

**Міністерство транспорту та зв'язку України  
Міністерство освіти та науки України  
Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій**

## **ФІЗИКА ОПТИЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
щодо самостійної роботи студентів  
денної форми навчання за напрямками**

**1601 – інформаційна безпека  
0924 - телекомунікації**

м. Київ  
2006

## ЗМІСТ

I. Предмет, мета та завдання дисципліни “Фізика оптичного зв’язку” .....	3
II. Розподіл навчального часу за семестрами, за модулями, темами і видами занять .....	4
III. Зміст навчальної програми дисципліни .....	4
3.1. Модуль .....	5
3.2. Модуль 2 .....	6
IV. Контрольні питання (задачі, тести) .....	7
4,1 Модуль 1 .....	7
4,2 Модуль 2 .....	9
V. Загальні рекомендації .....	10
VI. Критерії оцінки знань і вмінь студентів .....	12
VII. Інформаційно-методичне забезпечення .....	13
7.1 Основна література .....	13
7.2 Додаткова література .....	13

## I. ПРЕДМЕТ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ “ФІЗИКА ОПТИЧНОГО ЗВ’ЯЗКУ”

Сучасні системи зв’язку і телекомунікацій розвиваються у таких напрямках, які мають забезпечити достатню високу швидкість, радіаційну, термічну і хімічну стійкість використовуваних матеріалів, можливість одночасної передачі великої кількості інформації, неможливість проникнення у системи зв’язку з метою зняття інформації, мікромініатюризацію приладів і систем, тощо. Таким вимогам задовольняють системи, у яких носієм інформації є світло видимого та ближнього інфрачервоного діапазонів, а передавачами, перетворювачами та приймачами інформації — волоконно-оптичні світловоди, схеми інтегральної та когерентної оптоелектроніки, різного типу модулятори та фотоприймачі світла відповідно.

### **Предметом навчальної дисципліни є**

“фізика оптичного зв’язку”, яка включає в себе викладання основних законів і співвідношень щодо випромінювання електромагнітних хвиль, їх розповсюдження у різних середовищах та взаємодію із середовищами на основі корпускулярно-хвильового дуалізму природи електромагнітних хвиль, а також фізичних основ оптоелектронних систем, пристроїв, ліній волоконно-оптичного зв’язку і відіграє роль фундаментальної бази для успішного фахового навчання і подальшої діяльності у галузі інформаційно-комунікаційних технологій.

### **Метою вивчення навчальної дисципліни є**

*надання студентам знань щодо*

фізичних основ оптики і оптичних систем, ознайомлення студентів з основними ідеями і засобами класичної фізичної оптики, а також з новими технічними розробками та ідеями у фізиці оптичного зв’язку, перспектив і тенденцій розвитку зв’язку у світі;

*формування у студентів*

наукового світогляду і сучасного фізичного мислення; навичок активної самостійної навчальної, наукової та практичної діяльності.

### **Завданням навчальної дисципліни є**

*формування у студентів наступних умінь:*

**Модуль 1:** використовувати набуті знання основних законів геометричної оптики для розрахунків оптичних приладів та систем, а при нагоді і змонтувати відповідну оптичну систему із заданими параметрами; вміти визначати похибки оптичних систем та засоби їх зменшення; вміти користуватись такими оптичними системами як лупа, мікроскоп та ін. і визначати їх параметри (збільшення, роздільна здатність, тощо);

розуміти фізичну природу світла (корпускулярно-хвильовий дуалізм), використовувати такі явища, як повне внутрішнє відбиття, інтерференція і дифракція, внутрішній та зовнішній фотоефекти, тощо, для розробки просвітлюючих покриттів на різних оптичних приладах, системах оптоелектроніки і оптичних ліній зв’язку; використовувати спектральні оптичні прилади (призматичні та дифракційні монохроматори, спектрографи, інтерферометри, тощо) для визначення довжин хвиль різних джерел світла, вміти вибирати фотоприймаючі прилади (фотоопори, фотодіоди, вакуумні фотоелементи, фотопомножувачі) для детектування оптичних сигналів різної довжини хвилі та ін.

