**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем**

**Кафедра квантової радіофізики та наноелектроніки**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**
Декан

___________ Андрій НЕТРЕБА

« ____ » ___________ 2023 року

# РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## Семінар з квантової та мікрохвильової електроніки

**для студентів**

| | |
|---|---|
| галузь знань | 10 Природничі науки |
| спеціальність | 105 Прикладна фізика та наноматеріали |
| рівень вищої освіти | другий освітньо-науковий (магістр) |
| освітньо-наукова програма | Прикладна фізика та наноматеріали |
| вид дисципліни | вибіркова |

| | |
|---|---|
| Форма навчання | очна |
| Навчальний рік | 2024/2025 |
| Семестр | 3 та 4 |
| Кількість кредитів ECTS | 6 |
| Мова викладання | українська |
| Форма заключного контролю | залік |

**Викладач**:
Карлаш Ганна Юріївна, кандидат фізико-математичних наук, завідувач кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. ___________ ( _______________ ) « ___ » _________ 20__ р.

на 20__/20__ н. р. ___________ ( _______________ ) « ___ » _________ 20__ р.

**Розробник:**

**Карлаш Ганна Юріївна**, кандидат фізико-математичних наук, завідувач кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

**Нечипорук Олексій Юрійович,** кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

**«ЗАТВЕРДЖЕНО»**

Завідувач кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

__________________________ Ганна КАРЛАШ

Протокол № __ від « ___ » ________ 2023 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп’ютерних систем

Протокол № ___ від « ___ » _____________ 2023 р.

Голова науково-методичної комісії Сергій РАДЧЕНКО

« ___ » _____________ 2023 року.

# ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – знайомити студентів із основними напрямами сучасної квантової радіофізики та найбільш актуальними проблемами.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

Навчальна дисципліна “ Семінар з квантової радіофізики” спирається на знання та навички, набуті студентами на 1 - 4 курсах ОР “бакалавр”, першого року навчання за ОР «магістр після прослуховування навчальних курсів “Диференціальні рівняння та теорія ймовірності”, “Молекулярна фізика”, “Оптика”,. “Квантова механіка”, “Атомна фізика”, “Коливання та хвилі”, “Іноземна мова”, «Електродинаміка»

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

Предмет навчальної дисципліни передбачає розгляд: елементів акустоелектроніки, спінхвильової електроніки, фізики та техніки магнетизму, взаємодії мікрохвильового випромінювання з середовищами, розробки елементної бази для електроніки в пристроях обробки сигналів в оптичному та мікрохвильовому діапазонах. У ході навчання студенти роблять огляд наукової літератури з тем, обраних з наданого переліку або за вільною темою, узгодженою з викладачем, та готують відповідну тематичну наукову доповідь на семінарі.

**4. Завдання навчальної дисципліни (навчальні цілі):**

1. У результаті вивчення дисципліни студент повинен навчитися шукати та систематизувати наукову літературу (у тому числі англомовну) за обраною тематикою з області квантової радіофізики.
2. Навчитися готувати доповіді, презентації та проводити їх публічне обговорення та захист; навчитися грамотно вести дискусію та опонувати.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

*Загальні компетенції*

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.;

ЗК 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.;

ЗК 3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.;

ЗК 4. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.;

ЗК 5. Здатність спілкуватися іноземною мовою.;

ЗК 6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.;

ЗК 7. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.;

ЗК 9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.;

ЗК 11. Здатність працювати в команді.;

ЗК 12. Навички міжособистісної взаємодії.;

ЗК 13. Здатність працювати автономно.;

*Фахові компетенції*

ФК 1. Здатність брати участь у складанні запитів на виконання наукових та науково-технічних проектів, в тому числі і міжнародних.;

ФК 2. Здатність брати участь у плануванні методики проведення та матеріального забезпечення експериментів та лабораторних досліджень.;

ФК 4. Здатність брати участь у виготовленні зразків матеріалів та об'єктів дослідження.;

ФК 6. Здатність брати участь у обробленні та оформленні результатів експерименту.;

ФК 8. Здатність брати участь у формуванні запитів щодо матеріально-технічного забезпечення досліджень.;

ФК 11. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання для опису фізичних об'єктів, пристроїв та процесів.;

ФК 12. Здатність використовувати знання про фізичну природу об'єктів у роботах по створенню нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів і речовин, зокрема, наноматеріалів.;

ФК 13. Здатність брати участь у роботах зі складання наукових звітів та у впровадженні результатів проведених досліджень та розробок.;

