

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний вищий навчальний заклад
”УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра оптики

Гомоннай О.О., Гуранич П.П., Гомоннай О.В.

Фізика оптичного зв'язку

**Методичні рекомендації та тестові завдання
для студентів вищих навчальних закладів
III - IV рівнів акредитації
Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка**

Ужгород – 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний вищий навчальний заклад
”УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра оптики

Гомоннай О.О., Гуранич П.П., Гомоннай О.В.

Фізика оптичного зв'язку

**Методичні рекомендації та тестові завдання
для студентів вищих навчальних закладів
III - IV рівнів акредитації
Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка**

Ужгород – 2020

Гомоннай О.О., Гуранич П.П., Гомоннай О.В. "Фізика оптичного зв'язку. Методичні рекомендації та тестові завдання". – Ужгород.: ДВНЗ "УжНУ", 2020. – 29 с.

У методичних рекомендаціях викладено деталізовану програму, контрольні запитання та тестові завдання з дисципліни „Фізика оптичного зв'язку” згідно кредитно-модульної організації навчального процесу, яка читається для студентів 3–го курсу фізичного факультету спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка ДВНЗ "УжНУ". Висвітлюється тематичний план курсу, зміст програми за темами. Наведений перелік питань для самостійного опрацювання, а також перелік питань та тестів, що виносяться на залік та критерії оцінки знань студентів.

Посібник призначений для студентів 3–го курсу фізичного факультету ДВНЗ "УжНУ", які проходять навчання на кафедрі оптики зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка і має сприяти покращенню організації навчального процесу, забезпечити умови оптимального оволодіння навчальною дисципліною, фахової підготовки студентів, організації самостійної роботи та якісному засвоєнню програмового матеріалу.

Рецензенти:

Рубіш В.М. – завідувач лабораторії Інституту проблем реєстрації інформації НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор.

Соломон А.М. - кандидат фіз.-мат. наук, с. н. с. Інституту електронної фізики НАН України

Рекомендовано до друку методичною радою фізичного факультету Ужгородського національного університету

Протокол № ___ від _____ 2020 р

© Гомоннай О.О., Гуранич П.П., Гомоннай О.В. 2020 р.

© ДВНЗ "Ужгородський національний університет", 2020 р.

ЗМІСТ

1. Опис навчальної дисципліни	4
2. Мета навчальної дисципліни	5
3. Очікувані результати навчання	5
4. Програма навчальної дисципліни.....	5
5. Форми поточного та підсумкового контролю	8
6. Критерії оцінювання результатів навчання	8
7 Тестові завдання для перевірки знань.....	10
8. Рекомендовані джерела інформації.....	25

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, предметна спеціальність (спеціалізація), освітня програма, освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни		
Кількість кредитів – 2	<p>Освітній рівень: Бакалавр</p> <p>Галузь знань: 17 Електроніка та телекомунікації</p> <p>Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка</p> <p>Освітня програма: Телекомунікації та радіотехніка</p>	Денна форма навчання	Заочна форма навчання	
Кількість модулів – 2		Статус дисципліни	нормативна	
Змістових модулів – 4		Рік підготовки:	3-й	
Загальна кількість годин – 60		Семестр:	4-й	
Тижневих годин: для денної форми навчання: 4		Лекції:	30 год.	
аудиторних – 2		Практичні (семінарські):		
самостійної роботи – 2		Лабораторні:		
		Самостійна робота:	30 год.	
		Вид контролю:	екзамен	
		Форма контролю:	комбінована	

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою даного курсу є ознайомлення студентів з основними розділами сучасної фізики, які пояснюють процеси передачі інформації по оптичних волокнах та оптичні методи в інформатиці; а також вивчення фізичних явищ, які закладені в основу роботи оптоелектронних елементів та пристроїв для передачі, прийому та обробки оптичної інформації.

3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати:

- основи волоконної та інтегральної оптики;
- методи отримання хвилеводів;
- методи вимірювання параметрів оптичних волокон;
- галузі застосування оптичних волокон;

вміти:

- застосовувати основні положення оптики для розв'язання конкретних задач розрахунку характеристик матеріалів;
- вибирати методи дослідження оптичних властивостей матеріалів та формулювати фізичні висновки з результатів аналізу;
- самостійно визначати основні оптичні характеристики об'єктів.

4. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

4.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль № 1. Процеси в оптичному хвилеводі

Змістовий модуль № 1. Фізичні процеси в оптичних хвилеводах.

Тема 1. Мета і завдання курсу “Фізика оптичного зв'язку”. Історичний розвиток та основні розділи інтегральної та волоконної оптики.

Тема 2. Поширення електромагнітних хвиль. Хвильове рівняння, плоскі хвилі. Поглинання світла. Дисперсія. Відбивання плоскої хвилі від межі двох середовищ.

Тема 3. Інтегральні оптичні хвилеводи. Планарний оптичний хвилевід. Симетричний та асиметричний планарний хвилевід. Прямокутні діелектричні хвилеводи. Хвилеводи з накладною смужкою.

Тема 4. Оптичні втрати в хвилеводах. Поверхневе та об'ємне розсіювання світла в хвилеводі. Абсорбційні втрати. Втрати випромінювання. Методи визначення втрат в оптичних хвилеводах.

Тема 5. Дисперсія в оптичному волокні. Міжмодова дисперсія. Одномодове ступінчате оптичне волокно. Градієнтне світловолокно. Матеріальна дисперсія. Матеріальна дисперсія в кварцовому волокні. Хвилеводна дисперсія. Поляризаційна дисперсія.

Змістовий модуль № 2. Інтегрально-оптичні елементи

Тема 6. Оптичні дефлектори. Електрооптичні та акустооптичні дефлектори. Інтегрально-оптичні дзеркала. Інтегрально-оптичні лінзи.

Тема 7. Активні відгалужувачі та модулятори. Модулятори на ефекті граничної товщини та ефекті Франца-Келдиша.

Тема 8. Елементи стикування для вводу та виводу світла в інтегральний хвилевод. Призмовий елемент вводу / виводу випромінювання. Граткові елементи зв'язку. Оптичний зв'язок плоских хвилеводів з пі-дкладинкою та між собою.

Модуль № 2. Джерела, фотоприймачі оптичного випромінювання та волоконно-оптичні датчики.

Змістовий модуль № 3. Джерела та фотоприймачі оптичного випромінювання

Тема 9. Фізичні основи роботи лазера. Коефіцієнти Ейнштейна. Створення інверсної заселеності рівнів. Зворотний оптичний зв'язок. Коефіцієнт підсилення і умова самозбудження лазера.

Тема 10. Спектр випромінювання світлодіода. Ефективність і швидкодія світлодіода. Гетероструктурні світлодіоди.

Тема 11. Лазері діоди. Гетероструктурні лазерні діоди. Напівпровідникові лазери з вертикальним резонатором. Одномодові напівпровідникові лазери. Волоконно-оптичні лазери. Суперлюмінесцентні діоди.

Тема 12. Низькорозмірні ефекти в світлодіодах і лазерних діодах. Різні типи низькорозмірних випромінювальних гетероструктур.

Тема 13. Фотоприймачі. Можливості детекторів фотопровідного типу. Спектральний розподіл квантової ефективності. Фотодіоди. Квантова ефективність, чутливість та швидкодія фотодіода. Електричні шуми й порогова чутливість фотодетектора.

Тема 14. Різні типи фотодіодів. Гетероструктурні фотодіоди та фотодіоди Шоттки. Лавинні фотодіоди. Фотодіоди з вертикальним резонатором. Можливості застосування фототранзисторів.

Змістовий модуль № 4. Методи виготовлення оптичних хвилеводів та волоконно-оптичні датчики.

Тема 15. Методи виготовлення плівкових хвилеводів та оптичних волокон. Вакуумне термічне випаровування. Іонне розпилення. Газофазна та молекулярно-променева епітаксія. Літографія. Внутрішнє осадження в хімічних парах. Зовнішнє осадження в хімічних парах. Осьове осадження парів. Протягування подвійним тиглем.

Тема 16. Волоконно-оптичні датчики. Сенсори переміщення. Сенсори тиску та вібрації. Вимірювач швидкості на ефекті Доплера. Вимірювання температури. Сенсори електричних і магнітних величин. Волоконно-оптичні сенсори з дифракційними ґратками. Визначення концентрації рідин і газів. Волоконно-оптичний гіроскоп.