**Модуль 2:** на основі знань про взаємодію світла з різного типу середовищами (поглинання, розсіювання, поляризацію) вміти вибирати середовища для розв’язання конкретних практичних завдань щодо визначення найбільш ефективного шляху розповсюдження світла, модуляції його інтенсивності та детектування;

на основі розуміння фізичних принципів роботи газових та твердотільних лазерів, світловипромінюючих діодів та фотоприймаючих пристроїв вміти їх добирати та використовувати для оптичних систем передачі інформації;

на основі знань сучасних типів світловодів (одномодовий, багатомодовий), конструкцій світловодних оптичних з'єднувачів, розгалужувачів, змішувачів, оптичних перемикачів, тощо, вміти грамотно їх експлуатувати, знаходити несправності у їх роботі та лагодити їх

тобто вміти застосовувати отримані знання при вивченні спеціальних (фахових) курсів інформаційного напрямку, виділяти конкретний фізичний зміст у прикладних задачах майбутньої спеціальності при вирішенні конкретних технічних завдань, у тому числі при експлуатації та проектуванні різноманітних оптичних вузлів і приладів в сучасних і перспективних системах зв'язку.

## II. РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ

### II.1. Розподіл навчального часу за семестрами і видами занять

Семестр	Всього годин	Розподіл навчального часу за семестрами і видами занять					Семестр. Атест. Екзамен
		Лекц.	Лабор.	Практ.	МК	СРС	
3	144	20	12	12	4	96	
Усього	144	20	12	12	4	96	

### II.2. Розподіл навчального часу за розділами, темами і видами занять

Номери та найменування тем	Всього годин	Розподіл навчального часу за видами занять					
		Лекц.	Лабор.	Практ.	Семін.	МК	СРС
<b>МОДУЛЬ 1</b>							
<b>Тема 1.</b> Елементи геометричної оптики	27	4	2	4			17
<b>Тема 2.</b> Хвильова природа світла	28	4	2	2			20
<b>Тема 3.</b> Квантова природа світла	27	2	4	2		2	17
<b>МОДУЛЬ 2</b>							
<b>Тема 4.</b> Взаємодія світла з середовищем	23	4	2	2			15
<b>Тема 5.</b> Основи оптичних - тронних методів і систем	20	4	2	2			12
<b>Тема 6.</b> Оптичні лінії зв'язку	19	2				2	15
<b>Усього</b>	<b>144</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>12</b>		<b>4</b>	<b>96</b>

### Ш. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ ДИСЦИПЛІНИ

Для поглибленого вивчення дисципліни рекомендуються наступні модулі, теми, питання та завдання на самостійну роботу студентів.

#### МОДУЛЬ 1

##### Тема 1. Елементи геометричної оптики

###### 1. Основні закони геометричної оптики

Завдання предмета Фізика оптичного зв'язку. Шкала електромагнітних хвиль. Наближення, які використовуються для розгляду оптичних явищ при розповсюдженні електромагнітних хвиль у різних середовищах.

Геометрична оптика. Основні закони: поняття променя світла, закони розповсюдження світла, закони відбиття та заломлення світла, зворотність світлових променів, показник заломлення, повне внутрішнє відбиття. ([1], с.6,26,190-198)

Проходження світла через плоско-паралельну пластину і трьохгранну призму. Побудова зображень в плоскому та сферичному дзеркалах: плоске дзеркало, умовне зображення; сферичне дзеркало, формула сферичного дзеркала; фокус та фокусна відстань сферичного дзеркала; зображення протяжних об'єктів у сферичному дзеркалі. ([1], с. 13-23)

###### Побудова зображень в ідеальних оптичних системах

Головна оптична вісь та фокус лінзи. Зображення за допомогою лінзи точок, які лежать на головній оптичній вісі. Формула і параметри тонкої лінзи. Дійсне та уявне зображення. Лінійне та кутове збільшення лінзи. Оптична сила лінз. ([2], с. 15-23)

Реальні оптичні системи та їх властивості. Головні площини та головні точки системи. Побудова зображень в системах. Збільшення системи. Похибки оптичних систем: сферична і хроматична аберації, астигматизм та ін. ([2], с.13)

###### Завдання на самостійну роботу студента

Поглиблення вивчення основних положень лекцій.

Основні закони геометричної оптики ([1], с.6-26)

Побудова зображень в ідеальних оптичних системах ([2], с.13, 3, с.98)

##### Тема 2. Хвильова природа світла

Світло, як електромагнітна хвиля. Інтерференція монохроматичних хвиль світла. Часова та просторова когерентність. Оптична довжина шляху. Умова інтерференційних максимумів і мінімумів. Інтерференція, що здійснюється методом поділу хвильового фронту (метод Юнга, дзеркал Френеля, біпризма Френеля) та амплітуди (плоскопаралельна пластинка, смуги рівного нахилу, рівної товщини, кільця Ньютона). ([2], с.1-7)

Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Зонні пластинки. Дифракція у променях, що сходяться (дифракція Френеля) на круглих отворі, диску. Дифракція у паралельних променях (дифракція Фраунгофера).

