

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний авіаційний університет**  
 Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій  
 Кафедра електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей



УЗГОДЖЕНО

в.о. Декан ФАЕТ

*[Signature]*  
 С.Завгородній  
 «22» 02 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи

*[Signature]*  
 А. Полюхін

«23» 02 2021 р.



Система менеджменту якості

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
**навчальної дисципліни**  
**«Прикладна оптоелектроніка»**

Галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування  
 Спеціальність: 153 Мікро- та наносистемна техніка  
 Освітньо-професійна програма: Фізична та біомедична електроніка

Форма навчання	Семестр	Усього (годин/кредитів ECTS)	Лекції	Практ. заняття	Лаб. заняття	СРС	ДЗ / РГР / К.р.	КР / КП	Форма сем. контролю
Денна:	7	180/6,0	30	-	30	120	-	-	Екзамен - 7 с
Заочна	-	-	-	-	-	-	-	-	-


Індекс: НБ-2-153-3/20-1.19

СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021




Робочу програму навчальної дисципліни «Прикладна оптоелектроніка» розроблено на основі освітньої програми та навчального плану № НБ-2-153-3/20 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 153 «Мікро- та наносистемна техніка» за освітньо-професійною програмою «Фізична та біомедична електроніка», та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробив:  
професор кафедри ЕРМІТ

  
Е. Азнакаєв


Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» (освітньо-професійна програма: «Фізична та біомедична електроніка») - кафедри ЕРМІТ, протокол № 3 від «15» 02 2021 р.

Завідувач кафедри

  
В.М. Шутко

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради факультету авіонавігації, електроніки та телекомунікацій, протокол № 6 від «22» 02 2021 р.

Голова НМРР

  
О. Кривоносенко


Рівень документа – 36  
Плановий термін між ревізіями – 1 рік  
Контрольний примірник



## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА.....	4
1.1. Заплановані результати .....	4
1.2. Програма навчальної дисципліни.....	5
2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ .....	7
2.1. Структура навчальної дисципліни. ....	7
3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ .....	8
3.1. Методи навчання.....	8
3.2. Рекомендована література.....	8
3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті.....	8
4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ .....	9



	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Прикладна оптоелектроніка»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021
		стор. 4 з 10	

## ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Прикладна оптоелектроніка» розроблена на основі «Методичних рекомендацій до розроблення та оформлення робочої програми навчальної дисципліни денної та заочної форм навчання», затверджених розпорядженнями № 071/роз. від 10.07.2019 р., № 088/роз. від 16.10.2019 р. та відповідних нормативних документів.

### 1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

#### 1.1. Заплановані результати

**Місце** даної дисципліни в системі професійної підготовки фахівця: дана навчальна дисципліна є теоретичною основою сукупності знань та вмінь, що направлені на підготовку до вивчення та засвоєння циклу дисциплін з мікро- та наносистемної техніки професійного спрямування.

**Метою** викладання дисципліни є розкриття сучасних наукових концепцій, понять, методів та технологій формування у студентів знань, які необхідні для розуміння принципу роботи та проектування електронних пристроїв побудованих на принципах оптоелектроніки, які використовуються в мікро- та наносистемній техніці, а також придбання практичних навичок знаходження фізичних характеристик таких систем.

**Завданнями** вивчення навчальної дисципліни є:

- вивчення основних напрямків розвитку оптоелектронних пристроїв та систем, оволодіння знаннями про призначення та принцип дії їх елементів та вузлів;
- оволодіння математичними засобами опису функціонування оптоелектронних пристроїв та систем;
- здобуття навичок дослідження та моделювання типових вузлів оптоелектронних пристроїв та систем;
- вивчення основних напрямків розвитку електронних пристроїв побудованих на принципах оптоелектроніки, оволодіння знаннями про призначення та принцип дії елементів та вузлів таких електронних пристроїв;
- оволодіння комплексом знань, які необхідні для плідної участі в творчій науковій роботі шляхом застосування практичних і теоретичних знань, отриманих за час навчання у ВНЗ;
- дослідження сучасних теоретичних і експериментальних методів пошуку нових інженерних рішень в електроніці;
- ознайомлення з основними фізичними принципами функціонування та розробки електронних пристроїв та систем, винахідницької та раціоналізаторської роботи.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути наступні **компетентності**:

**ІК.** Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, під час професійної діяльності у галузі мікро- та наносистемної техніки, або у процесі навчання, що передбачає застосування теор.

