

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА  
ШЕВЧЕНКА**

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

**Кафедра квантової радіофізики та наноелектроніки**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник декана з навчальної роботи

\_\_\_\_\_ Олексій НЕЧИПОРУК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**“Функціональна електроніка”**

**для студентів**

галузь знань	<b>10 Природничі науки</b>
спеціальність	<b>105 Прикладна фізика та наноматеріали</b>
рівень вищої освіти	<b>бакалавр</b>
освітньо-наукова програма	<b>“Еконофізика”</b>
вид дисципліни	<b>вибіркова</b>
Форма навчання	<b>денна</b>
Навчальний рік	<b>2022/2023</b>
Семестр	<b>6</b>
Кількість кредитів ECTS	<b>4</b>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<b>українська</b>
Форма заключного контролю	<b>іспит</b>

**Викладач:**

**Нечипорук Олексій Юрійович,**

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КИЇВ – 2022**

**Розробник:**

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

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Завідувач кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

\_\_\_\_\_ Ганна КАРЛАШ

Протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

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

Протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

Голова науково-методичної комісії

\_\_\_\_\_ Сергій РАДЧЕНКО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**1. Мета дисципліни “Функціональна електроніка”** – розгляд та дослідження основ поширення і застосування електромагнітних хвиль в широкому спектральному діапазоні, а також їх взаємодія із середовищами поширення, зокрема такими як тверді тіла та хвилеводні структури. Важливість дисципліни полягає також у засвоєнні методів використання цих хвиль у пристроях передачі та обробки сигналів у дециметровому, сантиметровому та міліметровому діапазонах довжин хвиль.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни “Функціональна електроніка”**

Ця навчальна дисципліна є частиною вибіркового блоку дисциплін та базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки бакалавра та магістра, а саме: “Електродинаміка”, “Диференційні рівняння”, “Електрика та магнетизм”, “Основи програмування”, “Програмування”.

Попередні вимоги:

*бакалавр повинен знати:* головні розділи загальної фізики та математичного аналізу, лінійну алгебру, програмування, числові методи та основи цифрової обробки сигналів на рівні бакалавра Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

*бакалавр повинен вміти:* вирішувати лінійні та нелінійні рівняння чисельними методами, використовувати математичні комп’ютерні програми (Matlab, Mathcad) на рівні бакалавра Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

Вивчення дисципліни “Функціональна електроніка” дозволяє засвоїти фундаментальні рівняння Максвелла, закони дисперсії та властивості поширення електромагнітного випромінювання в об’ємних та направляючих структурах, а також збудження та поширення поверхневих та об’ємних магнітостатичних спінових хвиль у багатошарових структурах та хвилеводах. У дисципліні докладно розглянуто процес розробки та створення пристроїв обробки сигналів у відповідних частотних діапазонах електромагнітних хвиль.

**4. Завдання (навчальні цілі):**

Надати основні відомості курсу “Функціональна електроніка”, які складають важливу частину загально-фізичної та інженерної підготовки студента-бакалавра за спеціальністю “Прикладна фізика та наноматеріали”, а саме:

1. Узагальнити та розширити відомі поняття курсів “Електродинаміка”, “Диференціальні рівняння”, “Електрика та магнетизм”, “Основи програмування”, простежити взаємозв’язок об’єктів досліджень електромагнітної теорії з іншими компонентами підготовки; продемонструвати застосування теоретичних відомостей до розв’язання практичних та експериментальних завдань.

2. Навчити застосовувати знання, уміння, навички використання інформаційних і комунікаційних технологій у професійній діяльності, розвивати аналітичне мислення.

3. Навчити застосовувати знання та уміння у моделюванні для розробки й реалізації відповідних пристроїв, систем, комплексів передачі сигналів та інформаційних систем.

4. Прищепити вміння розв’язувати прикладні задачі методами теорії, розглянутої в курсі “Функціональна електроніка”.

**Забезпечити досягнення компетентностей:**

ЗК-2 Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її 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.

ЗК-5 Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК-7 Навички використання інформаційних та комунікаційних технологій.

ЗК-8 Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ФК-2 Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.

ФК-7 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії, економіки та комп'ютерних технологій.

ФК-8 Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем, для пошуку методів можливих рішень задач у галузі економіки.

ФК-9 Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.

## 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			
<b>1</b>	студент повинен <b>знати</b> :	лекційні заняття, заняття з використанням пакетів прикладних програм	письмові контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	до 45
1.1	Загальні основи функціональної електроніки	==	==	
1.2	Основні конструкції різних типів пристроїв функціональної електроніки	==	==	
1.3	Основні алгоритми обробки результатів вимірювань	==	==	
<b>2</b>	студент повинен <b>вміти</b> :	==	==	до 45
2.1	Розраховувати дисперсійні співвідношення для різних типів магнітостатичних хвиль	==	==	
2.2	Надавати практичні рекомендації щодо конструювання пристроїв функціональної електроніки	==	==	
2.3	Використовувати засоби автоматизації вимірювань з використанням програмних засобів та пакетів прикладних програм	==	==	
<b>3</b>	<b>Комунікація</b>	==	==	до 5
3.1	Здатність ефективно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування	==	==	
3.2	Здатність бути відповідальним за внесок в роботу команди при вирішенні проблеми	лекційні заняття з використанням роботи у підгрупах	оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	
<b>4</b>	<b>автономність та відповідальність</b>	лекційні заняття, заняття з використанням математичних пакетів	письмові контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	до 5
4.1	самостійність у навчанні та/або професійній діяльності	==	==	
<b>ВСЬОГО</b>				100