Дифракція Фраунгофера на двох і багатьох щілинах. Дифракційна ґратка. Просторові (трьохмірні) дифракційні ґратки. Дифракція рентгенівських променів. Закон Вульфа-Брегга. Голографія. ([1], с. 47,109)

###### Завдання на самостійну роботу студентів

Поглиблене вивчення основних положень лекцій

Інтерференційні явища ([2] с. 1-7)

Дифракція світла ([1] с.47-109)

### **Тема 3 Квантова природа світла**

Квантова гіпотеза Планка. Фотони. Формула Планка для універсальної функції Кірхгофа ([2]с.239-245). Фотоефект: зовнішній, внутрішній, вентильний. Закони зовнішнього фотоефекта. Рівняння Ейнштейна. Тиск світла на основі квантової та хвильової теорії. Ефект Комптона. Єдність корпускулярних і хвильових властивостей світла. ([7] с. 242-245).

#### **Завдання на самостійну роботу студентів**

Поглиблене вивчення основних положень лекцій.

Квантова гіпотеза Планка ([2] с.239-245).

Єдність корпускулярних і хвильових властивостей світла ([7] с.242-245)

## **МОДУЛЬ 2**

### **Тема 4. Взаємодія світла із середовищем.**

Нормальна і аномальна дисперсії світла. Призма, як спектральний прилад. Відмінності у дифракційному та призматичному спектрах. Елементарна теорія дисперсії. Поглинання світла. Закон Бугера-Ламберта. Розсіювання світла ([1] с.5-43).

Природне і поляризоване світло. Поляризація при відбитті і заломленні на межі двох ізотропних діелектриків. Закон Брюстера. Поляризація при подвійному променезаломленні. Ізотропні і анізотропні кристали. Оптична вісь кристала. Поляризаційні призми та поляроїди.. Аналіз поляризованого світла. Закон Малюса. Штучна оптична анізотропія. Ефект Керра ([7] с.226).

#### **Завдання на самостійну роботу студентів.**

Поглиблене вивчення основних положень лекцій.

Розповсюдження світла в речовинах ([2] с.184).

Поляризація світла ([7] с. 226-250)

### **Тема 5. Основи оптоелектронних методів і систем**

Спонтанне та індуковане випромінювання. Підсилення випромінювання. Від'ємна температура. Закон Бугера-Ламберта-Фабриканта. Інверсна заселеність рівнів. Принцип зворотнього зв'язку. Резонатор. Пороговий коефіцієнт підсилення. Рубіновий та газовий лазери. Схеми електронних переходів([1] с.92-100).

Напівпровідникові лазери та світловипромінюючі діоди (індикаторні, великої випромінювальної потужності, для оптичної передачі інформації.). Фотоприймаючі пристрої: фотодіоди, сонячні батареї, лавиноподібні фотодіоди, фототранзистори, фоторезистори. Вакуумні фотоелементи та фотопомножувачі ([2] с.330-340).

#### **Завдання на самостійну роботу студентів**

Поглиблене вивчення основних положень лекцій.

Оптичні квантові генератори ([2] с. 330-340).

Фотоприймаючі пристрої ([2] с.340-350).

### **Тема 6. Оптичні лінії зв'язку**

Волоконно-оптичні лінії зв'язку, сфери використання. Приклади волоконно-оптичних ліній зв'язку. Перспективи застосування інтегральних оптоелектронних систем для розвитку

систем зв'язку. Створення оптичних та квантових комп'ютерів і приладів мобільного зв'язку із покращеними характеристиками ([13] с.5-43).

### **Завдання на самостійну роботу студентів**

Поглиблене вивчення основних положень лекцій.

Волоконно оптичні лінії зв'язку ([13] с.5-20).