4.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин, із них			
	Усього годин	у тому числі		
		Л	ЛР	СР С
60	30		30	
1	2	3	4	5
Модуль № 1. Процеси в оптичному хвилеводі				
<i>Змістовий модуль № 1. Фізичні процеси в оптичних хвилеводах.</i>				
Тема 1. Мета і завдання курсу “Фізика оптичного зв’язку”	2	1		1
Тема 2. Поширення електромагнітних хвиль.	4	2		2
Тема 3. Інтегральні оптичні хвилеводи.	4	2		2
Тема 4. Оптичні втрати в хвилеводах.	4	2		2
Тема 5. Дисперсія в оптичному волокні.	4	2		2
Разом за змістовим модулем 1	18	9		9
<i>Змістовий модуль № 2. Інтегрально-оптичні елементи</i>				
Тема 6. Оптичні дефлектори.	4	2		2
Тема 7. Активні відгалужувачі та модулятори.	4	2		2
Тема 8. Елементи стикування для вводу та виводу світла в інтегральний хвилевод.	4	2		2
Разом за змістовим модулем 2	12	6		6
Усього годин	30	15		15
Модуль № 2. Джерела, фотоприймачі оптичного випромінювання та волоконно-оптичні датчики.				
<i>Змістовий модуль № 3. Джерела та фотоприймачі оптичного випромінювання</i>				
Тема 9. Фізичні основи роботи лазера.	2	1		1
Тема 10. Спектр випромінювання світлодіода.	4	2		2
Тема 11. Лазері діоди.	4	2		2
Тема 12. Низькорозмірні ефекти в світлодіодах і лазерних діодах.	4	2		2
Тема 13. Фотоприймачі.	4	2		2
Тема 14. Різні типи фотодіодів.	4	2		2
Разом за змістовим модулем 3	22	11		11
<i>Змістовий модуль № 4. Методи виготовлення оптичних хвилеводів та волоконно-оптичні датчики.</i>				
Тема 15. Методи виготовлення плівкових хвилеводів та оптичних волокон.	4	2		2
Тема 16. Волоконно-оптичні датчики.	4	2		2
Разом за змістовим модулем 4	8	4		4
Усього годин	30	15		15
Разом	60	30		30

4.3. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Коротка історія розвитку інтегральної оптики. Переваги інтегральної оптики відносно суміжних областей.	3
2.	Матеріали для оптичних інтегральних схем.	3
3.	Променеве наближення. Експериментальне спостереження мод.	3
4.	Симетричний та асиметричний планарний хвилевод. Прямокутні діелектричні хвилеводи. Хвилеводи з накладною смужкою.	3
5.	Хвилеводи, отримані методом зменшення концентрації носіїв. Хвилеводи на основі електрооптичного ефекту.	3
6.	Абсорбційні втрати. Втрати випромінювання. Методи визначення втрат в оптичних хвилеводах.	3
7.	Поперечні елементи зв'язку. Ефективність зв'язку. Граткові елементи зв'язку.	3
8.	Зв'язані моди. Мультиплексори.	3
9.	Двоканальні електрооптичні модулятори. Модулятор Маха-Цендера. Модулятор на ефекті Брега.	3
10.	Модулятор на явищі повного внутрішнього відбивання. Порівняння хвилеводних та об'ємних електрооптичних модуляторів.	3
Разом		30

5. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Застосовуються такі види перевірки рівня підготовки студентів:

- тестові завдання;
- контрольні роботи;

6. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Розподіл балів, які отримують здобувачі за поточний та модульний контроль

Поточне тестування та самостійна робота																Підсумковий тест	Сума
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2			Змістовий модуль 3							Змістовий модуль 4	60	100
Т 1	Т 2	Т 3	Т 4	Т 5	Т 6	Т 7	Т 8	Т 9	Т 10	Т 11	Т 12	Т 13	Т 14	Т 15	Т 16		
3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3		

Оцінювання окремих видів навчальної роботи

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Письмове тестування при тематичному оцінюванні	2	40	2	40
Модульна контрольна робота	1	60	1	60
Разом		100		100

Таблиця відповідності оцінок за різними шкалами

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		диференційована	недиференційована
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C	задовільно	
64-73	D		
60-63	E		
35-59	Fx	незадовільно з можливістю повторного складання	незараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	незараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

7. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Рівняння Максвелла, що узагальнює закон електромагнітної індукції Фарадея про збудження електричного поля змінним магнітним полем має вигляд:

$$1. \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t},$$

$$3. \mathbf{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \mathbf{E}$$

$$2. \nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t},$$

$$4. \mathbf{B} = \mu \mu_0 \mathbf{H}$$

2. Величина числової апертури хвилеводу NA виражається формулою

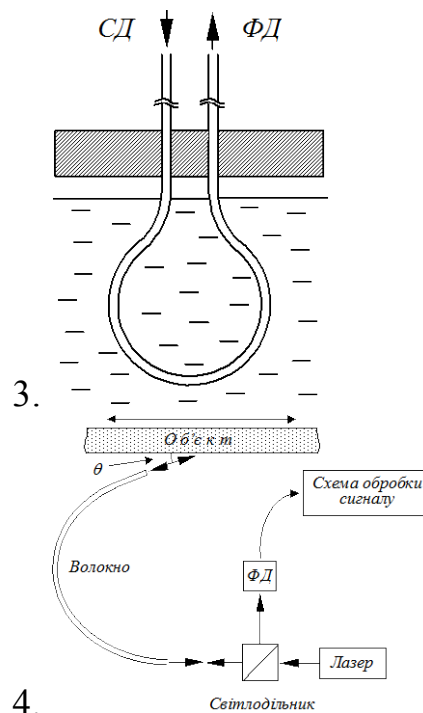
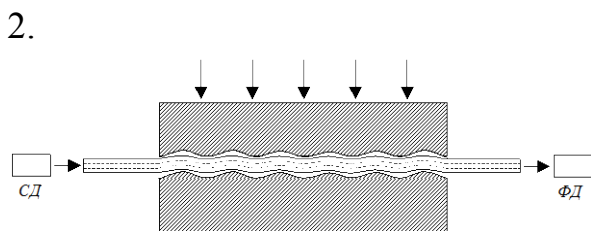
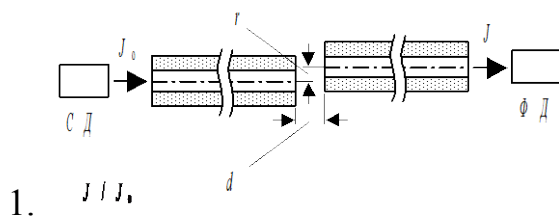
$$1. NA = \sin \theta_a = (n_1^2 - n_2^2)$$

$$3. NA = \sin \theta_a = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

$$2. NA = \sin \theta_a = (n_1 - n_2)^{1/2}$$

$$4. NA = \sin \theta_a = (n_1^2 - n_2^2)^2$$

3. Виберіть схему, на якій зображено волоконно-оптичний вимірювач густини електроліту:



4. Вкажіть на метод ущільнення каналу передачі інформації, при якому передача інформації розбивається на часові цикли, що періодично повторюються:

1. Ущільнення по поляризації.

3. Частотне ущільнення.

2. Часове ущільнення.

4. Спектральне мультиплексування.

5. Із переліку параметрів деяких оптичних волокон вкажіть яке відповідає багатомодовому (Діаметр серцевини/оболонки (мкм))

1. 50/125

3. 8-9/125

2. 4-5/80

4. 1 мм

6. Розсіяння світла, спричиненого об'єктами, набагато меншими довжини хвилі, відбувається без зміни енергії кванту й називається

1. Релеївським
2. Раманіським

3. Лява-Мі
4. Тиндаля

7. Параметр оптичного модулятора, що характеризує діапазон частот керуючого сигналу, в якому модулятор може працювати називається:

1. Глибина модуляції.
2. Оптичні втрати.

3. Півхвильова напруга.
4. Смуга пропускання.

