

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**  
**ФАКУЛЬТЕТ РАДІОФІЗИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ  
СИСТЕМ**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник декана з навчальної роботи

\_\_\_\_\_ Олексій НЕЧИПОРУК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

***Оптичні телекомунікаційні технології***

**для студентів**

галузь знань	<b>10 Природничі науки</b>
спеціальність	<b>105 Прикладна фізика та наноматеріали</b>
освітній рівень	<b>бакалавр</b>
освітня програма	<b>Електроніка та інформаційні технології в медицині</b>
вид дисципліни	<b>вибіркова</b>

Форма навчання	<b>денна</b>
Навчальний рік	<b>2022/2023</b>
Семестр	<b>7</b>
Кількість кредитів ECTS	<b>4</b>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<b>українська</b>
Форма заключного контролю	<b>іспит</b>

Викладачі: Оберемок Євген Анатолійович, 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**

Розробники: Оберемок Євген Анатолійович, кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Зав. 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 року № \_\_\_\_

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ Сергій РАДЧЕНКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – ознайомлення та оволодіння сучасним рівнем знань про сучасний стан технологій, що лежать в основі сучасних оптичних телекомунікаційних систем. Ознайомити студентів з фізичними основами функціонування оптичних хвилеводів, оптоволоконних лазерів, оптичних мультиплексорів та детекторів. Ознайомити з принципами побудови оптичних телекомунікаційних мереж та з методами забезпечення множинного доступу до каналів передачі інформації.

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

Навчальна дисципліна базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки, зокрема, загальна фізика: «Електрика», «Оптика», «Атомна фізика», «Електродинаміка», «Квантова та напівпровідникова електроніка».

### **3. Анотація навчальної дисципліни:**

Навчальна дисципліна „Оптичні телекомунікаційні технології ” складається з трьох тематичних блоків. У першому оглядовому блоці розглядаються загальні питання використання оптичних телеком. систем, їх недоліки та переваги у порівнянні з дротовими та бездротовими системами. Також тут розглядаються фізичні основи розповсюдження світла в оптичних волокнах, питання дисперсії сигналів, поглинання, дисперсії власних мод та міжмодової дисперсії в оптичних волокнах. В другому блоці вивчаються джерела та детектори випромінювання в оптоволоконних системах, їх принцип дії, типові характеристики та джерела похибок. Третій блок присвячено розгляду принципів проектування побудови та функціонування оптичних телекомунікаційних систем та їх сучасної матеріальної бази.

### **4. Завдання (навчальні цілі):**

Пояснити значення волоконно-оптичних комунікацій.

Розібрати та пояснити конструкцію та характеристики волоконно-оптичних ліній.

Розширити знання про джерела оптичного сигналу та вимоги до їх потужності.

Навчити ідентифікувати та розуміти принцип роботи різних оптичних детекторів.

Ознайомити з принципами проектування оптичних систем та принципами роботи хвильового мультиплексування.

Дисципліна спрямована на забезпечення наступних результатів навчання.

Загальні компетентності:

ЗК4 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК7 Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК9 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК10 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

Фахові компетентності:

ФК7 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

ФК8 Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем

ФК9 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 <b>повинен знати:</b>	лекційні заняття, самостійна робота	Модульна контрольна робота	до 50
1.1	Структури і елементи ВОЛЗ (волоконно-оптичних ліній зв'язку). Сенсори і датчики на базі оптичних волокон і планарних структур. Лазери і лазерні волоконно-оптичні елементи	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота	

1.2	Характеристики оптичних волокон, джерел випромінювання та датчиків типових для оптичних телекомунікаційних систем	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота	
1.4	Принципи мультиплексування та організації множинного доступу в оптичних телеком. системах.	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота	
1.5	Принципи проектування елементів та принципи побудови та основні характеристики оптичних телеком. мереж	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота	
<b>2</b>	<b>студент повинен вміти:</b>	лекційні заняття, самостійна робота		до 35
2.1	Аналізувати характеристики та параметри елементів оптичних телеком. систем.	1		
2.2	Визначати оптимальні рішення для побудови оптичної телеком. лінії передачі в конкретних умовах.	1		
2.3	Оцінювати енергетичні, ємнісні та швидкісні показники мережі.	1		
<b>3</b>	<b>комунікація</b>	лекції, реферати		до 5
3.1	здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування			
<b>4</b>	<b>автономність та відповідальність</b>	лекційні заняття, самостійна робота		до 10
4.1	демонструвати розуміння особистої/персональної відповідальності за професійні рішення, які базуються на використанні фізичних методів			

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін, які не входять до блоків спеціалізації)**

Результати навчання дисципліни	Код									
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	3.1	4.1
<b>Програмні результати навчання (назва)</b>										
ПРН 1. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики	+	+		+	+	+	+			
ПРН 2. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.								+	+	+
ПРН 7. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.	+	+	+	+						

## 7. Схема формування оцінки

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

- результати навчання 1.1 – 1.5 [знання] до 50 %;
- результати навчання 2.1 – 2.3 [вміння] до 35 %;
- результат навчання 3.1 [комунікація] – до 5%;
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – до 10%.

Форми оцінювання студентів:

- **семестрове оцінювання:** контроль здійснюється за таким принципом. Навчальний семестр має 2 змістовних модулі. Для визначення рівня знань в кінці кожного модуля проводиться модульна контрольна робота.

- **підсумкове оцінювання (у формі іспиту):** форма іспиту – письмово-усна. Екзаменаційний білет іспиту 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 не менш ніж 60 балів, оцінка за іспит не може бути меншою 24 балів.