## **IV. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ( ЗАДАЧІ , ТЕСТИ)**

### **МОДУЛЬ 1**

#### **Контрольні питання**

1. Що таке світло?
2. В якій області довжин хвиль можливе використання наближення геометричної оптики?
3. Наведіть визначення хвильового фронту та променя світла.
4. Що вивчає геометрична оптика?
5. Закони геометричної оптики.
6. Що таке абсолютний та відносний показники заломлення середовища?
7. Які середовища називають оптично більш щільними, оптично менш щільними?
8. Що таке кут падіння, кут відбиття та кут заломлення при падінні світлової хвилі на поверхню розподілу двох середовищ?
9. Що таке повне внутрішнє відбиття? Який кут падіння світла називається граничним кутом? Чому він дорівнює?
10. Наведіть приклади використання явища повного внутрішнього відбиття.
11. Що називають плоским дзеркалом? Правила побудови зображень точки і протяжного предмета у плоскому дзеркалі.
12. Що називається уявним зображенням, дійсним зображенням?
13. Що називається сферичним дзеркалом? Якими бувають сферичні дзеркала?
14. Що таке полюс сферичного дзеркала? Де він розташований?
15. Що таке головна оптична вісь сферичного дзеркала? Що таке побічна вісь сферичного дзеркала?
16. Що таке фокус та фокусна відстань сферичного дзеркала?
17. Як будувати зображення точкового та протяжного предметів в сферичному дзеркалі?
18. Запишіть формулу для сферичного дзеркала.
19. На якій відстані від центру кривизни сферичного дзеркала розташований фокус дзеркала?
20. Що таке уявний фокус? У яких сферичних дзеркал фокус є уявним?
21. Які сферичні дзеркала дають тільки уявні зображення? Поясніть на малюнку. 22. Чи змінює напрямок промінь світла при проходженні через плоску пластинку? 23. Чому дорівнює кут зміни напрямку променя світла, який падає на тригранну призму?
24. Що таке дисперсія? Де використовується це явище?
25. Що таке лінза? Якими бувають лінзи відносно геометрії поверхонь, що їх створюють, та оптичних властивостей?
26. Що таке оптичний центр лінзи?
27. Що таке головна та побічна оптичні осі лінзи? Як вони розташовуються?
28. Що таке передній та задній фокуси лінзи? Як вони визначаються?
29. Якими променями необхідно користуватись при побудові зображень за допомогою збиральної та розсіюючої лінз?
30. Які промені називаються параксіальними?
31. Запишіть формулу лінзи. У чому полягає відмінність формули для збиральної та розсіюючої лінз?
32. Дійсні та уявні зображення. Навести приклади для збиральної та розсіюючої лінз.
33. Що таке лінійне та кутове збільшення лінзи? Як їх визначити?

34. Оптична сила лінзи, її визначення, одиниця вимірювань.
35. Реальні оптичні системи та їх властивості. Головні площини та головні точки системи.
36. Побудова зображень в оптичних системах. Лінійне та кутове збільшення у оптичних системах.
37. Похибки реальних оптичних систем. Типи похибок. Методи їх усувань.
38. Поясніть принцип дії і побудуйте хід променів у лупі. Збільшення лупи.
39. Поясніть принцип дії і побудуйте хід променів у мікроскопі. Чому дорівнює збільшення в мікроскопі? Як його збільшити?
40. Поясніть принцип дії і побудуйте хід променів у телескопах рефракторного та рефлекторного типів. Чому дорівнює збільшення в телескопі? Як його збільшити?
41. Що таке монохроматичне світло?
42. Що таке явище інтерференції?
43. Що розуміють під когерентними джерелами?
44. Чи зберігається закон збереження енергії при явищі інтерференції? Поясніть свої міркування.
45. Які пристрої спостереження інтерференції можна використовувати? Як у цих пристроях сформовані когерентні джерела?
46. Що спостерігається на екрані в результаті явища інтерференції? У чому причина ефекту, що спостерігається?
47. Що таке ширина інтерференційної смуги? Як вона визначається?
48. Запишіть умову максимуму  $m$ -го порядку для явища інтерференції.
49. Запишіть умову мінімуму  $m$ -го порядку для явища інтерференції.
50. У чому суть явища інтерференції на тонких плівках?
51. Що таке оптична довжина шляху світла? Чим ця величина відрізняється від геометричного шляху світла?
52. Що таке оптична різниця ходу променів?
53. Чому явище інтерференції не спостерігається при проходженні світла крізь віконне скло?
54. У чому суть явища інтерференції світла на плосковипуклій лінзі (кільця Ньютона)?
55. Залишіть умови максимуму і мінімуму світла при інтерференції на плосковипуклій лінзі. Поясніть вирази.
56. Перелічіть основні практичні застосування явища інтерференції в науці і техніці.
57. Що таке просвітління оптики? Поясніть цей ефект.
58. Поясніть конструкцію і принцип дії інтерферометра Майкельсона.
59. Поясніть конструкцію і принцип дії мікроінтерферометра.
60. Поясніть конструкцію і принцип дії газового інтерферометра.
61. Що таке явище дифракції?
62. У чому рівниця між дифракцією Фраунгофера і дифракцією Френеля?
63. Виходячи із принципу Гюйгенса, поясніть прямолінійність світлових хвиль.
64. Сформулюйте основні положення принципів Гюйгенса-Френеля.
65. Користуючись принципами Гюйгенса-Френеля, поясніть явище дифракції.
66. Що таке зона Френеля? Поясніть принцип її побудови.
67. Поясніть явище дифракції на невеликому круглому отворі.
68. Поясніть явище дифракції на невеликому круглому диску.
69. Поясніть явище дифракції на вузькій довгій щілині.
70. Поясніть фізичні процеси, що відбуваються при дифракції світла на дуже вузькій довгій щілині.
71. Поясніть фізичні процеси, що відбуваються при дифракції світла на широкій довгій щілині.
72. Поясніть явище дифракції світлових хвиль на одновірних дифракційних ґратках.
73. Що таке період дифракційних ґрат?
74. Запишіть умови головних максимумів і мінімумів при явищі дифракції на одновірних дифракційних ґратах.
75. Залишіть і поясніть вираз для кутової ширини головного максимуму.