## 5. Результати навчання за дисципліною:

| Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність) | | Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання | Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності) | Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни |
|---|---|---|---|---|
| Код | Результат навчання | | | |
| **1** | студент повинен **знати**: | | | до 60 |
| 1.1 | Загальні основи фізичних основ акустоелектроніки. | Семінарські заняття використанням медійних та дистанційних технологій | доповіді студентів з використанням медійних та дистанційних технологій | 15 |
| 1.2 | Базові підходи до фізичних основ спінхіильової електродинаміки та електроніки. | Семінарські заняття використанням медійних та дистанційних технологій | доповіді студентів з використанням медійних та дистанційних технологій | 15 |
| 1.3 | Фізичні основи та параметри взаємодії мікрохвильового випромінювання з середовищами. | Семінарські заняття використанням медійних та дистанційних технологій | доповіді студентів з використанням медійних та дистанційних технологій | 15 |
| 1.4 | Методи розробки елементної бази для електроніки в пристроях обробки сигналів в оптичному та мікрохвильовому діапазонах | Семінарські заняття використанням медійних та дистанційних технологій | доповіді студентів з використанням медійних та дистанційних технологій | 15 |
| **2** | студент повинен **вміти**: | | | до 20 |
| 2.1 | Порівнювати параметри класичних та квантових матеріалів нового покоління. | Семінарські заняття використанням медійних та дистанційних технологій | доповіді студентів з використанням медійних та дистанційних технологій | 10 |
| 2.2 | Вміти систематизувати та аналізувати наукову літературу з квантової радіофізики та представляти результати аналізу. | Семінарські заняття використанням медійних та дистанційних технологій | доповіді студентів з використанням медійних та дистанційних технологій | 10 |
| **3** | **комунікація:** | | | до 10 |
| 3.1 | Здатність ефективно доносити власну думку до співбесідника під час дискусії з науково-технічної тематики | Семінарські заняття використанням медійних та дистанційних технологій | доповіді студентів з використанням медійних та дистанційних технологій | 5 |
| 3.2 | Здатність до корельованого докладання зусиль під час виконання масштабних виробничих командних проектів в галузі квантової радіофізики | Семінарські заняття використанням медійних та дистанційних технологій | доповіді студентів з використанням медійних та дистанційних технологій | 5 |
| 4 | **автономність та відповідальність:** | | | до 10 |
| 4.1 | Здатність до індивідуальної роботи за власною науковою тематикою | Самостійна робота студентів, консультації, обговорення на семінарах | доповіді студентів з використанням медійних та дистанційних технологій | 5 |
| 4.2 | Здатність до самостійного пошуку науково-технічних публікацій присвячених фізичним принципам функціонування матеріалів та приладів квантової радіофізики | Самостійна робота студентів, консультації, обговорення на семінарах | доповіді студентів з використанням медійних та дистанційних технологій | 5 |

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами:

| Програмні результати навчання | Результати навчання дисципліни | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 2.1 | 2.2 | 3.1 | 3.2 | 4.1 | 4.2 |
| ПРН 1. Глибокі знання в галузі сучасної прикладної фізики і фізики наноматеріалів. | + | + | + | + | + | + | | | | |
| ПРН 4. Знання іноземної мови. | | + | | | | + | | + | | |
| ПРН 5. Знання етичних та соціально-економічних основ сучасного суспільства. | | | + | | | | | + | | |
| ПРН 6. Знаходити і аналізувати науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій. | + | + | | | + | | | | + | + |
| ПРН 8. Знаходити прогресивні та інноваційні рішення проблем і завдань при виконанні науково-технічних проектів;. | | | | | | + | + | + | | + |
| ПРН 10. Оцінювати важливість матеріалів для досягнення цілей наукового дослідження в галузі прикладної фізики. | | | + | | + | + | | + | + | + |
| ПРН 12. Інтерпретувати науково-технічну інформацію. | + | | | | | + | | | | |
| ПРН 13. Представляти і захищати отримані наукові і практичні результати в усній та письмовій формі. | + | + | | | + | | | + | | + |
| ПРН 14. Використовувати сучасні методи і технології наукової комунікації українською та іноземними мовами. | | | | | | | + | + | + | + |
| ПРН 15. Розробляти та формулювати свої професійні висновки та розумно їх аргументувати для фахової та нефахової аудиторії. | | | | | | | + | + | + | + |
| ПРН 17. Об’єктивна самооцінка отриманих результатів та спроможність забезпечувати їх надійність. | | | | | + | | + | + | + | |
| ПРН 18. Розв'язувати складні наукові, дослідницькі та інженерно-технічні задачі в області прикладної фізики та фізики наноматеріалів, які вимагають поглиблених знань у галузі фізики, математики, комп'ютерних технологій. | | | | | + | + | | + | + | + |