8. Число можливих мод у хвилеводі визначається виразом:

$$1. N = 1 + \text{Int}\left\{\frac{2}{\pi} V\right\} = 1 + \text{Int}\left\{\frac{2d}{\lambda} NA\right\}$$

$$3. n_{\text{ef}} = n_2 \sin \theta_1$$

$$2. N = 1 + 2dNA$$

$$4. \frac{2\pi}{\lambda} n_1 2d \cos \theta_1 - \phi_2 - \phi_3 = m \cdot 2\pi$$

9. Максимальна швидкість передачі даних (C) каналу може бути визначена з його смуги пропускання з використанням наступної формули Найквіста:

$$1. C = 2B \log_2 M, \text{ bps}$$

$$3. C = B \log_2 M, \text{ bps}$$

$$2. C = 2B \log_2 M, \text{ Mbps}$$

$$4. C = 2 \log_2 M, \text{ bps}$$

10. Кількість окремих мод може поширюватися в оптичному волокні визначається по формулі:

$$1. M = \frac{0.5(NA)^2}{\lambda}$$

$$3. M = \frac{\lambda}{0.5[\theta d(NA)^2]}$$

$$2. M = \frac{0.5[\theta d(NA)^2]}{\lambda}$$

$$4. M = \frac{0.5[\theta d(NA)^2]}{\nu}$$

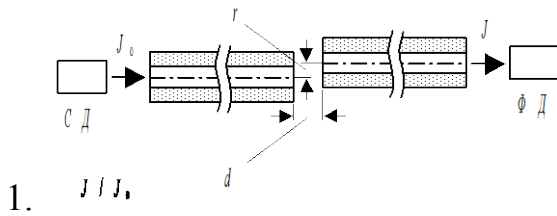
11. Визначення формату звичайного повідомлення й процедур для передачі даних між усім обладнаннями в мережі здійснює:

1. Стандарти інтерфейсів
2. Кодування

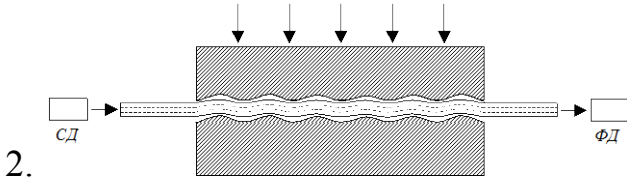
3. Протокол
4. Контроль лінії

12. Виберіть схему, на якій приведено волоконно-оптичний термометр на поглинанні напівпровідника:

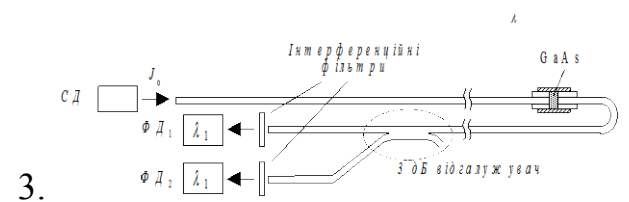
12



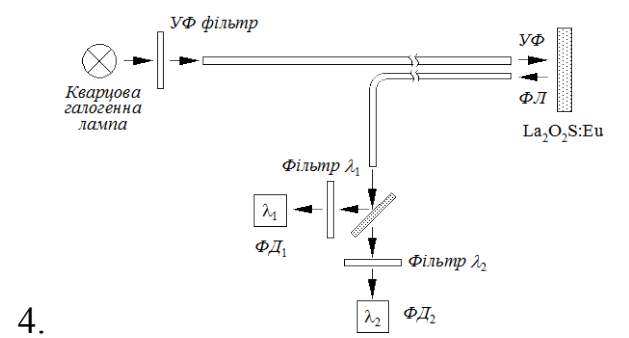
1. J J,



2.



3.



4.

13. Друге рівняння Максвелла, що враховує виникнення магнітного поля в результаті як струму провідності, так і струму зміщення:

1. $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t},$

3. $\mathbf{D} = \epsilon \epsilon_0 \mathbf{E}$

2. $\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t},$

4. $\mathbf{B} = \mu \mu_0 \mathbf{H}$

14. Формула Лорентца-Лоренца має вигляд:

1. $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t},$

3. $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{N}{3\epsilon_0} \alpha_a$

2. $L = L_0 e^{-\alpha z}$

4. $\mathbf{B} = \mu \mu_0 \mathbf{H}$

15. На сьогодні використовуються оптоволоконні кабелі без WDM зі швидкостями передачі дані до:

1. 40 Гбіт/с

3. 5 Тбіт/с

2. 400 Гбіт/с

4. 100 Тбіт/с

16. До процесу передачі даних вони перетворюються в символи за допомогою:

1. Стандарту інтерфейсів

3. Протоколу

2. Кодування

4. Контроль лінії

17. Якщо в атомі є f_i електронів i -го типу з власними частотами ω_{oi} і коефіцієнтами γ_i , то **поляризацію атома** можна представити наступним чином:

1. $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t},$

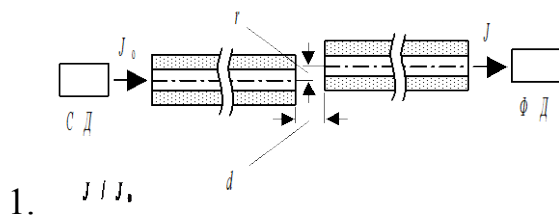
3. $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{N}{3\epsilon_0} \alpha_a$

2. $L = L_0 e^{-\alpha z}$

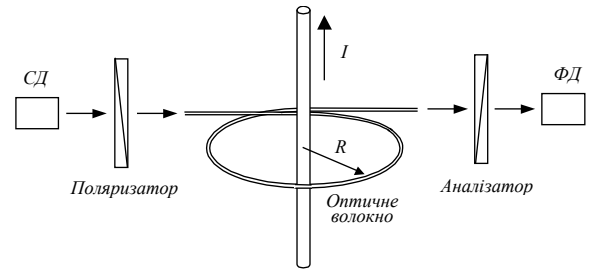
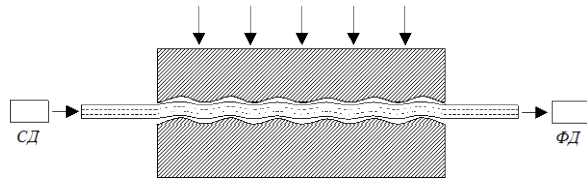
4. $\alpha_a = \sum_i f_i \alpha_{ei} = \sum_i \frac{e^2 / m \cdot f_i}{\omega_{oi}^2 - \omega^2 + i\gamma_i \omega}$

18. Виберіть схему волоконно-оптичного амперметра на ефекті Фарадея:

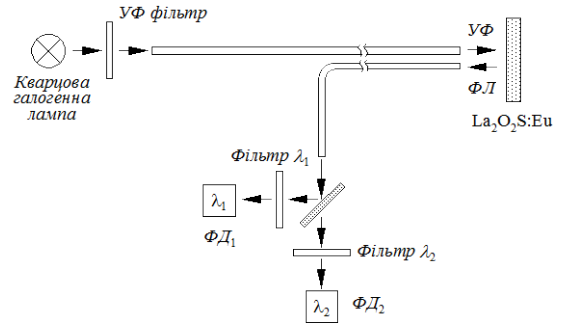
Фізика оптичного зв'язку. Методичні рекомендації та тестові завдання

1. $J \parallel J_1$

2.



3.



4.

19. Стосовно явищ на дзеркальній межі поділу з різними показниками заломлення n_1 і n_2 , де падаючий промінь розпадається на два – відбитий і заломлений, загально відомими є такі закони:

1. Відбитий промінь лежить у площині падіння. Кут відбивання рівний куту падіння

2. Відбитий промінь лежить у площині, перпендикулярній й площині падіння. Кут відбивання рівний куту падіння

3. Заломлений промінь лежить у площині падання. Кут заломлення θ_2 зв'язаний з кутом падіння θ_1 законом Снелла (Снелліуса) $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

4. Заломлений промінь лежить у площині падання. Кут заломлення θ_2 зв'язаний з кутом падіння θ_1 законом Снелла (Снелліуса) $n_1 / \sin \theta_1 = n_2 / \sin \theta_2$

20. Явище подвійного променезаломлення полягає в

1. роздвоєнні світлового пучка при проходженні через анізотропне середовище на дві хвилі, що мають різну поляризацію, відмінні показники заломлення, а значить різні швидкості й напрямки розповсюдження