76. Залишіть умову для головного максимуму світлових хвиль при падінні хвиль на дифракційні ґрати.

77. Поясніть явище дифракції рентгенівських променів на кристалічних ґратках.

### ТЕСТИ (прикладі)

1. Що таке фаза хвилі  
А) Умовний кут, яким ми замінюємо реальний час та відстань у просторі.  
Б) Аргумент синуса хвилі.  
В) Відстань між хвильовими фронтами.
2. Що таке голограма (  
А) Модернізована фотопластинка.  
Б) Пластинка на якій інтерферують промені від дзеркала та предметів.  
В) Пластинка, на якій дифрагують ці промені.

### ЗАДАЧІ (прикладі)

1. На скільки зменшиться довжина хвилі 0,589 мкм при переході її з повітря у рідину з показником заломлення 1,33
2. На щілину шириною 0,05 мм падає монохроматичне світло з довжиною хвилі 0,6 мкм. Визначити кут відхилення променів, які відповідають четвертій темній дифракційній смузі.

### МОДУЛЬ 2 (контрольні питання)

1. Як відбувається процес проходження електромагнітних хвиль у речовині. Що таке оптичні електрони?
2. Що таке поглинання світла?
3. Запишіть закон Бугера-Ламберта. У чому суть цього закону
4. Що таке спектр поглинання світла? Якими бувають спектри поглинання для різних агрегатних станів речовини?
5. У чому причина високої відбивної здатності металів?
6. Що таке явище розсіювання?
7. Що таке молекулярне розсіювання? Що таке розсіювання в мутній воді?
8. Поясніть чому захід Сонця червоний, а небо на Землі блакитне. Як ці ефекти пов'язані з розсіюванням?
9. Що таке дисперсія світла?
10. Яка різниця між нормальною й аномальною дисперсіями?
11. Що таке поляризація електромагнітної хвилі?
12. Яке світло називають природнім? Яке світло називають частково поляризованим? Яка різниця між ними?
13. Сформулюйте і доведіть закон Малюса.
14. Що таке явище подвійної променезаломлюваності? Де його можна спостерігати?
15. Що таке оптична вісь кристала? Які властивості вона має?
16. У чому різниця між звичайним і незвичайним променями при проходженні світла через кристал, що має подвійну променезаломлюваність
17. Що таке променева швидкість хвилі? Які особливості має променева швидкість для звичайного і незвичайного променів?
18. Який кристал називають оптично позитивним (оптично негативним)?
19. Поясніть конструкцію призми Ніколя і фізичні особливості проходження світлової хвилі в ній.
20. Що таке дихроїзм (плеохроїзм) у кристалах?