## 7. Схема формування оцінки

### 7.1. Форми оцінювання

Рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами оцінювання: доповідей за визначеними науковими темами, відповідями на поставлені запитання, підготовкою проекту-пропозиції англійською мовою. Внесок результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні:

- результати навчання 1.1 – 1.4 [**знання**] – до 60 %;
- результат навчання 2.1, 2.2 [**вміння**] – до 45%;
- результат навчання 3.1, 3.2 [**комунікація**] – до 10%;
- результат навчання 4.1, 4.2 [**комунікація**] – до 10%;

Форми оцінювання студентів:

**семестрове оцінювання**: контроль здійснюється за таким принципом.

1. 2 доповіді студента в академічній групі з тем 1-5: РН 1.1-2, РН 2.1, РН 3.1, РН 4.1 – 30 балів.

2. 2 доповіді студента в академічній групі з тем 6-10: РН 1.3-4, РН 2.2, РН 3.2, РН 4.2 – 30 балів.

3. Підготовка 2-х проектів-пропозицій за темою курсу (англійською мовою): РН 1.1-4, РН 2.1, РН 3.1, РН 4.1

**підсумкове оцінювання (у формі заліку):** форма заліку – письмово-усна. Всього за залік можна отримати від 0 до 30 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, при цьому, оцінка за залік не може бути меншою **14 балів.**

**умови допуску до підсумкового заліку:** умовою допуску до заліку є отримання студентом сумарно не менше, ніж *критично-розрахунковий мінімум* за семестр – **46 балів**.

**7.2. Організація оцінювання;**

*Оцінювання за формами контролю:*

| Семестрова робота | Кількість балів | |
|---|---|---|
| | Min. балів | Max. балів |
| 1-а доповідь студента в академічній групі | 16 | 25 |
| 2-а доповідь студента в академічній групі (у т.ч. англ. мовою) | 16 | 25 |
| Підготовка проекту-пропозиції (англ. мовою) | 14 | 20 |

*Орієнтований графік оцінювання:*

| Форма оцінювання | Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання |
|---|---|
| 1-2 Доповіді студента в академічній групі | вересень-листопад |
| Підготовка проекту-пропозиції | вересень-грудень |
| Залік 1 | грудень |
| 3-4 доповідь студента в академічній групі | лютий-квітень |
| Підготовка проекту-пропозиції | лютий-квітень |
| Залік 2 | травень |

*Розрахунок балів, які отримують при успішній здачі заліку:*

| Значення | Семестр | Залік | Підсумкова оцінка |
|---|---|---|---|
| Мінімум | 46 | 14 | 60 |
| Максимум | 70 | 30 | 100 |

7.3. Шкала відповідності оцінок

| Оцінка (за національною шкалою) / National grade | Рівень досягнень, % / Marks, % |
|---|---|
| **Зараховано** / Accepted | 90-100% |
| | 75-89% |
| | 60-74% |
| **Не зараховано** / Not Accepted | 0-59% |

**8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план практичних занять**

| № з/п | Назва теми | У тому числі - кількість годин | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Лекції | Семінари | Самостійна робота |
| | **Змістовний модуль 1 (3 семестр)** | | | |
| 1 | Основи квантової оптики та інформатики | | 6 | 12 |
| 2 | Лазерна фізика та взаємодія випромінювання з середовищем | | 6 | 12 |
| 3 | Лазерне керування у багатовимірних квантових системах | | 4 | 10 |
| 4 | Фізичні основи та реалізація сучасних матеріалів та пристроїв для фотоніки та оптоелектроніки | | 4 | 12 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | Розробка новітніх матеріалів пристроїв для оптичних та квантових інформаційних систем | | 8 | 15 |
| **Всього ЗМ1** | | | **28** | **61** |
| | **Змістовний модуль 2 (4 семестр)** | | | |
| 6 | Фізичні основи та реалізація систем квантової криптографії. Квантовий інтернет | | 6 | 12 |
| 7 | Нелінійна оптика та спектроскопія | | 6 | 11 |
| 8 | Нано- та фемтосекундна оптика. Нанофотоніка та фемтофотоніка | | 6 | 14 |
| 9 | НВЧ електроніка | | 4 | 12 |
| 10 | Пристрої спінхвильової електроніки в см- та мм-діапазонах частот. | | 6 | 12 |
| **Всього ЗМ2** | | | **28** | **61** |
| **Всього** | | | **56** | **122** |

Загальний обсяг **180** год., в тому числі:
Семінари **56** год.
Консультації **2** год.
Самостійна робота **122** год.