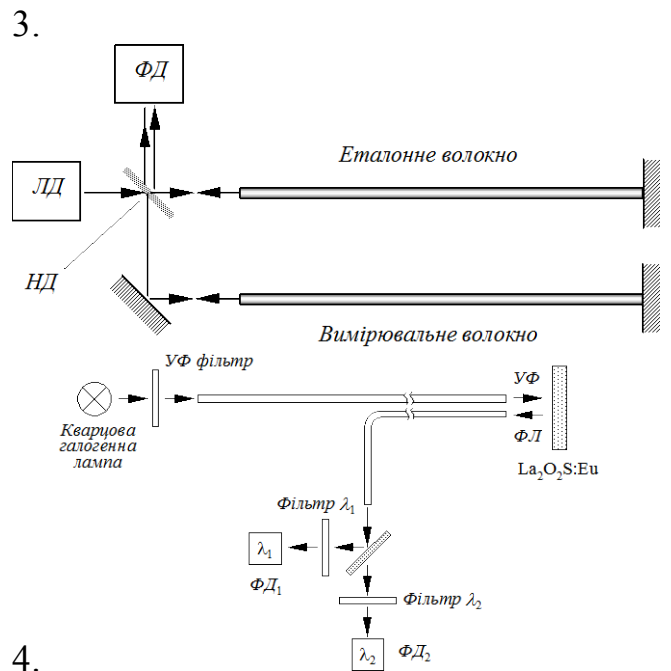
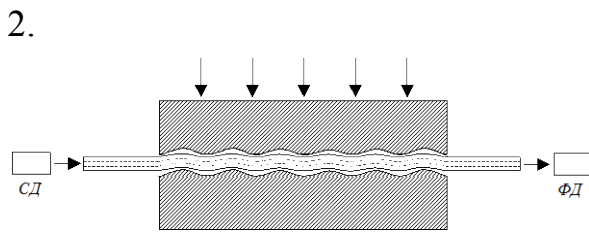
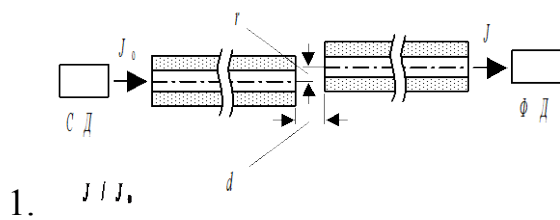
2. роздвоєнні світлового пучка при проходженні через анізотропне середовище на дві хвилі, що мають однакову поляризацію, однакові показники заломлення, однакові швидкості й напрямки розповсюдження

3. роздвоєнні світлового пучка при проходженні через анізотропне середовище на дві хвилі, що мають однакову поляризацію, відмінні показники заломлення однакові швидкості й напрямки розповсюдження

4. роздвоєнні світлового пучка при проходженні через анізотропне середовище на дві хвилі, що мають різну поляризацію, відмінні показники заломлення, однакові швидкості й напрямки розповсюдження

14

21. Виберіть схему інтерференційної схеми вимірювання видовження (укорочення) оптичного волокна:



22. Число мод в оптичному волокні визначається формулою (V – нормована товщина оптичного волокна):

1. $N = 1 + \frac{2}{\pi} V$

3. $N = 1 + \text{Int} \left\{ \frac{2}{\pi} V \right\}$

2. $N = 1 + V$

4. $N = \text{Int} \left\{ \frac{2}{\pi} V \right\}$

23. Константою розповсюдження хвилеводу називають величину, яка визначається за формулою:

1. $\beta = \frac{\omega}{c} n_1 \sin \theta_2$

3. $n_{\text{еф}} = n_2 \sin \theta_1$

2. $n_{\text{еф}} = n_1 \sin \theta_1$

4. $\beta = \frac{\omega}{c} n_1 \sin \theta_1 = \frac{2\pi}{\lambda} n_1 \sin \theta_1 = k n_1 \sin \theta_1$

24. Відомо, що різниця фаз виникає при відбиванні від межі поділу хвилеводу з підкладинкою ϕ_2 і покриттям ϕ_3 . Тому умова самоузгодження світлового поля в плоскому хвилеводі приводить до характеристичного рівняння, тобто умови існування хвилеводних мод:

1. $\beta = \frac{\omega}{c} n_1 \sin \theta_2$

3. $n_{\text{еф}} = n_2 \sin \theta_1$

2. $n_{\text{еф}} = n_1 \sin \theta_1$

4. $\frac{2\pi}{\lambda} n_1 2d \cos \theta_1 - \phi_2 - \phi_3 = m \cdot 2\pi$

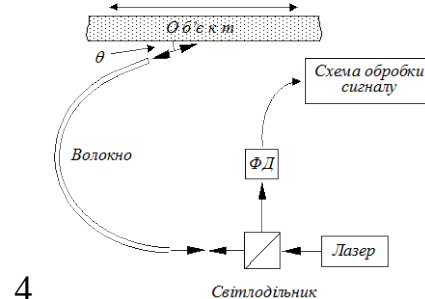
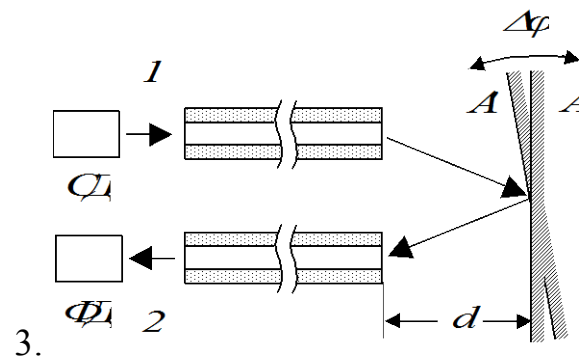
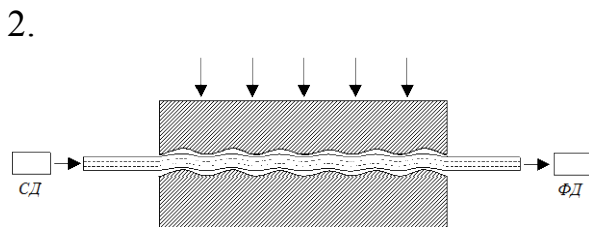
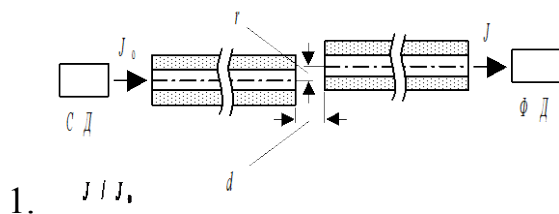
25. Умова одномодовості хвилеводу має вигляд:

1. $N=1+\text{Int}\left\{\frac{2}{\pi} V\right\}=1+\text{Int}\left\{\frac{2d}{\lambda} NA\right\}$
2. $N=1+2dNA$
3. $\frac{2d}{\lambda} NA < 1$
4. $\frac{2\pi}{\lambda} n_1 2d \cos\theta_1 - \phi_2 - \phi_3 = m \cdot 2\pi$

26. При повному внутрішньому відбиванні промінь виходить з матеріалу з меншою оптичною густиною в точці, децю зміщеної від точки падіння. Це зміщення називається:

1. Зсувом Гуса-Хенгена
2. Зсувом Бугера-Ламберта
3. Зсувом Маха-Цендера
4. Зсувом Франца-Келдиша

27. Виберіть схему, на якій зображено волоконно-оптичний вимірювач швидкості на ефекті Доплера:



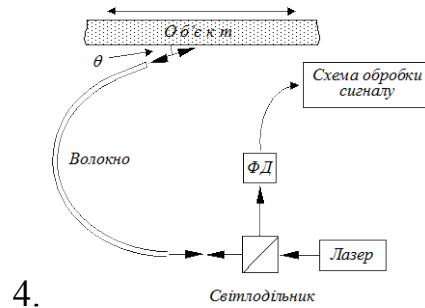
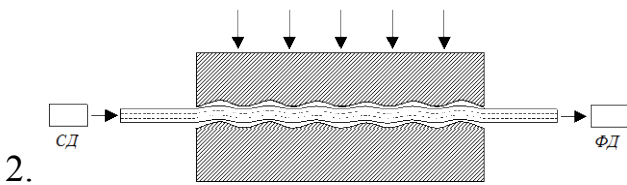
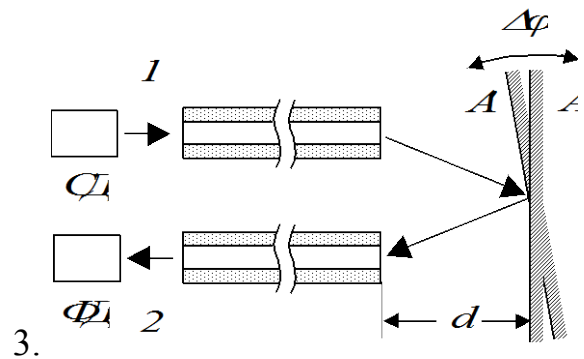
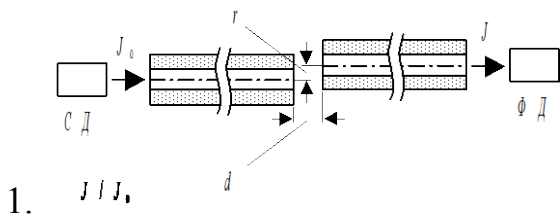
28. Проходження світла по хвилеводу супроводжується наступними видами втрат. Як у планарному, так і стрічковому оптичному хвилеводах втрати, які зазнає світлова хвиля, обумовлюються