21. Що таке ефект Керра?
22. Що таке ефект Коттона-Мутона?
23. У чому суть явища обертання площини поляризації?
24. Що таке голографія? Поясніть суть голографічного запису інформації.
25. Як здійснити кольоровий запис голографічної інформації?
26. Що таке вимушене (індуковане) випромінювання речовини?
27. Залишіть закон Бугера-Ламберта-Фабриканта. У чому суть оптичного посилення світла в оптично активному середовищі?
28. Що таке оптичний квантовий генератор?
29. Поясніть конструкцію і принцип дії рубінового лазера.
30. Що таке підсилювач електромагнітних хвиль? Як він працює?
31. Приведіть класифікацію основних оптоелектронних приладів.
32. Що таке напівпровідниковий лазер? Поясніть його конструкцію і принципи дії.
33. Перелічіть основні види напівпровідникових лазерів.
34. Що таке фотоприймальні пристрої? Приведіть класифікацію.
35. Що таке світловипромінюючий діод? Поясніть його конструкцію і принцип дії.
36. Що таке індикаторний світлодіод. Поясніть його конструкцію і принцип дії.
37. Що таке оптрон? Поясніть його конструкцію і принцип дії.
38. Поясніть основні фізичні процеси при фокусуванні електромагнітного випромінювання за допомогою плоскопаралельних пластин.
39. Що таке світловод? Які фізичні процеси відбуваються у світловоді при
40. проходженні електромагнітної хвилі?
41. Перелічіть основні параметри світловодів.
42. Що таке волоконний світловод? Поясніть його конструкцію.
43. Які переваги мають волоконно-оптичні лінії зв'язку?
44. Що таке багатомодовий волоконний світловод? Які параметри він має.
45. Що таке одномодовий волоконний світловод? Які параметри він має.
46. Що таке профіль поперечного перерізу показника заломлення волоконного світловода?
47. Що таке волоконно-оптичний кабель? Перелічіть основні види конструкцій.
48. Що таке багат шаровий оптичний фільтр?
49. Перелічіть основні види конструкцій оптичних розгалужувачів і змішувачів.
50. Що таке оптичний перемикач? Які параметри він має?
51. Що таке волоконно-оптичні лінії зв'язку? Перелічіть сфери застосування волоконно-оптичних ліній зв'язку.

#### ТЕСТИ (приклад)

1. Що таке активна середа
  - А) Випромінююча середа.
  - Б) Рубінове скло.
- В) Середа, яка знаходиться у стані інверсної заселеності.
2. Що таке модуляція добротності
  - А) Керування фазою проміння.
  - Б) Зміна добротності контуру.
  - В) Збільшення добротності.

#### ЗАДАЧІ (приклад)

1. Оцінити відстань, при якій хроматична і поляризаційна модова дисперсії зрівняються за величиною, якщо коефіцієнт хроматичної дисперсії дорівнює  $2\text{пс}/(\text{нм}\cdot\text{км})$ , коефіцієнт поляризаційної модової дисперсії дорівнює  $0,5\text{пс}/\text{км}$ , а ширина спектрального випромінювання дорівнює  $0,05$ .

2. Оцінити максимальну допустиму відстань оптичного сегмента на яку можна передати одноканальний сигнал із частотою  $W=100\text{ГГц}$  без ретрансляції, виходячи з обмежень, внесених поляризаційною модовою дисперсією, якщо коефіцієнт поляризаційної модової дисперсії дорівнює  $1,0\text{пс/км}$ .

## V. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Курс Фізика оптичного зв'язку відноситься до загально освітньої дисципліни, яка забезпечує загальне спрямування процесу навчання студентів для вивчення професійно-орієнтованих дисциплін у галузі зв'язку. Крім того, категорії та поняття дисципліни знаходять своє відображення при вивченні таких предметів як телевізійні і комунікаційні мережі зв'язку, інформаційної безпеки та інших предметів вказаного технічного напрямку.

Навчальна робота студента по вивченню Фізики оптичного зв'язку складається із наступних елементів: прослуховування лекцій викладача, самостійного вивчення фізичної оптики, фізичних основ оптоелектронних і волоконно оптичних систем по навчальним посібникам, розв'язання задач, виконання лабораторних робіт .

На лекціях, які передбачені навчальною програмою для студентів стаціонарної форми навчання, закладається основа розуміння студентами сутності знань з Фізики оптичного зв'язку, ставлення до цих знань, визначаються шляхи й способи їх отримання. Лекції повинні організувати творчу думку студентів, активізувати їх роздуми над тією чи іншою фізичною проблемою. Стежачи за логікою викладення лекції, студенти повинні вчитися усвідомлювати основні поняття та положення фізичних основ оптики і оптичних систем, самостійно виділяти та засвоювати головне.