- **умови допуску до підсумкового іспиту:** умовою допуску до іспиту є отримання студентом сумарно не менше, аніж *критично-розрахунковий мінімум 35 балів* за семестр. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум 35 балів, для одержання допуску до іспиту обов'язково повинні написати на необхідну порогову кількість балів додаткову контрольну роботу за матеріалом відповідного семестру та доскладають домашні завдання для підвищення балів за виконання самостійної роботи.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт 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:*

	<b>ЗМ1</b>		<b>ЗМ2</b>	
	<i>Min. – балів</i>	<i>Max. – балів</i>	<i>Min. – балів</i>	<i>Max. – балів</i>
Модульна контрольна робота 1	10	20		
Модульна контрольна робота 2			10	20

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

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Іспит	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	15	15	24	60
<b>Максимум</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

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

## 8. Структура навчальної дисципліни.

**Тематичний план лекційних та практичних (семінарських) занять**

№ лекції	Назва лекції, тема практичного заняття	Лекції (год)	Сам. робота(год.)
<b>Тема 1. Огляд волоконно-оптичного зв'язку. Спотворення сигналу в оптичних волокнах.</b>			
1	Вступ, загальна система зв'язку з оптичним волокном, переваги оптоволоконного зв'язку у порівнянні з іншими типами зв'язку.	2	2
2	Волоконно-оптичні хвилеводи – теорія переносу випромінювання, повне внутрішнє відбиття, кут прийому, числова апертура, похилі промені.	4	4
3	Циліндричні волокна та власні моди. Технології виготовлення волокон, волоконно-оптичні кабелі. Класифікація оптичних волокон: багатомодові, одномодові, градієнтні волокна.	4	4
4	Затухання, поглинання, втрати на розсіювання та вигин, втрати в серцевині та оболонці.	2	2
5	Визначення інформаційної ємності, групова затримка, типи дисперсії - матеріальна дисперсія, хвилеводна дисперсія, поляризаційна модова дисперсія, інтермодальна дисперсія, розширення імпульсу.	4	4
6	З'єднувачі для оптичного волокна – типи з'єднувачів, з'єднувачі для одномодового волокна, зворотні втрати з'єднувача. Зварювання оптичних волокон	2	4
<b>Тема 2. Оптичні джерела, оптичні детектори та приймачі.</b>			
7	Внутрішні та зовнішні матеріали. Прямі та непрямі заборонені зони	2	4
8	Світлодіодні структури, поверхневе випромінювання світлодіодів. Крайове випромінювання світлодіодів, квантова ефективність і потужність світлодіодів.	4	4
9	Матеріали джерел світла, модуляція світлодіодів. Лазерні діоди.	4	4
10	Режими та порогові умови, рівняння швидкості, зовнішня квантова ефективність, резонансні частоти - структури та діаграми випромінювання	4	4
11	Одномодовий лазер, зовнішня модуляція, температурні ефекти.	2	4
12	Детектори. Фізичні принципи PIN та APD, час відгуку детектора. Температурний вплив на посилення лавини.	4	4
13	Порівняння фотодетекторів. Робота оптичного приймача.	2	4
14	Передача цифрового сигналу, джерела помилок, конфігурація приймача.	4	4
<b>Тема 3. Проектування оптичних телекомунікаційних систем.</b>			
15	Вибір компонентів, мультиплексування, з'єднання «точка-точка».	4	4
16	Системні міркування, бюджет потужності з'єднання з прикладами. Бюджет часу зібрання з прикладами.	4	4
17	WDM –Пасивні компоненти DWDM-Елементи оптичних мереж-SONET/SDH	4	4
	<b>ВСЬОГО</b>	56	64

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекції 56 год.

Самостійна робота 64 год.

## 9.РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основні джерела

1. Чадюк В. Оптоелектроніка: від макро до нано. Навч.посібник.т.1 (кн. 1,2).- КПІ, 2012.
2. Чадюк В. Оптоелектроніка: від макро до нано. Навч.посібник.т.2 (кн. 1,2).- КПІ, 2018-2019.
3. Козярьський І. Фотоелектроніка та оптоелектронні прилади. Навч.посібник.-ЧНУ,2019.
4. Зеленовский П. Основы интегральной и волоконной оптики. - УФУ, 2019.
5. Fiber Optic Communications – D.K. Mynbaev , S.C. Gupta and Lowell L. Scheiner, Pearson Education, 2005.
6. Fiber Optic Communication Systems – Govind P. Agarwal , John Wiley, 3rd Edition, 2004.
7. Fiber Optic Communications – Joseph C. Palais, 4th Edition, Pearson Education, 2004.
8. Optical Fiber Communications: Principles and Practice (3rd Edition) by John M. Senior, Prof John Senior, M. Yousif Jamro, Pearson Education, Pearson /Senior Paperback, 1128 Pages, Published 2008
9. Fundamentals of Telecommunications, 2nd Edition. Roger L. Freeman. ISBN: 978-0-471-71045-5 August 2013 Wiley-IEEE Press 704 Pages
10. Nanotechnology Applications to Telecommunications and Networking(1st Edition) by Daniel Minoli, Hardcover, 487 Pages, Published 2005 by Wiley-Interscience, ISBN-13: 978-0-471-71639-6, ISBN: 0-471-71639-1

### Додаткові джерела

11. Text Book on Optical Fibre Communication and its Applications – S.C.Gupta, PHI, 2005.
12. <https://smaroptics.com/knowledgebank-post/the-basics-of-wavelength-division-multiplexing/>
13. Noor Hidayah Mohd Yunus , 'Arifahtun Najwa Mohd Rafi, Nur Amirah Liyana Abdul Hadi , Muzaifah Afrina Mazlan 1 , Jahariah SampeA Review of Nanotechnology Applications in the Telecommunication Industry // Journal of Engineering Technology 10(2022):172-179