1. Розсіюванням в об'ємі хвилеводу і на його поверхні
2. Випромінюванням енергії в підкладинці
3. Поглинанням у матеріалі хвилеводу
4. Поглинанням у матеріалі покривного шару

29. Енергетичний зсув краю власного поглинання в довгохвильову область спектру, що описується виразом $\delta E_g = \left(\frac{e^2 \hbar^2 F^2}{m_n^*} \right)^{1/3}$ називається ефектом:

1. Гуса-Хенгена
2. Бугера-Ламберта
3. Маха-Цендера
4. Франца-Келдиша

30. Виберіть схему, на якій зображено волоконно-оптичний сенсор мікропереміщень або кутів повороту:



31. До методів виготовлення інтегрально-оптичних хвилеводів відносяться:

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Вакуумне термічне випаровування | 3. Газофазна променева епітаксія |
| 2. Іонне розпилення | 4. Молекулярно-променева епітаксія |

32. Втрати в лінії передачі прийнято виражати в логарифмічній шкалі, а оскільки затухання залежить від довжини, то їх відносять до одиниці довжини, тобто виражають у дБ/км, користуючись формулою:

1. $\xi = \frac{10 \lg_{10} \left(\frac{I_{вих}}{I_{вх}} \right)}{l}$

3. $\xi = \frac{10 \lg_{10} (I_{вих})}{l}$

2. $\xi = \lg_{10} \left(\frac{I_{вих}}{I_{вх}} \right)$

4. $\xi = \frac{\lg_{10} (I_{вих})}{l}$

33. Кут падіння θ , при меншому за який повне внутрішнє відбивання не відбувається визначається співвідношенням коефіцієнтів заломлення матеріалу, з якого виготовлене оптичне волокно, n_1 і матеріалу, що його оточує, n_2 наступним чином:

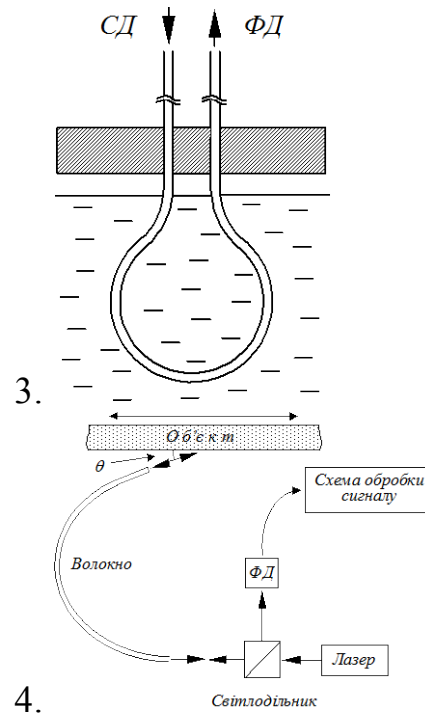
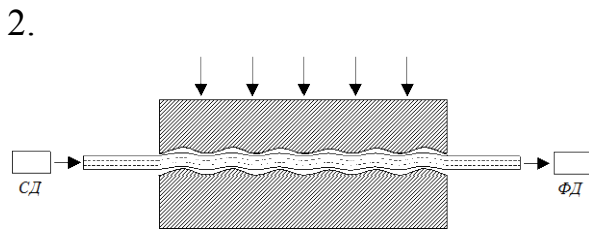
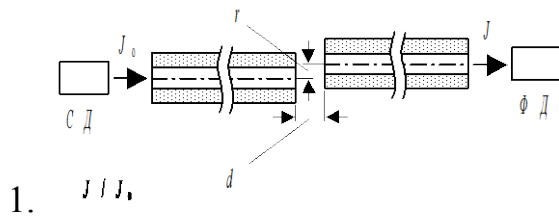
1. $\theta > \theta_c = \sin \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$

3. $\theta > \theta_c = \arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$

2. $\theta > \theta_c = \arcsin(n_2)$

4. $\theta > \theta_c = \sin(n_2)$

34. Виберіть схему, на якій зображено волоконно-оптичний сенсор переміщення об'єкту:



35. Числовою характеристикою, яка пов'язує критичний кут повного відбивання з кутом падіння променя на торець світловолокна φ , є його **апертура** NA ($\sin \varphi_{\max}$) (показники заломлення серцевини і оболонки світловолокна n_1 і n_2) і визначається формулою:

1. $\sin \varphi_{\max} = n_1^2 - n_2^2$

3. $\sin \varphi_{\max} = (n_1^2 - n_2^2)^2$

2. $\sin \varphi_{\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$

4. $\sin \varphi_{\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$

36. Групова швидкість хвилі залежить від фазових швидкостей її гармонічних складових за формулою Релей, але не рівна їх середньому значенню v , оскільки залежить від того, наскільки швидко показник заломлення змінюється з частотою:

1. $u_{gr} = \lambda \frac{dv}{d\lambda}$

3. $u_{gr} = v - \frac{dv}{d\lambda}$

2. $u_{gr} = v - \lambda \frac{dv}{d\lambda}$

4. $u_{gr} = v - \lambda$

37. Формула Бугера-Ламберта має вигляд:

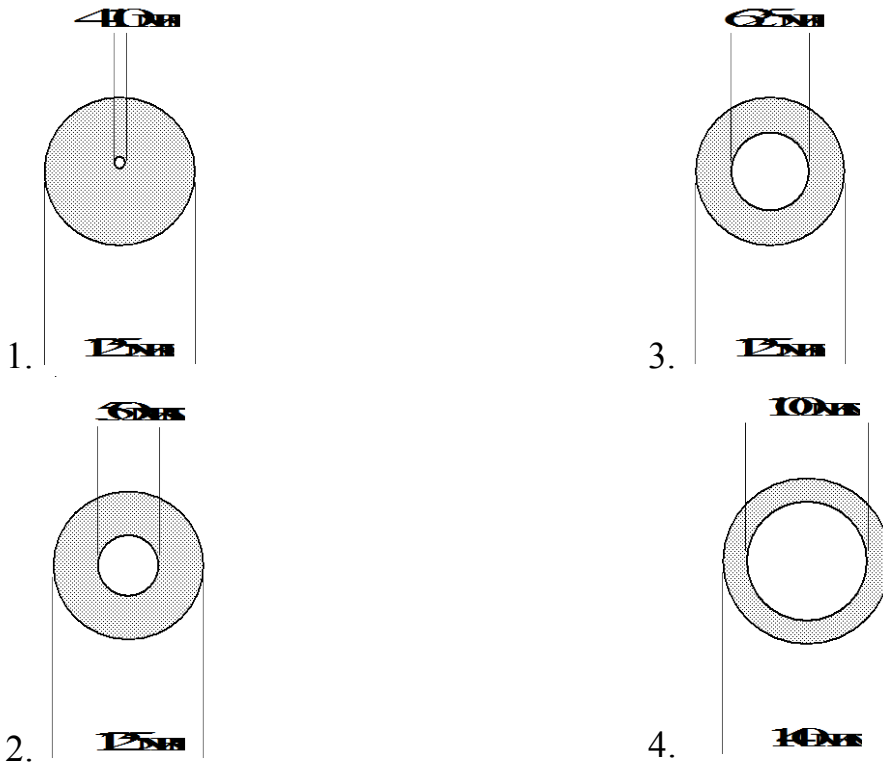
1. $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$,

3. $\mathbf{D} = \epsilon \epsilon_0 \mathbf{E}$

2. $L = L_0 e^{-az}$

4. $\mathbf{B} = \mu \mu_0 \mathbf{H}$

38. Виберіть малюнок, на якому зображене одномодове оптичне волокно.