**ЗК-1.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

**ЗК-2.** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.


**ЗК-6.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

**ЗК10.** Навички здійснення безпечної діяльності.

**ЗК11.** Здатність оцінювати та забезпечувати якість.

**ЗК-12.** Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

**ФК-1.** Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій,

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Прикладна оптоелектроніка»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021
		стор. 5 з 10	

принципів і методів для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки.

**ФК-2.** Здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки.

**ФК-4.** Здатність застосовувати відповідні наукові та інженерні методи, сучасні інформаційні технології і комп'ютерне програмне забезпечення, комп'ютерні мережі, бази даних та Інтернет-ресурси для розв'язування професійних завдань у галузі мікро- та наносистемної техніки.

**ФК-6.** Здатність застосовувати творчий та інноваційний потенціал в синтезі інженерних рішень і в розробці конструктивних елементів геліоенергетики, приладів фізичного та біомедичного призначення.

**ФК7.** Здатність розв'язувати інженерні задачі в галузі мікро- та наносистемної техніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації.

#### **Міждисциплінарні зв'язки**

Навчальна дисципліна «Прикладна оптоелектроніка» використовує знання, які набувають студенти при вивченні таких дисциплін, як: «Вища математика», «Фізика», «Фізика малорозмірних ефектів» та є базою для вивчення таких дисциплін, як: «Програмовані мікро- та наносистеми в електроніці», «Медична акустоелектроніка» та інших.

### **1.2. Програма навчальної дисципліни.**

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з двох навчальних модулів, а саме:

- навчального модуля № 1 «**Квантово-механічні основи взаємодії випромінювання з речовиною**»;
- навчального модуля № 2 «**Фізика електрооптичних пристроїв**», кожен з яких є логічною завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

#### **Модуль №1. «Квантово-механічні основи взаємодії випромінювання з речовиною».**

##### **Тема 1. Вступ до дисципліни.**

Предмет та задачі дисципліни, її місце в підготовці за фахом «Електронні системи». Основні застосування оптоелектронних пристроїв та систем в різноманітних областях електроніки.

##### **Тема 2. Квантова механіка фотона.**

Рівняння Максвелла. Властивості перетворення Фур'є. Квантування електромагнітних хвиль.

##### **Тема 3. Квантова механіка електронно-фотонної взаємодії.**

Гамільтоніан дипольної взаємодії електронів та фотонів. Розрахунок лінійної оптичної чутливості методом матриці щільності. Лінійна оптична сприйнятливність: поглинання та оптичне підсилення.

##### **Тема 4. Стимульоване випромінювання та електромагнітні хвилі.**

Стимульоване випромінювання. Спонтанне випромінювання та час релаксації. Спонтанна емісія. Монохроматичні одномодові хвилі. Багатомодові монохроматичні хвилі.

##### **Тема 5. Оптичні властивості напівпровідників.**

Оптична сприйнятливність напівпровідників. Поглинання та спонтанне випромінювання. Умови оптичного підсилення у напівпровідниках. Електрооптичні модулятори.



### **Тема 6. Напівпровідникові гетероструктури та квантові ями.**

Квантова яма. Щільність енергетичних станів та статистика у квантовій ямі. Оптичні межзонні переходи у квантовій ямі. Оптичні переходи між валентною зоною та зоною провідності. Квантові дроти та ящики.

### **Тема 7. Екситони та плазмони.**

Екситонні та плазмонні збудження. Тривимірні екситони. Двовимірні екситони. Екситони та плазмони у твердих тілах та молекулярних структурах.

### **Тема 8. Нелінійна оптика.**

Нелінійні оптичні явища. Генерація вищих гармонік випромінювання. Параметрична генерація випромінювання. Самофокусування випромінювання. Оптична бістабільність. Обернення хвильового фронту.

## **Модуль №2 «Фізика електрооптичних пристроїв».**

### **Тема 1. Хвилеводи.**

Геометричний підхід до теорії хвилеводів. Коливальний підхід до теорії хвилеводів. Взаємодія між модами хвилеводу: теорія взаємодіючих мод. Електрооптичні перемикачі хвилеводів.

