

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

Сливка О.Г., Гомоннай О.О., Гомоннай О.В.

”Волоконна оптика та оптичні системи зв’язку”

**Методичні рекомендації та тестові завдання
для студентів вищих навчальних закладів
III - IV рівнів акредитації
Спеціальність: 8.070203. «Прикладна фізика»**

Ужгород – 2013

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

Сливка О.Г., Гомоннай О.О., Гомоннай О.В.

”Волоконна оптика та оптичні системи зв’язку”

**Методичні рекомендації та тестові завдання
для студентів вищих навчальних закладів
III - IV рівнів акредитації
Спеціальність: 8.070203. «Прикладна фізика»**

Ужгород – 2013

Сливка О.Г., Гомоннай О.О., Гомоннай О.В. "Волоконна оптика та оптичні системи зв'язку. Методичні рекомендації та тестові завдання". – Ужгород.: ДВНЗ "УжНУ", 2013. – 25 с.

У методичних рекомендаціях викладено деталізовану програму, контрольні запитання та тестові завдання з дисципліни „Волоконна оптика та оптичні системи зв'язку” згідно кредитно-модульної організації навчального процесу, яка читається для студентів 5-го курсу фізичного факультету спеціальності 8.070203 „Прикладна фізика” 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 5-го курсу фізичного факультету ДВНЗ "УжНУ", які проходять навчання на кафедрі прикладної фізики зі спеціальності 8.070203 „Прикладна фізика” 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:

Ажнюк Ю.М. – доктор фіз.-мат. наук, с. н. с. Інституту електронної фізики НАН України,

Пуґа П.П. – доктор фіз.-мат. наук, пров. н. с. Інституту електронної фізики НАН України

Рекомендовано до друку методичною радою фізичного факультету
Ужгородського національного університету
Протокол № 9 від 16 травня 2012 р

© Сливка О.Г., Гомоннай О.О., Гомоннай О.В. 2013 р.

© ДВНЗ "Ужгородський національний університет", 2013 р.

ЗМІСТ

I. Загальні положення	4
II. Обсяги навчального навантаження.....	5
III Тематичний план дисципліни.....	5
IV. Графік навчального процесу.....	6
V. Зміст програми за темами.....	6
VI. Теми для самостійного опрацювання.....	8
VII. Питання для модульних контролів.....	8
VIII. Тестові завдання для перевірки знань.....	10
IX. Основна навчальна література.....	25
X. Додаткова література.....	25

I. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Створення лазерів (1961 р.) привело до появи нової хвилі теоретичних і прикладних досліджень в оптиці, а саме у вивченні оптичних методів обробки та передачі інформації. Це привело до появи нових розділів сучасної оптики таких, як голографія, волоконна оптика, нелінійна оптика, інтегральна оптика, оптична обробка інформації та інші, котрі складають основу нового науково-технічного напрямку -фотоніка.

Видозмінюючи добре відомі функції електроніки, фотоніка вивчає виготовлення, передачу, обробку, приймання, збереження і відтворення інформації, відображеної в електромагнітних хвилях оптичного діапазону. Сам термін «фотоніка» використовується по аналогії до терміну «електроніка» і підкреслює той факт, що фотон, як матеріальний агент інформаційних систем, може виконувати всі функції, котрі виконує електрон. На сьогоднішній день ряд практичних задач фотоніка вирішує одночасно з використанням електричних методів обробки та виготовлення інформації. Через це в науковій літературі утвердився і часто вживаний термін «оптоелектроніка». Сучасна фотоніка синтезує в собі досягнення цілих областей науки (оптики, квантової і напівпровідникової електроніки, електро-, магніто-, акустооптики, теорії інформації, ергономіки та ін.). Її рівень розвитку характеризується не тільки устояними концепціями і колом досліджених явищ, але і освоєнням нових технологій виготовлення основних елементів та пристроїв.