### **Вказівки до самостійної роботи по навчальним посібникам**

1. Вивчати курс систематично протягом усього навчального процесу. Вивчення Фізики оптичного зв'язку у стислі строки перед модульним контролем не дасть глибоких та міцних знань.
2. Обравши якийсь навчальний посібник у якості основного для певної частини курсу, дотримуватись цього посібника при вивченні всієї частини або принаймні її розділу. Заміна одного посібника іншим в процесі навчання може привести до втрати логічного зв'язку між окремими питаннями. Але якщо основний посібник не дає повної чи ясної відповіді на деякі питання програми, необхідно звертатись до інших навчальних посібників.
3. При читанні навчального посібника доповнювати конспект відповідної лекції (відповіді на основні запитання до модульного контролю), у якому записувати закони і формули, що описують ці закони, визначення фізичних величин та їх одиниць, робити рисунки і розв'язувати типові задачі. При рішенні задач користуватись Міжнародною системою одиниць (СІ).
4. Самостійну роботу по фізиці оптичного зв'язку піддавати систематичному контролю. Для цього після вивчення чергового розділу треба навчатись відповідати на основні питання по цьому розділу. При цьому треба використовувати робочу програму Фізики оптичного зв'язку та даний методичний посібник.
5. Користуватись очними консультаціями викладачів, а також подавати питання у письмовому вигляді.
6. На практичні заняття відбирається такий навчальний матеріал, на якому можна застосувати набуті теоретичні знання до розв'язання конкретних задач по дисципліні.

### **Вказівки до розв'язання задач**

1. Вказати основні закони і формули, на яких базується рішення, сформулювати ці закони словами, роз'яснити означення формул літерами. Якщо при розв'язанні задач використовується

формула, яка отримана для окремого випадку і не передає будь який фізичний закон, чи не є визначенням деякої фізичної величини, то її слід вивести.

2. Дати рисунок, що пояснює зміст задачі. Виконати його акуратно за допомогою креслярських приладів.

3. Супроводжувати рішення задачі короткими, але ж вичерпним поясненнями.

4. Отримати рішення у загальному вигляді, тобто виразити шукану величину в літерних позначеннях величин, що задані в умові задачі. При такому способі рішення проміжні величини не розраховуються.

5. Підставити у праву частину отриманої робочої формули замість символів величин їх позначення, провести з ними необхідні дії і переконатися, що отримана при цьому одиниця відповідає шуканій величині.

6. Підставити у робочу формулу числові значення величин, які виражені в одиницях однієї системи, та виконати обчислення величин, що підставлені у формулу. Записати у відповіді числове значення та скорочене найменування одиниці шуканої величини.

7. При підстановці у робочу формулу, а також при запису відповіді числові значення величин записати як добуток десяткової дробі з однією значущою цифрою перед комою на відповідну ступінь десяти. Наприклад, замість 3520 слід записати  $3,52 \cdot 10^3$ , замість 0,00129 записати  $1,29 \cdot 10^{-3}$  і т. ін.

8. Оцінити, де це є можливим, правдоподібність числової відповіді. У ряді випадків така оцінка допоможе виявити помилковість отриманої відповіді. Наприклад, швидкість світла у середовищі не може бути більше швидкості світла у вакуумі.

### **Вказівки до виконання лабораторних робіт**

Мета виконання лабораторних робіт – поглибити теоретичні знання студентів, ознайомити їх з технічними засобами і методами точного вимірювання, навчити фізичному експериментуванню. В навчальному процесі фізичне експериментування є одним із методів вивчення фізики як науки.

Важливі і виховні аспекти виконання лабораторних робіт: вони сприяють розвитку спостережливості, конструктивного мислення, цікавості до предмету і творчого підходу до надбання знань.

Лабораторні роботи не є чимось ізольованим від лекційного курсу фізики. Вони є однією із складових частин цілісного навчального процесу, в кому відбивається єдність теорії, досліду і практики в пізнанні природи.

Студент повинен старанно готуватись до лабораторної роботи:

- ознайомитись з короткими теоретичними відомостями, які викладені в методичному посібнику до даної лабораторної роботи,
- опрацювати рекомендовану літературу,
- скласти конспект,
- дати усні відповіді на контрольні запитання, які викладені в методичному посібнику до даної лабораторної роботи,

При необхідності студент повинен заздалегідь скористуватись лабораторією для отримання консультації, більш детального вивчення приладів і т.п. Без попередньої підготовки студент не допускається до виконання лабораторної роботи.

Перед першим заняттям студент повинен ознайомитись з правилами техніки безпеки в даній лабораторії, про що має поставити свій підпис у обліковому журналі.

Результати вимірювань потрібно акуратно внести в таблицю, форму якої повинна бути заздалегідь продумана.

Після закінчення експерименту, не демонтуючи установку або схему, відразу ж обрахувати кінцевий результат; якщо він незадовільний, то знову провести вимірювання.

Для отримання заліку студент повинен представити письмовий звіт про виконання лабораторної роботи, в якому крім записів по підготовці мають бути наведені первинні дані і

кінцеві результати експерименту: формула, результат обчислення шуканої величини, абсолютна і відносна похибки, відповідні графіки.

