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

Оптоелектроніка та волоконна оптика

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 **денна**
Навчальний рік **2023/2024**
Семестр **2**
Кількість кредитів ECTS **3**
Мова викладання, навчання
та оцінювання **українська**
Форма заключного контролю **іспит**

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

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. __________(___________) «__»___ 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. __________(___________) «__»___ 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2023

Розробник: Карлаш Ганна Юріївна, кандидат фізико-математичних наук, завідувач 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 року №___

Голова науково-методичної комісії _____________ Сергій РАДЧЕНКО

«_____» _________________ 2023 року

ВСТУП

1. Мета і завдання навчальної дисципліни «Оптоелектроніка та волоконна оптика»: ознайомлення студентів з фундаментальними принципами функціонування оптоелектронних пристроїв та оптичними методами обробки інформації, надання знань про сучасний стан оптоелектронних та волоконно-оптичних технологій. Ознайомлення з особливостями функціонування оптичних вимірювальних та обчислювальних пристроїв, систем реєстрації, запам'ятовування, обробки і передачі інформації. Надаються базові знання щодо сучасних здобутків в області оптичних інформаційних систем.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:
Навчальна дисципліна «Оптоелектроніка та волоконна оптика» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки бакалавра, а саме: "Оптика", "Електрика та магнетизм" "Атомна фізика", "Квантова механіка", "Статистична фізика" "Методи математичної фізики", "Електродинаміка"

Попередні вимоги:

студент повинен знати: основні закони, співвідношення та теорії хвильової та геометричної оптики, атомної фізики, квантової механіки, статистичної фізики.

студент повинен вміти: здійснювати постановку фізичних задач, ідентифікувати практично доцільні підходи до їхнього вирішення та використовувати необхідні в кожному конкретному випадку математичні методи.

3. Анотація навчальної дисципліни:
Розглядаються фундаментальні принципи функціонування оптоелектронних пристроїв, які використовуються в сучасних оптичних інформаційних системах (джерел випромінювання, фотоприймачів, датчиків, сонячних елементів тощо), способи математичної обробки та представлення оптичних сигналів. Описані фізичні властивості та технологія виготовлення оптичних волокон, розглянуто принципи побудови та архітектуру волоконно-оптичних мереж. Проведено аналіз принципів функціонування оптоелектронних обчислювальних систем та системи розпізнавання образів, а також голографічних систем запису та відображення інформації.

4. Завдання навчальної дисципліни (навчальні цілі):
1) надати студентам базові знання в області оптоелектроніки та волоконної оптики – фізичних принципів роботи та особливостей виготовлення та вдосконалення оптоелектронних пристроїв та оптоволоконних систем; такі знання є невід'ємною частиною підготовки магістра в галузі прикладної фізики та нанотехнологій;
2) розвивати у студентів науковий стиль мислення для свідомого його застосування при поясненні різноманітних фізичних явищ;
3) навчити студентів самостійно і творчо працювати, орієнтуватись у основних проблемах сучасної фізики та наукових підходах до їх розв'язання, використовуючи отримані знання з фізики.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:
Загальні компетентності
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 9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.;

Фахові компетентності
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 3. Здатність брати участь у проведенні експериментальних досліджень властивостей фізичної системи, фізичних явищ і процесів.;
ФК 4. Здатність брати участь у виготовленні зразків матеріалів та об'єктів дослідження.;
ФК 5. Здатність брати участь у розробці схем фізичних експериментів та обранні необхідного обладнання та пристроїв для проведення експерименту.;
ФК 6. Здатність брати участь у обробленні та оформленні результатів експерименту.;
ФК 7. Здатність брати участь в роботі колективів виконавців, у тому числі у міждисциплінарних проектах.;
ФК 8. Здатність брати участь у формуванні запитів щодо матеріально-технічного забезпечення досліджень.;
ФК 9. Здатність до постійного поглиблення знань в галузі прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.;
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**:	*лекція*	Усний колоквіум, доповіді та презентації, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	**До 50**
1.1	види, параметри та характеристики основних пристроїв оптоелектроніки	*лекція*	=//=	До 9
1.2	способи математичної обробки оптичних сигналів, способи модуляції та розгортки оптичного сигналу	*лекція*	=//=	До 8
1.3	фізику поширення світла через оптоволокно, види та способи виготовлення оптичних волокон, принцип конструювання волоконно-оптичних систем передачі інформації	*лекція*	=//=	До 8
1.4	фізичні основи голографії, види голограм та способи їх використання, голографічні системи зберігання та обробки інформації	*лекція*	=//=	До 9
1.5	види оптичних			