Найбільш вагомий практичний успіх фотоніки досягнуто в області створення волоконно-оптичних систем зв'язку. Освоєння промисловістю випуску оптичних волокон з гранично низькими втратами, розробка мініатюрних світлодіодів і напівпровідникових лазерів, а також високочутливих фотодіодів - все це дозволило створити волоконно-оптичні лінії передачі інформації, які уже сьогодні працюють в багатьох країнах світу. Це обумовлює необхідність підготовки спеціалістів по експлуатації систем оптичного зв'язку і оптичної обробки інформації.

Метою даного курсу є ознайомлення студентів з такими основними розділами сучасної фотоніки, як волоконна оптика та оптичні методи в інформатиці; а також вивчення фізичних явищ, які закладені в основу роботи оптоелектронних елементів та пристроїв для виготовлення, обробки, запису, відтворення та передачі оптичної інформації.

II. ОБСЯГИ НАВЧАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

5 курс 1 семестр	
Лекції	46 години
Самостійна робота	26 години
Форма контролю – іспит	
Всього: 72 годин (2,5) кредити	

III ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

	Кількість годин (лекції)
Змістовний модуль №1	
1. Вступ до курсу.	2
2. Поширення електромагнітних хвиль.	2
3. Оптичні матеріали для хвилеводів	2
4. Вимірювання характеристик оптичних волокон.	4
5. Планарні діелектричні хвилеводи	4
6. Циліндричні діелектричні хвилеводи	4
7. Оптичні кабелі та з'єднання. Волоконно-оптичні датчики.	4
Змістовний модуль №2	
8. Модулятори оптичного випромінювання.	2
9. Оптичні дефлектори. Оптичні транспаранти.	2
10. Оптичні методи запису та збереження інформації.	2
11. Розпізнавання оптичної інформації.	2
12. Фізичні принципи аналогової оптичної обробки інформації.	4
13. Структура та основні види оптичних систем зв'язку.	6
14. Волоконно- оптичні системи зв'язку	6

IV. ГРАФІК НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Тижні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Модулі	Змістовний модуль №1								Змістовний модуль №2								
Контроль	Контрольна робота Модульний контроль								Контрольна робота Модульний контроль								

V. ЗМІСТ ПРОГРАМИ ЗА ТЕМАМИ

Змістовний модуль №1 (22 год.)

1. Предмет "Волоконна оптика та оптичні системи зв'язку". Мета і задачі спецкурсу "Волоконна оптика та оптичні системи зв'язку". Історичний розвиток та основні розділи фотоніки.
2. Поширення електромагнітних хвиль. Хвильове рівняння, плоскі хвилі. Поглинання світла. Дисперсія. Відбивання плоскої хвилі від межі двох середовищ.
3. Поширення світла в оптичних волокнах. Поширення світла в атмосфері. Оптичні волокна. Оптимізація оптичних волокон. Імпульсний відгук та передаточна функція. Одномодові волокна.
4. Оптичні матеріали для хвилеводів. Типи оптичних хвилеводів. їх основні характеристики та методи виготовлення. Метод подвійного тигеля. Метод напилення на основі окислення в газовій фазі. Захисні покриття оптичних хвилеводів. Кварцеві волокна.
5. Вимірювання характеристик оптичних волокон. Методи вимірювання оптичних втрат волокна. Методи вимірювання профілю показника заломлення. Методи вимірювання числової апертури. Вимірювання дисперсії. Вимірювання імпульсного відгуку та передаточної функції волокна. Вимірювання часової дисперсії. Середньоквадратична тривалість імпульсів.

Задання для самоперевірки з курсу "Волоконна оптика та оптичні системи зв'язку"

6. Планарні діелектричні хвилеводи. Направляючі моди. Рішення хвильового рівняння для планарних хвилеводів. Розподіл енергії та коефіцієнт обмеження.
7. Циліндричні діелектричні хвилеводи. Скалярне хвильове рівняння. Скалярне поле ступінчатих волокон. Наближення слабо направляючих мод в ступінчатих волокнах. Поширення електромагнітних хвиль в градієнтних оптичних хвилеводах. Моди в градієнтних волокнах. Міжмодова дисперсія в градієнтних волокнах. Внутрішньомодова дисперсія в градієнтних волокнах. Загальна дисперсія.
8. Оптичні кабелі та з'єднання. Типи оптичних кабелів, переваги та недоліки. Оптичні з'єднання. Основні причини втрат світлової енергії при з'єднанні оптичних волокон.
9. Волоконно-оптичні датчики.