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання**

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1
<b>Програмні результати навчання (назва)</b>									
<b>ПРН 3.</b> Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації	+	+	+						
<b>ПРН 6.</b> Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні									+
<b>ПРН 10.</b> Вільно спілкуватися з професійних питань державною та англійською мовами усно та письмово							+		
<b>ПРН 12.</b> Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики.				+	+	+	+	+	+
<b>ПРН 13.</b> Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію.							+	+	+

## 7. Схема формування оцінки

**7.1. Форми оцінювання студентів:** рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами написання письмових контрольних робіт і за результатами виконання самостійних завдань. Вклад результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні і успішної здачі всіх лабораторних робіт наступний:

- результати навчання 1.1 – 1.3 [знання] до 45 %;
- результат навчання 2.1 – 2.3 [вміння] – до 45%;
- результат навчання 3.1 [комунікація] – до 5%;
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – до 5%;

Форми оцінювання студентів:

- **семестрове оцінювання:** контроль здійснюється за таким принципом. Навчальний семестр має два змістовних модулі. Після завершення теми №5 проводиться письмова модульна контрольна робота. Обов'язковим для допуску до заліку є написання модульної контрольної роботи з кількістю балів не менше 50.
- **підсумкове оцінювання (у формі іспиту):** форма іспиту – письмово-усна. Екзаменаційне завдання складається із 2 питань, питання оцінюються по 20 балів. Всього за заліку можна отримати від 0 до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів,
- **умови допуску до підсумкового іспиту:** умовою допуску до іспиту є отримання студентом сумарно не менше, ніж *критично-розрахунковий мінімум 36 балів* за семестр. Студенти, які протягом семестру сумарно набрали меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум **36 балів**, для одержання допуску до іспиту обов'язково повинні написати додаткову контрольну роботу.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті”

## 7.2. Організація оцінювання;

*Оцінювання за формами контролю:*

	<i>Min. – балів</i>	<i>3M</i> <i>Max. – балів</i>
Модульна контрольна робота	24	40
Виступ на семінарі	5	15
Виконання студентами самостійних робіт	5	15

*Орієнтовний графік оцінювання:*

	<i>Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання</i>
Модульна контрольна робота	Березень
Виступ на семінарі	Січень-червень
Виконання самостійних робіт	Січень-червень
Добір балів/додаткова контрольна робота та/або доскладання домашніх завдань	Червень
Іспит	Червень

*Розрахунок балів, які студент отримує при успішній здачі іспиту:*

	Змістовий модуль	Іспит	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	36	24	60
<b>Максимум</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

## 7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
<b>Відмінно / Excellent</b>	90-100%
<b>Добре / Good</b>	75-89%

<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74%
<b>Незадовільно / Fail</b>	0-59%

### 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ з/п	Назва теми	У тому числі		
		Лекції	Лабораторні заняття	Самостійна робота
1	Функціональна електроніка: основні уявлення та вихідні рівняння. Технології вирощування матеріалів функціональної електроніки	4	4	4
2	Магнітостатичні хвилі в ізольованому феритовому шарі	2	2	8
3	Магнітостатичні хвилі в багатошарових структурах	2	2	8
4	Релаксаційні процеси в матеріалах-носіях функціональної електроніки	2	2	8
5	Переваги використання магнітостатичних хвиль для обробки сигналів в см- та дм-діапазонах довжин хвиль	2	2	4
6	Основні елементи пристроїв на магнітостатичних хвилях	4	4	8
7	Фільтри на магнітостатичних хвилях	2	2	8
8	Лінії затримки на магнітостатичних хвилях	2	2	8
9	Резонатори на магнітостатичних хвилях	2	2	8
10	Конвольвери та генератори на магнітостатичних хвилях	2	2	8
11	Пристрої, побудовані на квазіоптичних принципах	2	2	8
<b>Всього</b>		<b>26</b>	<b>26</b>	<b>68</b>

Загальний обсяг **120** год., в тому числі:

Лекцій – **26**- год.

Лабораторні заняття – **26** год.

Консультації – **0** год.

Самостійна робота - **68** год.

### 9. Рекомендовані джерела:

#### Основні:

1. Сугаков В. Й. Електродинаміка – К. ВПЦ "Київський університет",: 1974.
2. Данилов В.В., Зависляк І.В., Нечипорук О.Ю. Спин-хвильова електродинаміка. К., ВПЦ "Київський університет", 2008.
3. Зависляк И.В., Тычинский А.В. Физические основы функциональной электроники. К., ВПЦ "Київський університет", 1989.

#### Додаткові:

4. Khalil Zakeri Lori - Magnonic crystals: Towards terahertz frequencies - April 2020, Journal of Physics Condensed Matter 32(36), DOI:10.1088/1361-648X/ab88f2
5. Khalil Zakeri - Elementary spin excitations in ultrathin itinerant magnets - , August 2014, Physics Reports 545(2), DOI:10.1016/j.physrep.2014.08.001

6. 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
7. 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
8. 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
9. 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
10. 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
11. 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

#### **10. Додаткові ресурси:**

1. Сайт Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.univ.kiev.ua/ua>.
2. Сайт факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rex.knu.ua/ua>.