	обчислювальних систем (системи паралельної аналогової та цифрової обробки), основи функціонування аналогових, цифрових та гібридних оптичних процесорів	*лекція*	=//=	До 8
2	студент повинен **вміти**:			**До 35**
2.1	розуміти фізичні принципи та способи функціонування оптичних систем передавання, приймання та обробки інформації	лекційні та самостійні заняття	Усне опитування, доповіді та презентації, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	До 10
2.2	аналізувати та оцінювати ефективність використання оптоелектронних компонентів для побудови оптичних інформаційних систем			До 10
2.3	вміти застосовувати математичні методи обробки оптичних зображень			До 9
2.4	аналізувати фізичні принципи та способи функціонування волоконно-оптичних систем			До 8
3	**комунікація**	лекційні і самостійні заняття		**До 5**
3.1	здатність бути відповідальним за внесок в роботу команди при вирішенні проблеми	лекційні заняття з використанням роботи у підгрупах	оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	До 3
3.2	Здатність обґрунтовувати важливість розробки нових оптоелектронних пристроїв для використання в ІТ, оборонній галузі, охороні здоров’я тощо.	лекційні заняття з використанням роботи у підгрупах	оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	До 2
4	**автономність та відповідальність**	лекційні і практичні заняття		**До 10**
4.1	Здатність застосовувати інформаційні ресурси (зокрема електронні) для пошуку потрібної інформації	лекційні та практичні заняття з використанням роботи у підгрупах	оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	До 5
4.2	Здатність самостійно визначати практичні перспективи запропонованих концепцій базових елементів оптоелектроніки	лекційні та практичні заняття з використанням роботи у підгрупах	оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	До 5

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни												
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	4.1	4.2
ПРН 3. Знання сучасних обчислювальних та інформаційних технологій.		+			+		+	+			+	+	+
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 7. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій.		+	+		+	+	+	+	+		+	+	+
ПРН 9. Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.							+		+		+		+
ПРН 10. Оцінювати важливість матеріалів для досягнення цілей наукового дослідження в галузі прикладної фізики.;	+	+		+		+		+	+		+	+	
ПРН 11. Розробляти фізичні основи створення нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів, речовини, технологій.											+		+
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 16. Організовувати результативну роботу індивідуально і як член команди.										+		+	
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 студентів: рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами проведення письмових колоквіумів, за результатами виконання самостійних завдань та доповіді англійською мовою. Вклад результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні наступний:

- результати навчання 1.1 – 1.5 [**знання**] **-** до 50%;
- результат навчання 2.1 – 2.4 [**уміння**] – до 35%;
- результат навчання 3.1,3.2 – [**комунікація**] – до 5%;
- результат навчання 4.1, 4.2 – [**автономність та відповідальність**] – до 10%.