**9. Рекомендована література:**


1. Khalil Zakeri Lori - Magnonic crystals: Towards terahertz frequencies - April 2020, Journal of Physics Condensed Matter 32(36), DOI:10.1088/1361-648X/ab88f2
2. Khalil Zakeri - Elementary spin excitations in ultrathin itinerant magnets - , August 2014, Physics Reports 545(2), DOI:10.1016/j.physrep.2014.08.001
3. Khalil Zakeri - Probing of the interfacial Heisenberg and Dzyaloshinskii-Moriya exchange interaction by magnon spectroscopy - November 2016, Journal of Physics Condensed Matter 29(1):013001, DOI:10.1088/0953-8984/29/1/013001
4. Doried Ghader, Antoine Khater - Theory for the spin dynamics in ultrathin disordered binary magnetic alloy films: Application to cobalt-gadolinium - March 2019, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 482:88-98, DOI:10.1016/j.jmmm.2019.03.006
5. Doried Ghader - Insights on magnon topology and valley-polarization in 2D bilayer quantum magnets - May 2021, New Journal of Physics 23:053022, DOI:10.1088/1367-2630/abfa62
6. Leila Ferrah, Boualem Bourahla, Salah Blizak - Modeling and Simulation of Magnons Scattering Across Shear Spins in Multilayered Ferromagnetic Slabs - November 2021, SPIN 11(04), DOI:10.1142/S2010324721500284
7. Lei Zheng, Lichuan Jin, Tianlong Wen, Yulong Liao, Xiaoli Tang, Huaiwu Zhang, Zhiyong Zhong - Spin wave propagation in uniform waveguide: effects, modulation and its application - Submitted on 28 Sep 2021, Applied Physics , arXiv:2109.13464
8. Victor Laliena, Athanasios Athanasopoulos, and Javier Campo - Scattering of spin waves by a Bloch domain wall: Effect of the dipolar interaction - Phys. Rev. B 105, 214429 – Published 23 June 2022
9. M. A. Mironov, Vladimir Pislyakov - One-dimensional acoustic waves in retarding structures with propagation velocity tending to zero - May 2002, Acoustical Physics 48(3), DOI:10.1134/1.1478121
10. T. DEVAUX , H. TOZAWA, P.OTSUKA, S. MEZIL, M. TOMODA, O. MATSUDA, E. BOK, S. H. LEE, O. B. WRIGHT - Giant extraordinary transmission of acoustic waves through a nanowire - SCIENCE ADVANCES, 6 Mar 2020, Vol 6, Issue 10, DOI:0.1126/sciadv.aay8507
11. Zhanhang Du and Jun Mei - Metagrating-based acoustic wavelength division multiplexing enabled by deterministic and probabilistic deep learning models - Phys. Rev. Research 4, 033165 (2022) – Published 29 August 202

12. В процесі підготовки проекту-пропозиції студенти самостійно здійснюють пошук нещодавно опублікованої англомовної фахової інформації в мережі інтернет на тематикою, заданою викладачем.

Short glossary of terms in Laser Physycs

**AMPLIFICATION:** The growth of the radiation field in the laser resonator cavity. As the light wave bounces back and forth between the cavity mirrors, it is Amp stimulated emission on each pass through the active medium.

**AUTOCOLLIMATOR:** A single instrument combining the functions of a telescope and a collimator to detect small angular displacements of a mirror by means of its own collimated light.

**COHERENT LIGHT, COHERENT RADIATION:** Radiation composed of wavetrains vibrating in phase with each other. Simply expressed: parallel rays of light.

**DEPTH OF FIELD:** The working range of the beam, a function of wavelength, diameter of the unfocused beam, and focal length of the lens. To achieve a small diameter spot size, and thus a high power density, a short depth of field must be accepted.

**ENHANCED PULSING:** Electronic modulation of a laser beams to produce high peak power at the initial stage of the pulse. This allows rapid vaporization of the material without heating the sur- rounding area. Such pulses are many times the peak power of the CW mode.

**FOLDED RESONATOR:** Construction in which the interior optical path is bent by mirrors mounted on corner blocks bolted into pre-aligned position, permitting compact packaging of a long laser cavity.

**GAS DISCHARGED LASER:** An assisting coaxial gas, such as oxygen, argon, or nitrogen, which may be used to achieve very high power levels for cutting certain metals.

**MODE:** A particular functioning arrangement, setup, or condition for laser operation, such as continuous emission, pulses, or grouped pulses. "Mode" also described the cross-sectional shape of the beam. (See "TEM.")