### **Тема 2. Хвилеводи Брегга та резонатори Фабрі-Перо.**

Хвилеводи Брегга. Частотні перетворення в нелінійних хвилеводах. Режим вхідна ТЕ хвиля - вихідна ТЕ хвиля. Режим вхідна ТЕ хвиля - вихідна ТМ хвиля. Резонатори Фабрі-Перо та дзеркала Брегга.

### **Тема 3. Фізика електрооптичних пристроїв.**

Поверхневі явища. Бар'єрні переходи Шоткі. Контактні p—n явища. P-n гетероперехідний діод.

### **Тема 4. Напівпровідникові фотодетектори.**

Розподіл носіїв зарядів у фотозбудженому напівпровіднику. Фотопровідники. Фотоелектричні детектори. Фотодіоди. Фотодетектор з внутрішньою емісією. Фотодетектори на квантових ямах. Лавинні фотодетектори. Шуми детектора.

### **Тема 5. Перетворення оптичної частоти.**

Механічний опис генерації другої гармоніки. Електромагнітний опис нелінійної оптичної взаємодії другого порядку. Оптична генерація другої гармоніки. Параметричне підсилення.

### **Тема 6. Світлодіоди.**

Електрична інжекція і нерівноважна густина носіїв заряду. Електролюмінесценція. Електролюмінесцентні діоди. Внутрішня і зовнішня ефективність світлодіодів. Оптичне підсилення в гетероперехідних діодах.

### **Тема 7. Світловипромінюючі лазерні діоди.**

Лазерні діоди на подвійних гетеропереходах. Вихідна потужність лазера. Лазерні діоди на квантових ямах. Оптичне підсилення на квантовій ямах. Поріг прозорості. Поріг генерації лазерів на квантових ямах. Багатоквантові лазери на квантових ямах. Характеристики випромінювання лазерного діода. Спектральний та просторовий розподіли лазерного випромінювання.



## 2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1. Структура навчальної дисципліни.


№ п/п	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)							
		Денна форма навчання				Заочна форма навчання			
		Усього	Лекції	Лабор. заняття	СРС	Усього	Лекції	Лабор. заняття	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>7 семестр</b>									
<b>Модуль №1. «Квантово-механічні основи взаємодії випромінювання з речовиною»</b>									
1.1	Вступ до дисципліни.	11	2	2	7				
1.2	Квантова механіка фотона.	11	2	2	7				
1.3	Квантова механіка електронно-фотонної взаємодії.	11	2	2	7				
1.4	Стимульоване випромінювання та електромагнітні хвилі.	11	2	2	7				
1.5	Оптичні властивості напівпровідників.	11	2	2	7				
1.6	Напівпровідникові гетероструктури та квантові ями.	11	2	2	7				
1.7	Екситони та плазмони.	11	2	2	7				
1.8	Нелінійна оптика.	9	2		7				
1.9	Модульна контрольна робота №1.	6		2	4				
<b>Усього за модулем №1</b>		<b>92</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>60</b>				
<b>Модуль №2. «Фізика електрооптичних пристроїв»</b>									
2.1	Хвилеводи.	11	2	2	7				
2.2	Хвилеводи Бреґґа та резонатори Фабрі-Перо.	11	2	2	7				
2.3	Фізика електрооптичних пристроїв.	11	2	2	7				
2.4	Напівпровідникові фотодетектори.	11	2	2	7				
2.5	Перетворення оптичної частоти.	11	2	2	7				
2.6	Світлодіоди.	11	2	2	7				
2.7	Світловипромінюючі лазерні діоди.	9	2	-	7				
2.8	Модульна контрольна робота №2.	13		2	11				
<b>Усього за модулем №2</b>		<b>88</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>60</b>				
<b>Усього за семестр</b>		<b>180</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>120</b>				
<b>Усього за навчальною дисципліною</b>		<b>180</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>120</b>				

## 3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

### 3.1. Методи навчання

При вивченні навчальної дисципліни використовуються наступні методи навчання:

- пояснювально-ілюстративний метод;
- метод проблемного викладання;
- репродуктивний метод;

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Прикладна оптоелектроніка»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021
		стор. 8 з 10	

– дослідницький метод.