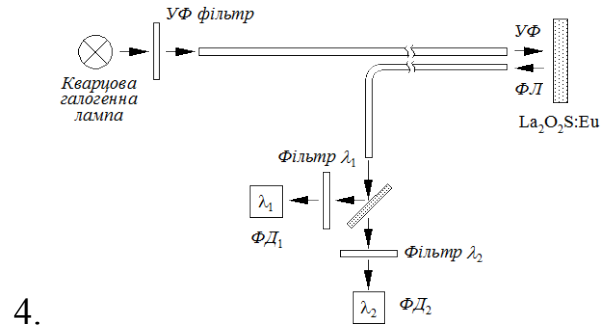
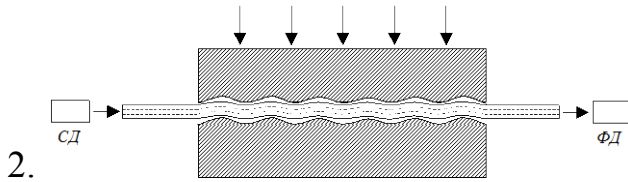
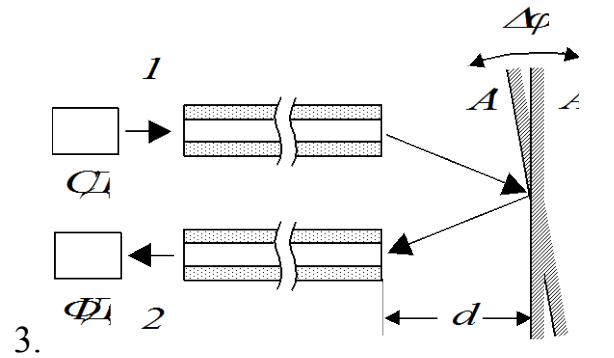
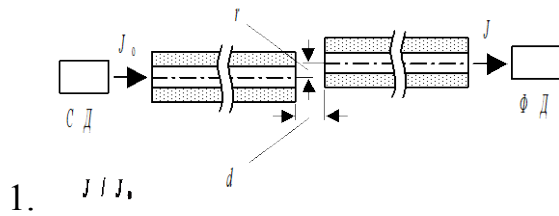
39. Вкажіть на метод ущільнення каналу передачі інформації, в якому використовується випромінювання лазерних діодів з відмінною довжиною хвилі:

1. Ущільнення по поляризації.
2. Часове ущільнення.
3. Частотне ущільнення.
4. Спектральне мультиплексування.

40. Матеріальна дисперсія в оптичному волокні зумовлена:

1. Залежністю показника заломлення сердцевини n_1 від довжини хвилі (частоти коливань)
2. Залежністю показника заломлення оболонки n_2 від довжини хвилі (частоти коливань)
3. Залежністю показника заломлення оболонки n_2 від довжини інтенсивності світла
4. Залежністю показника заломлення сердцевини n_1 від інтенсивності світла

41. Виберіть схему, на якій зображено Волоконно-оптичний сенсор температури 220-520 К:



42. Хвильоводна дисперсією визначається

1. Спектральною залежністю показника заломлення $n(\lambda)$
2. Спектральною залежністю показника заломлення оболонки $n(\lambda)$
3. Співвідношенням діаметра серцевини волокна d і довжини хвилі λ
4. Співвідношенням діаметра серцевини оболонки d і довжини хвилі λ

43. Розсіяння світла, спричиненого об'єктами, набагато меншими довжини хвилі описується законом:

1. $J \sim \lambda^{-2}$
2. $J \sim \lambda^{-4}$
3. $J \sim \lambda$
4. $J \sim \lambda^{-6}$

44. Радіаційні втрати в оптичному волокні – це втрати зумовлені:

1. Порушеннями геометричної форми серцевини та оболонки
2. Порушеннями геометричної форми оболонки.
3. Порушеннями геометричної форми серцевини та оболонки.
4. Наявності радіаційного фону.

45. Оптичні вікна для передачі інформації на залежності затухання від довжини хвилі λ має місце при:

1. $\lambda=1.55$ мкм
2. $\lambda \approx 1.3$ мкм
3. $\lambda \approx 0.65$ мкм
4. $\lambda=0.35$ мкм

46. Назвіть методи виготовлення оптичних волокон:

1. Метод подвійного тигля.
3. Витягування тонкої скляної нитки із заготівки.

2. Хімічне осадження з парової фази. 4. Метод твердофазної епітаксії.

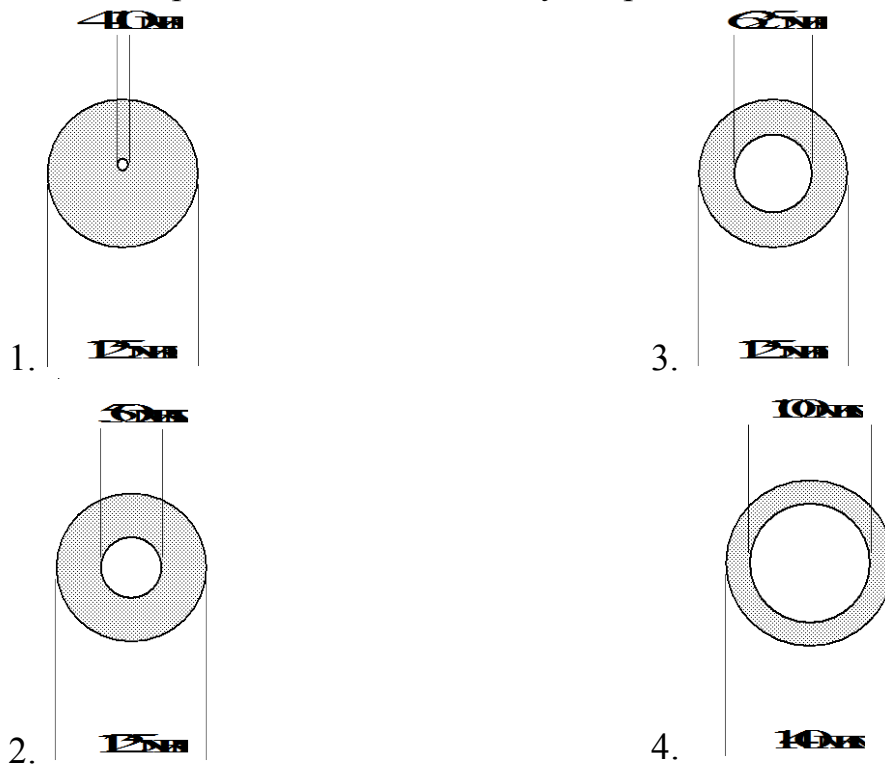
47. Назвіть обов'язкові елементи волоконно-оптичної лінії зв'язку

- 1. Джерело світла.
- 2. Волоконно-оптичний кабель.
- 3. Фотоприймач.
- 4. Повторювач.

48. У залежності від довжини, ВОЛЗ умовно поділяють на:

- 1. Об'єктові.
- 2. Міські.
- 3. Зонові (міжміські).
- 4. Магістральні.

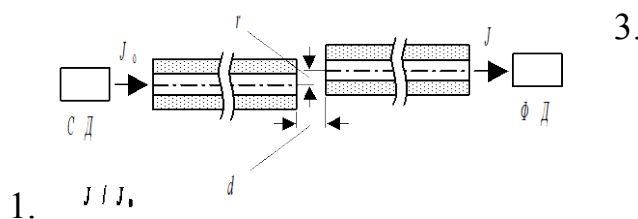
49. Виберіть малюнок, на якому зображене багатомодове оптичне волокно.



50. Із переліку параметрів деяких оптичних волокон вкажіть яке відповідає одномодовому (Діаметр серцевини/оболонки (мкм))

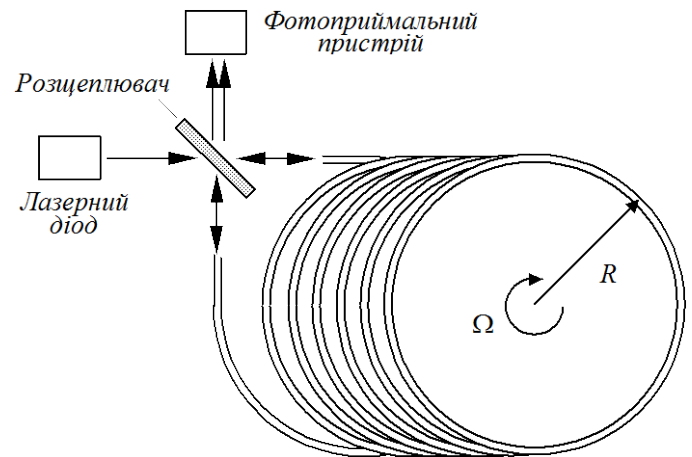
- 1. 50/125
- 2. 4-5/80
- 3. 85/125
- 4. 1 мм

51. Виберіть схему роботи волоконно-оптичного гіроскопа інтерференційного типу:

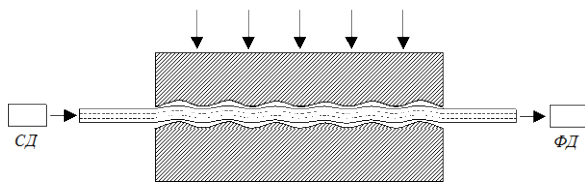


1. J J J.

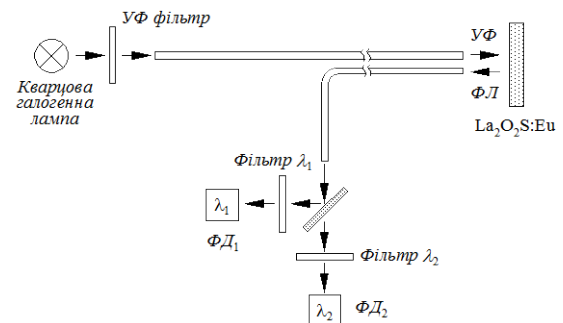
3.