Форми оцінювання студентів:

- **семестрове оцінювання**: контроль здійснюється за таким принципом. Навчальний семестр має два змістові модулі: у змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1-8, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) входять теми 9-14. Після завершення відповідних тем проводяться два письмові модульні колоквіуми. Для визначення рівня досягнення результатів навчання, завдання для модульних колоквіумів перевіряють рівень теоретичних знань та уміння аналізувати роботу конкретних фізичних задач. Обов'язковим для допуску до заліку є написання 1-го та 2-го модульних колоквіумів із кількістю балів не менше 5 за кожну позицію та підготовка двох доповідей з кількістю балів не менше 10 за кожну позицію, одна з доповідей готується англійською мовою за темами, наведеними в переліку нижче.
- **підсумкове оцінювання (у формі іспиту):** форма іспиту – письмово-усна. Екзаменаційний білет складається із 2 питань, кожна позиція оцінюється від 0 до 20 балів. Всього за іспит можна отримати від 0 до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання загалом не менш ніж 60 балів, при цьому оцінка за результатами навчання 2 [уміння] і 4 [автономність та відповідальність] не може бути меншою ніж 50% від максимального рівня, а оцінка за іспит не може бути меншою 30 балів.
- **умови допуску до підсумкового іспиту:** умовою допуску до іспиту є отримання студентом сумарно не менше, аніж *критично-розрахунковий мінімум - 30 балів* за семестр. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів, аніж критично-розрахунковий мінімум 30 балів, для одержання допуску до заліку обов'язково повинні підготувати на необхідну граничну кількість балів додаткову доповідь та презентацію за матеріалом відповідного семестру.
- У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу" від 1 жовтня 2010 року.

7.2 Організація оцінювання:

Оцінювання за формами контролю:

	ЗМ1		*ЗМ2*	
	Min. – балів	*Max. – балів*	*Min. – балів*	*Max. – балів*
Модульний колоквіум 1	5	10		
Доповідь/презентація	10	20		
Модульний колоквіум 2			5	10
Доповідь/презентація англійською мовою			10	20

Орієнтований графік оцінювання:

	Орієнтовний період для здійснення відповідної форма оцінювання
Модульний колоквіум 1	кінець березня
Модульний колоквіум 2	початок травня
Доповідь/презентація (2)	протягом семестру
Добір балів/додаткова доповідь	кінець травня
Іспит	червень

Розрахунок балів, які студент отримує при успішній здачі заліку:

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	*15*	*15*	*30*	***60***
Максимум	**30**	**30**	**40**	**100**

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
Відмінно / Excellent	90-100%
Добре / Good	75-89%
Задовільно / Satisfactory	60-74%
Незадовільно / Fail	0-59%

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ п/п	Назва теми	У тому числі		
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
	ЗМ 1.Оптоелектроніка			
1	Вступ. Переваги та недоліки оптоелектроніки у порівнянні з мікро та наноелектронікою. Активні та пасивні оптичні континуальні середовища. Класифікація та основні характеристики оптоелектронних пристроїв.	2	-	4
2	Види та основні характеристики джерел випромінювання: теплові та газорозрядні джерела випромінювання, електролюмінесцентні джерела, світлодіоди, твердотільні та напівпровідникові лазери.	2	-	5
3	Параметри та характеристики фотоприймачів. Фоторезистори, фотодіоди, фототранзистори, фотоприймачі на квантових ямах, вакуумні фотоелектронні помножувачі, однофотонні приймачі	2	-	4
4	Сонячні батареї. Тонкоплівкові та кристалічні сонячні елементи, сонячні елементи на наночастинках та квантових точках, сонячні модулі, батареї та електростанції.	2	-	4

5	Структура та характеристики оптоелектронних вимірювальних систем, методи підвищення чутливості та точності. Лідари, лазерні сканери та гіроскопи……	2	-	4
6	Модуляція та розгортка оптичного випромінювання: електрооптична, акустооптична, магнітооптична, просторово-часова модуляція.	2	-	5
7	Оптичний запис інформації. Голографічні схеми. Цифрова голографія. Оптична пам’ять.	2	-	4
8	Оптоелектронні обчислювальні системи. Аналоговий оптичний процесор. Голографічне розпізнавання образів. Принципи створення цифрового процесора.	2		5
ЗМ 2. Волоконна оптика				
9	Фізичні основи передавання сигналів через оптоволокно (ОВ). Поширення оптичної хвилі в ОВ. Типи та конструкція ОВ. Енергетичні та часові характеристики ОВ. Нелінійні явища в ОВ.	2	-	5
10	Технологія виготовлення та фізичні властивості ОВ. Характеристики ОВ. Одномодові та багатомодові ОВ.	2	-	5
11	Фотонно-кристалічні волокна. Волокна з брегівськими гратками.	2	-	4
12	Волоконно-оптичні кабелі зв’язку. Елементи оптичних мереж для систем модуляції, трансформації та контролю.	3	-	4
13	Архітектура волоконно-оптичних ліній зв’язку.	1		4
14	Волоконно-оптичні підсилювачі та лазери.	2		4
	Всього	**28**	**-**	**61**