## VI. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ І ВМІНЬ СТУДЕНТІВ.

Оцінка кожного модульного контролю впливає на загальну семестрову оцінку з дисципліни і на загальний семестровий рейтинг.

Кожен модульний контроль містить тестові завдання (для перевірки засвоєння основ теоретичного матеріалу) та приклади або задачі (для перевірки набутих вмінь). Кожне завдання оцінюється певними балами (вміння – більшими), сума яких визначає оцінку засвоєння відповідного модулю.

Загальна семестрова оцінка для кожного студента визначається як середня арифметична оцінка усіх модулів.

Лабораторні роботи оцінюються таким чином.

“Залік (зараховано)” – заслуговує студент, який виконав всі (за програмою) лабораторні роботи, показав повні знання і розуміння основних законів фізики, фізичних явищ та їх характеристик, положень, визначень та вірно сформулював відповіді на всі поставлені питання і виявив при цьому творчі здібності, але допустив деякі помилки, які не носять принципового характеру.

“Не зараховано” одержує студент, який не виконав всі (за програмою) лабораторні роботи, не розуміє основних законів фізики, фізичних явищ та їх характеристик, не сформулював основні закони або положення.

## VII. ІНФОРМАЦІЙНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### Список літератури

#### 1. Основна

1. Кривуца В.Г., Булгач В.Л., Гуржий А.А. Физические основы оптической связи. ДУІКТ, Київ, 2003, 127с.
2. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Т.3. Оптика, квантова фізика. „Техніка”. Київ. 1999. 518с.
3. Ландсберг Г.С., Общий курс физики. Т.3. Оптика. ГИТТЛ., М., 1954, 727с.
4. Савельев И.В. Курс общей физики. Т2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. Наука. М., 1988. 470с.
5. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. Астрехь АСТ, М, 2001, 319с.
6. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие для вузов. 2-е изд. 1990-478с.
7. Трофимова Т.И. Краткий курс физики., Высшая школа. М. 2000. 352с.
8. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики для вузов. «Оникс 21 век» «Мир и Образование», М., 2003, 383с.
9. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики., Наука, М 1985. 384с.
10. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. Учебн. пособие для студентов вузов. 4-е изд., перераб. и доп.: Высшая школа, М. 1981. 496 с.
11. Нагибина И.М. Интерференция и дифракция света. Машиностроение. Л. 1985. 332 с.
12. Уинкон М. Знакомство с голографией., Мир, М. 1980, 191с.
13. Кучикян Л.М. Физическая оптика волоконных световодов. Энергия. М. 1979, 190с.
14. Окоси Т. и др. Волоконно-оптические датчики. Энергоатомиздат, Л. 1990. 256с.
15. Гринфилд Д. Оптические сети. Все о новых технологиях. Diasoft М., С.-П., Киев., 2002. 244с. [www.diasoft.kiev.ua](http://www.diasoft.kiev.ua).
16. Ривлин Л.А. Динамика излучения полупроводникових квантових генераторов. “Советское радио”, М. 1976. 185 с.

17. Изнар А.Н., Федоров Б.Ф. Оптические квантовые приборы в военной технике. ."Советское радио", М. 1964. 174 с.

## 2. Додаткова

1. Поль Р.В. Оптика и атомная физика. Наука, М., 1966., 456с.
2. Малышев В.И. Введение в экспериментальную спектроскопию. Наука. М. 1979.
3. Агравал. Г. Нелинейная волоконная оптика. Мир, М.1996.
4. Волоконная оптика и приборостроение. /Бутусов М.М.,Галкин С.П., Оробинский С.П., Пал Б.П., под общ.ред. М.М. Бутусова. Машиностроение. Л. 1987.
5. Минаев И.В., Мордовин А.А, Шереметьев А.Г. Лазерные информационные системы космических аппаратов. Машиностроение, М.1981.
6. Основы волоконно-оптической связи. Пер. с англ. под. ред. Е.М.Дианова. Сов.радио. М. 1980.
7. Сурис Р.А., Тагер А.А. Спектр излучения полупроводникового лазера с внешним резонатором // Квантовая электроника. 1985. №10.с2085-2095.
8. Уингер Г.Г. Оптическая связь. Пер.с нем. под ред. Н.А.Семенова. М.:Связь, 1979.

Розробники методичних рекомендацій

Зав. кафедри фізики к.т.н. с.н.с  
Професор кафедри фізики док.фіз.мат.наук, проф.

О. В. Бушма  
В. О. Зуєв