2.



4.



52. Із переліку параметрів деяких оптичних волокон вкажіть яке відповідає пластиковому (Діаметр серцевини/оболонки (мкм))

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. 50/125 | 3. 85/125 |
| 2. 4-5/80 | 4. 1 мм |

53. Розповсюдженими обрамлюючими матеріалами, які застосовуються у волоконно-оптичних кабелях, є

- | | |
|------------------|----------------|
| 1. Нейлон. | 3. Поліуретан. |
| 2. Поліпропілен. | 4. Кварц. |

54. Виберіть зайвий елемент із будови одножильного волоконно-оптичного кабелю.

- | | |
|------------------|----------------------------------|
| 1. Серцевина. | 3. Зовнішнє покриття. |
| 2. Буферний шар. | 4. Стальний укріплюючий елемент. |

55. Потрібну інформацію вводять у світлову хвилю в результаті наступних видів модуляції:

- | | |
|---------------|------------------|
| 1. Амплітудна | 3. Фазова |
| 2. Частотна | 4. Поляризаційна |

56. Відомо, що глибина модуляції характеризує ступінь зміни інтенсивності світла під дією керуючого сигналу. Якщо інтенсивність світла на виході модулятора при максимальному його пропусканні через L_{\max} , а при мінімальному пропусканні через L_{\min} , тоді за визначенням глибина модуляції має вид:

$$1. M_o = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max}}$$

$$2. M_o = L_{\max} - L_{\min}$$

$$3. M_o = \lambda \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max}}$$

$$4. M_o = \frac{L_{\min}}{L_{\max}}$$

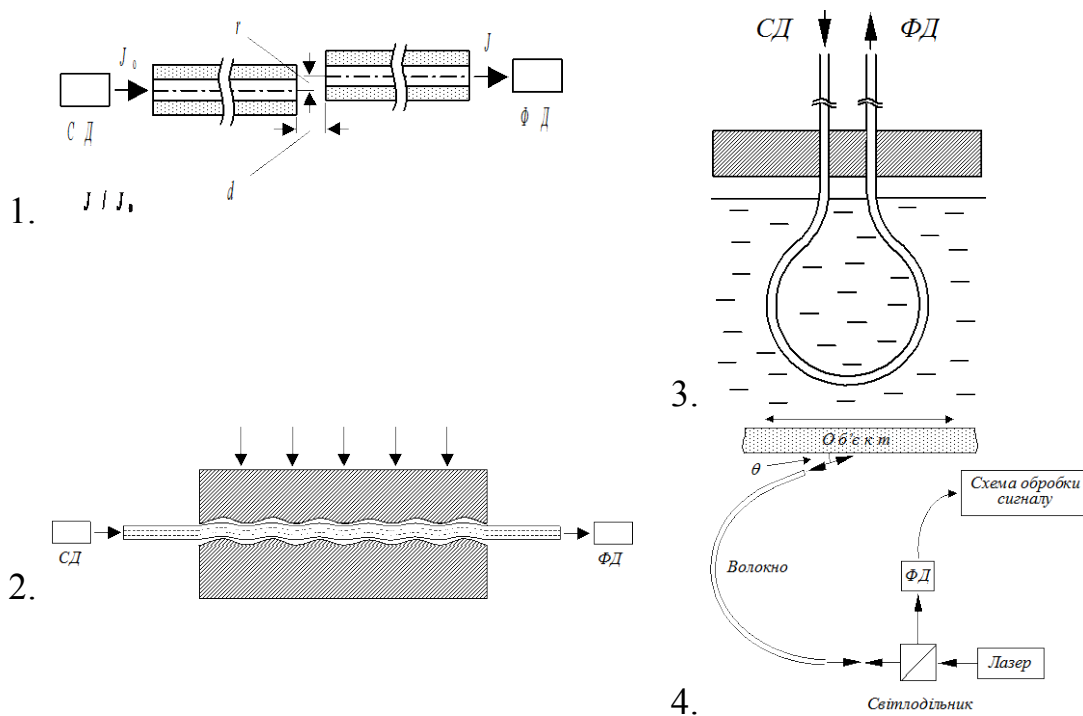
57. Параметр, характеризує ступінь зміни інтенсивності світла під дією керуючого сигналу оптичного модулятора називається:

1. Глибина модуляції.
2. Оптичні втрати.
3. Півхвильова напруга.
4. Смуга пропускання.

58. Параметр, характеризує відношення інтенсивності світла на виході модулятора при максимальному його пропусканні L_{\max} до інтенсивності падаючого світла L_o оптичного модулятора називається:

1. Глибина модуляції.
2. Оптичні втрати.
3. Півхвильова напруга.
4. Смуга пропускання.

59. Виберіть схему, на якій зображено волоконно-оптичний сенсор тиску на мікрОВИГИНАХ оптичного волокна:



60. Параметр оптичного модулятора, характеризує величину напруги, під дією якої пристрій переводиться із стану з мінімальним пропусканням світла в стан з максимальним пропусканням називається:

1. Глибина модуляції.
2. Оптичні втрати.
3. Півхвильова напруга.
4. Смуга пропускання.

61. Параметр оптичного модулятора, що визначає спектральний діапазон, в якому модулюючий матеріал є прозорим називається:

- 1. Глибина модуляції.
- 2. Оптичні втрати.
- 3. Півхвильова напруга.
- 4. Смуга прозорості.

62. Параметр оптичного модулятора, що характеризує затрачену електричну енергію називається:

- 1. Глибина модуляції.
- 2. Оптичні втрати.
- 3. Півхвильова напруга.
- 4. споживана потужність, віднесена до одиниці смуги частот.

63. Вкажіть на метод ущільнення каналу передачі інформації, в якому використовується модуляція випромінювання по інтенсивності на одній частоті f_1 , другій f_2 , третій f_3 і т.д.:

- 1. Ущільнення по поляризації.
- 2. Часове ущільнення.
- 3. Частотне ущільнення.
- 4. Спектральне мультиплексування.

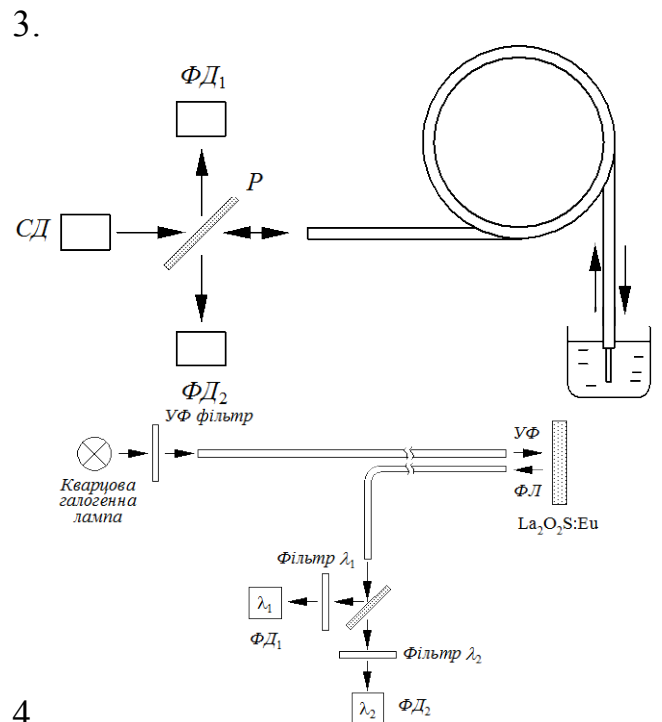
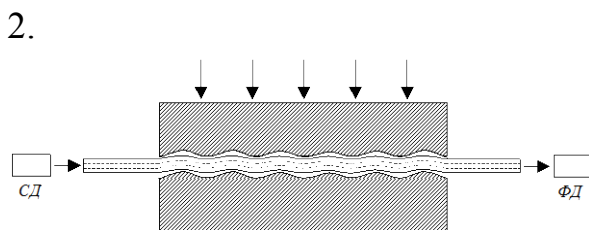
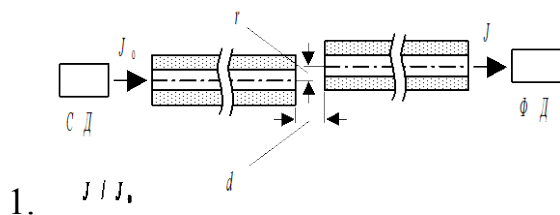
64. Вкажіть на метод ущільнення каналу передачі інформації, при якому кожному каналу відповідає "свій" кут поляризації світла:

- 1. Ущільнення по поляризації.
- 2. Часове ущільнення.
- 3. Частотне ущільнення.
- 4. Спектральне мультиплексування.

65. Значення загасання в перших розроблених оптичних волокнах були порядку:

- 1. 20 дБ/км
- 2. 0,35 дБ/км
- 3. 0,25 дБ/км
- 4. 10 дБ/км

66. Виберіть схему сенсора на температурній залежності числової апертури оптичного волокна:



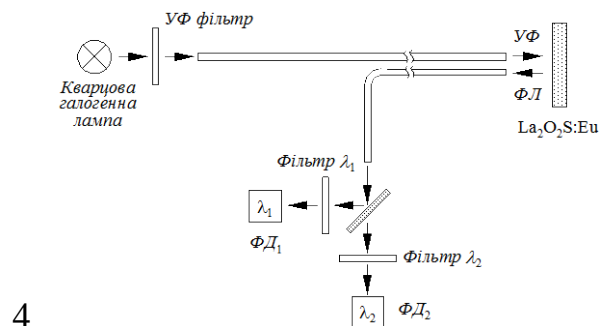
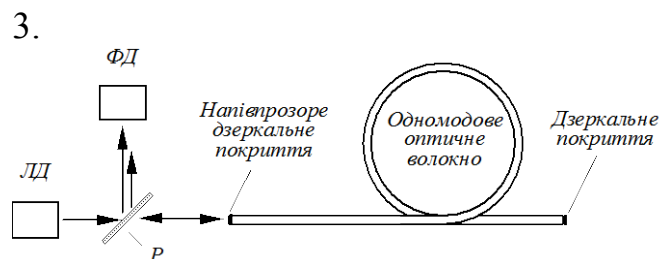
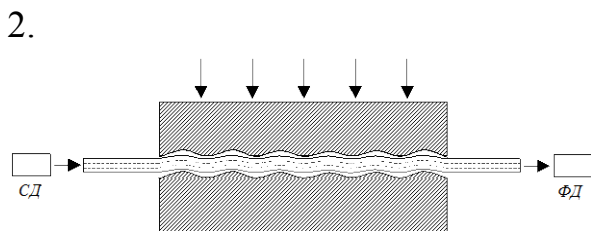
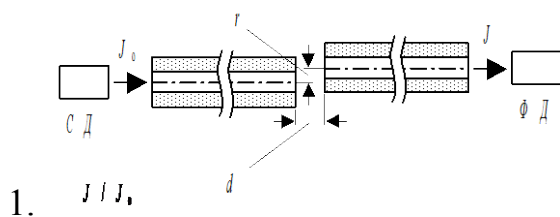
67. На сьогодні використовуються оптоволоконні кабелі із WDM зі швидкостями передачі дані до:

1. 40 Гбіт/с
2. 400 Гбіт/с
3. 3 Тбіт/с
4. 1 Мбіт/с

68. Електричні й механічні аспекти сполучення, щоб устаткування зв'язку від різних виробників могло працювати спільно визначає:

1. Стандарти інтерфейсів
2. Кодування
3. Протоколи
4. Контроль лінії

69. Виберіть схему сенсора температури на основі волоконно-оптичного інтерферометра Фабрі-Перо:



70. Теоретичну максимальну швидкість передачі даних для реального каналу можна обчислити, використовуючи наступний закон Шеннона – Хартлі:

1. $C = 2B \log_2(1 + S/N)$, bps
2. $C = 2B \log_2 M$, Mbps
3. $C = B \log_2 M$, bps
4. $C = 2 \log_2 M$, bps

71. Назвіть основні типи оптичного волокна, що відрізняються числом мод, і своїми фізичними властивостями

1. Одномодове волокно
2. Багатомодове волокно зі ступеневим профілем показника заломлення
3. Одномодове волокно із градієнтним профілем показника заломлення
4. Багатомодове волокно із градієнтним профілем показника заломлення

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Хансперджер Р. Интегральная оптика.-М.:Мир.- 1985.
2. Носов Ю.Р.Оптоэлектроника.-М.:Радио и связь.г-1989.-360с.
3. Хаус Х.Волны и поля в оптоэлектронике. -М.: Мир.- 988.-432с.
4. Осинский В.Й. Интегральная оптоэлектроника.-Минск: Наука и техника.- 1977.-248с.
5. Интегральная оптика: Пер.с англ./Под.ред.Тамира Т.-М.: Мир-1978, 344с.
6. Свечников Г.С.Элементы интегральной оптики.-М.:Радио и овязь.1987.- 123с.
7. Введение в оптоэлектронику: учеб.пособие для вузов / И.К.Верещагин, Л.А.Косяченко, С.М.Кокин.- М.: Высш.шк., 1991.- 191 с.
8. Чео П.К. Волоконная оптика: Приборы и системы.- М.: Энергоатомиздат, 1988.- 280 с.
9. Оптика в связь: Опт.передача и обработка информации / А.Козане, Ж.Флере, Г.Мэтр, М.Руссо.- М.: Мир,1984.- 504 с.
- 10.Дж. Гауэр. Оптические системы связи.- М.: Радио и связь, 1989. - 503 с.
- 11.Дэвид Бейли, Эдвин Райт/ Волоконная оптика: теория и практика/Пер. с англ. - М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2008. - 320 с.
- 12.Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. — М.: Эко-Трендз, 2-е стереотипное изд. 2002. - 269 с.
- 13.Шмалько А.В. Цифровые сети связи: основы планирования и построения. - М.: Эко-Трендз, 2001. - 283 с.

Допоміжна література

- 14.Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (АТМ, РDН, SDН, SONET и WDM). - М.: «Радио и связь», 2-е исправленное изд., 2003. - 468с.
- 15.Волоконно-оптические системы передачи и кабели: Справочник / И.И.Гроднев, А.Г.Му-радян, Р.М.Шарафутдинов и др. - М.: Радио и связь, 1993. — 264 с.
- 16.Агравал Г. Нелинейная волоконная оптика: Пер. с англ. / Под ред. П.В. Мамышева. — М.: Мир, 1996. - 324 с.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. www.pidruchniki.com.ua
2. www.twirpx.com

Методичне видання

Гомоннай
Олександр Олександрович

– доцент кафедри оптики
фізичного факультету
ДВНЗ "УжНУ",
кандидат фіз.-мат. наук

Гуранич
Павло Павлович

– завідувач кафедри оптики
фізичного факультету
ДВНЗ "УжНУ",
кандидат фіз.-мат. наук

Гомоннай
Олександр Васильович

професор кафедри прикладної
фізики фізичного факультету
ДВНЗ "УжНУ",
доктор фіз.-мат. наук

Методичні рекомендації та тестові завдання для студентів фізичного факультету спеціалізації 172 Телекомунікації та радіотехніка

Гомоннай О.О., Гуранич П.П., Гомоннай О.В.

”Фізика оптичного зв’язку”

Методичні рекомендації та тестові завдання
для студентів вищих навчальних закладів
III - IV рівнів акредитації
Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка

Формат 60×84/16. Умовн. друк. арк. 1,62. Зам № 109 Наклад 100 прим.
Видавництво УжНУ "Говерла". м. Ужгород, вул Капітульна, 18. Тел.: 3-32-48.

*Свідоцтво про внесення до державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції –
Серія 3т № 32 від 31 травня 2006 року*