**MODULATION:** The ability to super impose an external signal on the output beam of the laser as a control.

**OPTICAL FIBER:** Filament of quartz or other optical material capable of trans- mitting light along its conformation and emitting it at the end.

**OPTICAL PUMPING:** Exciting the lasing medium by the application of light rather than electrical discharge from anode and cathode.

**POPULATION INVERSION:** When more molecules (atoms, ions) in a laser are in a meta stable state than in the ground state (a situation needed for sustaining a high rate of stimulated emissions), a "population inversion"issaidto exist. Without a population inversion, there can be no lasing action.

**Q-SWITCH:** A device that has the effect of a shutter moving rapidly in and out of the beam to "spoil" the resonator's normal Q, keeping it low and preventing lasing action until a high level of energy is stored. Result: A huge pulse of power when normal Q is restored.

**STIMULATED EMISSION:** When an atom, ion, or molecule capable of lasing is excited to a higher energy level by an electric charge or other means, it will spontaneously emit a photon as it decays to the normal ground state. If that photon passes near another atom of the same frequency which is also at some meta stable energy level, the second atom will be stimulated to emit a photon. Both photons will be of the same wavelength, phase, and spatial coherence. Light amplified in this manner is intense, coherent, and monochromatic. In short, laser light.

**TEM:** Abbreviation for "Transverse Electromagnetic Mode, "the cross-sectional shape of the working laser beam. An infinite number of shapes can be produced, but only a relatively small number are needed for industrial applications. In general, the higher the TEM, the coarser the focusing.

- TEM00– A Gaussian curve model that is the best collimated and produces the smallest spot of high power density for drilling, welding and cutting.
- TEM01– Divided into two equal beams for special applications.

Short vocabulary of optoelectronics and fiber optics

**Acousto-optical device (deflector, convertor, filter, modulator, switch)** – акустооптичний пристрій (дефлектор, перетворювач, фільтр, модулятор, перемикач)

**Amplified spontaneous emission** – підсилена спонтанна емісія

**Arrayed waveguide gratings –** матричні хвилеводні гратки
**Birefringent fiber (filter) –** волокно (фільтр) з подвійним променезаломленням
**CCD (Charge-Coupled-Device) camera (sensor, imaging) –** CCD камера -твердотільний електричний пристрій для перетворення оптичного сигналу на електричний
**Coaxial cable (connector, resonator, waveguide)** – коаксіальний кабель (конектор, резонатор, хвилевід)
**Coupled oscillator (resonator, waveguide, -cavity filter)** – зв'язаний осцилятор, резонатор, хвилевід, порожнинний фільтр
**Distributed Bragg reflector laser –** лазер з розподіленим брегівським рефлектором
**Distributed feedback laser –** лазер з розподіленим зворотнім зв'язком
**Electron beam pumping –** електронна накачка
**Fiber amplifier (bundle, cladding, laser, optic sensor) –** волоконний підсилювач (джгут, оболонка, лазер, оптичний сенсор)
**Gain guided laser –** лазер з керуванням підсилення
**Gain switching –** перемикання підсилення
**Holographic component (optical element, recording, storage)** – голографічний компонент (оптичний елемент, запис, збереження інформації)
**Magneto-optical modulation (recording) –** магніто-оптична модуляція (запис)
**Mode locked laser –** лазер з синхронізацією мод
**Multimode waveguide –** багатомодове оптоволокно
**Optical bistability** –оптична бістабільність
**Optical fiber amplifier (coupler, filter, laser)** – оптоволоконний підсилювач (муфта, фільтр, лазер)
**Optical fiber (dispersion, polarization) –** оптоволокно (дисперія, поляризація оптоволокна)
**Optical parametric amplifier (device, oscillator) –** оптичний параметричний підсилювач (пристрій, осцилятор)
**Optical saturable absorption –** оптичне насичуюче поглинання
**Optical wavelength conversion –** перетворення довжини хвилі
**Photoconducting device (switch) –** фотопровідний пристрій (перемикач)
**Polarization analyzer (modulation, transformation)** – поляризаційний аналізатор (модуляція, перетворення)
**Q switched laser –** лазер з модуляцією добротності
**Quantum cascade laser –** квантовий каскадний лазер
**Reflective coating (material) –** відбиваюче покриття
**Ridge waveguide –** гребневий хвилевід
**Thermo-optical device (effect) –** термооптичний пристрій (ефект)
**Vertical cavity laser –** лазер з вертикальним резонатором
**Waveguide attenuator (coupler, filter, laser, resonator)** – хвилевідний атенюатор (муфта, фільтр, лазер, резонатор)