Загальний обсяг **90** год., в тому числі:
Лекцій – **28** год.
Консультації – **1** год.
Самостійна робота **- 61** год.

Теми для доповіді англійською мовою

1. High efficiency light-emitting diodes
2. White LEDs
3. Single-frequency and wavelength-tunable semiconductor lasers
4. Vertical cavity surface emitting lasers (VCSELs)
5. Designs for high-power generation
6. Physical effects used in optical modulators
7. Ultrafast laser pulse generation (*Saturable absorber mode-locking, Optical parametric chirpedpulse amplification*)
8. Phase and amplitude modulation of short optical pulses
9. Integrated optics materials and fabrication technology
10. Optical networks and integrated optical functions
11. Common OLED materials and their properties
12. Photonic devices based on the SOI (silicon-on-insulator) platform

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)

9. Рекомендовані джерела:

1. Чадюк В.О. Оптоелектроніка від мікро до нано. Генерація оптичного випромінювання, У 2-х кн. К: НТУУ «КПІ», 2012. – Кн 1. – 380 с. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/30460/1/V_Chadyuk_Optoelectronics_book_1.pdf
2. Чадюк В.О. Оптоелектроніка від мікро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання, У 2-х кн. Київ, КПІ імені Ігоря Сікорського, «Політехніка» 2018. – кн.1. – 398 с. https://core.ac.uk/download/pdf/323535563.pdf
3. Чадюк В.О. Оптоелектроніка від мікро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання, У 2-х кн. Київ, КПІ імені Ігоря Сікорського, «Політехніка» 2019. – кн.2. – 336 с. https://core.ac.uk/download/pdf/323529543.pdf
4. В. Каток, І. Руденко, П. Однорог. Волоконно-оптичні лінії зв'язку. Посібник, Київ – 2016. https://chtyvo.org.ua/authors/Katok_Viktor/Volokonno-optychnyi_linii_zviazku/
5. Physics of Optoelectronic Devices. Shun Lien Chuang. (Wiley Series in Pure and Applied Optics), John Wiley & Sons. Inc. 1995. – 720 pp.
6. Optoelectronics. Infrared-Visible-Ultraviolet. Devices and Application. Second edition. Dave Birtalan and William Nunley. Taylor & Francis Group, LLC. - 2009
7. Handbook of Optoelectronics Concepts, Devises and Techniques, Vol.1 Ed. by John P. Dakin, Robert G.W. Brown, 2018 by Taylor & Francis Group, LLC
8. Handbook of Optoelectronics, Applied Optical Electronics, Vol.3 Ed. by John P. Dakin, Robert G.W. Brown, 2018 by Taylor & Francis Group, LLC
9. Xiangang Luo. Engineering Optics 2.0. A Revolution in Optical Theories, Materials, Devises and Systems, Springer, 2019
10. Ivan P. Kaminov, Tingye Li, Allan E. Willner, Optical Fiber Telecommunications. V A: Components and Subsystems, Elsevier, 2008
11. Snyder A., Love J. Optical Waveguide Theory. - Springer Science & Business Media, 1983
12. Коцюбинський В,О. Основи оптоелектроніки. Курс лекцій. Івано-Франківськ, 2017 http://lib.pnu.edu.ua:8080/handle/123456789/2601