 4. Квантова радіофізика і проблеми перегріву Землі.	12
5	Тема 5. Квантова радіофізика і проблема «зоряних воєн».	12
6	Тема 6. Рідбергівські атоми - основа приладів квантової радіофізики нового покоління	12
7	Тема 7. Проблема лазерного охолодження речовини.	14
8	Тема 8. Квантова радіофізика і проблема створення нових стандартів частоти	14
	Разом	<b>102</b>

## 6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

## 7. Методи навчання

Курс побудовано на лекційних заняттях, що знайомлять студентів з теоретичним матеріалом, та з практичних занять, що складаються з трьох частин: 1) усне опитування по теоретичному матеріалу; 2) перевірка домашнього завдання; 3) розв'язання типових задач за темою, що вивчається. На самостійну роботу виведено низку питань, що стосуються змісту курсу, що вивчається, але не входять до лекцій та практичної роботи.

## 8. Методи контролю

Поточний контроль включає роботу на практичних заняттях, самостійну роботу і виконання домашніх завдань.

Підсумковий контроль – залік (40 балів).

## 9. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота								Разом	Залікова робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	60	40	100
8	6	8	8	8	8	6	6			



Розділ зараховується студентові, якщо він набирає не менш 50 % можливих балів за тему. Студент допускається до заліку, якщо всі розділи зараховані та здано звіт за лабораторними роботами. Студент не допускається до заліку, якщо набирає протягом семестру менше 10 балів (з урахуванням оцінки звіту за лабораторними роботами). 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. Термін і порядок ліквідації заборгованостей установлюється викладачем

### 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 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. 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>