Реалізація цих методів здійснюється при проведенні лекцій, демонстрацій, самостійному вирішенні задач, роботі з навчальною літературою для опанування фундаментальних, загально технічних і професійних основ спеціальності за напрямом «Мікро- та наносистемна техніка», специфіки майбутньої роботи випускника.

### **3.2. Рекомендована література**

#### **Базова література**

3.2.1. Косяченко Л.А. Основи інтегральної та волоконної оптики. Навчальний посібник. Чернівці: Рута, 2008.-347с.

3.2.2. Чадюк. В. О. Оптоелектроніка: від макро до нано. Генерація оптичного випромінювання. Київ: НТУУ "КПІ", 2012. – 433 с.

3.2.3. Григоруk В.І. Експериментальна лазерна оптика: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. І.Григоруk [и др.] ; Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. - К. : ВПЦ "Київський університет", 2007. - 383 с.: рис.

3.2.4. Оптоелектроніка інфрачервоного діапазону: матеріали, прилади, системи / С. В. Ленков, О. І. Ликов, В. А. Мокрицький, В. В. Зубарєв ; Мокрицький В.А., Ленков С.В., ред. - Одеса : Поліграф, 2005. - 356 с.

3.2.5. Сминтина В.А., Ваксман Ю.Ф. Курс загальної фізики: підручник у 6т./за заг.ред В.А.Сминтини.-Одеса: Астропринт, 2011-2012.-Т.4: Сминтина В.А., Ваксман Ю.Ф. Оптика.-Одеса:Астропринт,2012.- 276с.

3.2.6. Птащенко О.О. Основи квантової електроніки : навчальний посібник. - Одеса: Астропринт, 2010. - 392 с.

#### **Допоміжна література**

3.2.7. Фізичні основи електронної техніки: Підручник/ З.Ю.Готра, І.Є.Лопатинський, Б.А.Лукіянець, З.М.Микитюк, І.В.Петрович – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2004. – 880 с.


3.2.8 Федоров В.Є., Подолян А.О. Вибрані питання теоретичної фізики: навчальний посібник. – ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2014, 208с.

### **3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті**

3.3.1 <http://kafelec.nau.edu.ua/materialu12-ukr.html>

3.3.2. <http://chitalnya.nung.edu.ua/osnovi-cifrovoyi-tehniki.html>



	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Прикладна оптоелектроніка»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021
		стор. 9 з 10	

#### 4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАТЬ ТА ВМІНЬ

4.1. Оцінювання окремих видів виконаної студентом навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до табл.4.1.

Таблиця 4.1

	Максимальна кількість балів		Заочна форма навчання
	Денна форма навчання		
Вид навчальної роботи	4 семестр		
	Модуль №1	Модуль №2	
Виконання та захист лабораторних робіт	3б×7=21	3б×6=18	
<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи студент має набрати не менше</i>	<i>14 балів</i>	<i>12 балів</i>	
Виконання модульної контрольної роботи	10	11	
<b>Усього за модулем</b>	<b>31</b>	<b>29</b>	
<b>Семестровий екзамен</b>	<b>40</b>		
<b>Усього за дисципліною</b>	<b>100</b>		

4.2. Виконані види навчальної роботи зараховуються студенту, якщо він отримав за них позитивну рейтингову оцінку.

4.3. Сума рейтингових оцінок, отриманих студентом за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну модульну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості модульного контролю.

4.4. Сума поточної та контрольної модульних рейтингових оцінок становить підсумкову модульну рейтингову оцінку, яка в балах та за національною шкалою заноситься до відомості модульного контролю.

4.5. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, навчальної картки та залікової книжки студента.

4.6. Сума підсумкової семестрової модульної та екзаменаційної рейтингових оцінок, у балах становить підсумкову семестрову рейтингову оцінку, яка перераховується в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS

4.7. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка заноситься до залікової книжки та навчальної картки студента, наприклад, так: **92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./Е** тощо.

4.8. Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни, яка викладається протягом одного семестру, дорівнює підсумковій семестровій рейтинговій оцінці.

Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до Додатку до диплома.



(Ф 03.02 – 01)

### АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки

(Ф 03.02 – 02)

### АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайомлення	Примітки

(Ф 03.02 – 04)

### АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)

### АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла зміну	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

### УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				