Змістовний модуль №2 (24 год.)

10. Модулятори оптичного випромінювання. Методи модуляції світла. Характеристики та параметри оптичних модуляторів. Зовнішня та внутрішня модуляція світла.
11. Оптичні дефлектори. Електрооптичні та акустооптичні дефлектори.
12. Оптичні транспаранти. Типи та принцип дії оптичних транспарантів.
13. Оптичні методи запису та збереження інформації. Постійна та оперативна оптична пам'ять. Геометрична і хвильова теорія формування зображень. Форми представлення відеоінформації. Оптичні методи запису одновірних масивів інформації. Оптичні методи запису двохвірних масивів інформації. Голографічні методи запису інформації. Міжнародні та національні стандарти в області оптичного запису інформації.
14. Розпізнавання оптичної інформації, технічний зір. Оптичні просторові коррелятори світла. Цифрова обробка полів в оптичних системах. Особливості розпізнавання графічної та текстової інформації, автоматичне читання і обробка текстів.
15. Фізичні принципи цифрової оптичної обробки інформації. Оптичні бістабільні пристрої та логічні елементи.
16. Фізичні принципи аналогової оптичної обробки інформації. Фізичні принципи створення оптичної асоціативної пам'ять. Оптичний нейрокомп'ютер. Генерація структур в оптичних системах з двохвірним зворотнім зв'язком.
17. Синтез зображень. Графічне представлення інформації. Інтелектуальний графічний інтерфейс. Комп'ютерна оптика.
18. Загальна характеристика оптичних систем зв'язку. Історичний огляд. Вимірювання кількості інформації та інформаційно пропускна здатність лінії зв'язку.
19. Структура та основні види оптичних систем зв'язку.
20. Принцип конструювання та критерії підбору компонент оптичних систем зв'язку.

21. Відкриті оптичні системи зв'язку. Основні характеристики передачі сигналів. Розбіжність світлового пучка. Затухання оптичного випромінювання в атмосфері.
22. Приклади та основні характеристики відкритих оптичних систем зв'язку. Наземні системи зв'язку. Перспективність космічної оптичної системи зв'язку.
23. Волоконно-оптичні системи зв'язку. Економічні переваги волоконно-оптичних систем зв'язку над електричними.
24. Зв'язок на великій відстані. Місцевий розподіл інформації. Телеметрія і локальна передача даних.
25. Цифрові волоконно-оптичні системи зв'язку. Системи першого та другого покоління. Додаткові області використання.
26. Аналогові волоконно-оптичні системи зв'язку. Переваги та недоліки аналогової модуляції. Пряма модуляція по інтенсивності в смузі спектра модульованого сигналу. Використання частотно-модульованої піднесучої частоти.
27. Використання волоконно-оптичних систем зв'язку для локальних мереж зв'язку. Міські мережі зв'язку. Магістральні лінії зв'язку. Оптичні ретранслятори.

VI. ТЕМИ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

1. Методи модуляції світла.
2. Голографічні методи запису інформації. Міжнародні та національні стандарти в області оптичного запису інформації.
3. Розпізнавання оптичної інформації, технічний зір.
4. Фізичні принципи цифрової оптичної обробки інформації.
5. Поширення електромагнітних хвиль. Хвильове рівняння, плоскі хвилі.
6. Поглинання світла. Дисперсія.
7. Відбивання плоскої хвилі від межі двох середовищ.
8. Волоконно-оптичні датчики.
9. Використання волоконно-оптичних систем зв'язку для локальних мереж зв'язку.
10. Оптичні ретранслятори.

VII. ПИТАННЯ ДЛЯ МОДУЛЬНИХ КОНТРОЛІВ

Модульний контроль №1

1. Історичний розвиток фотоніки. Основні розділи фотоніки.
2. Оптичні методи запису та збереження інформації.
3. Фізичні принципи цифрової оптичної обробки інформації. Оптичні бістабільні пристрої та логічні елементи. Оптичні процесори.
4. Фізичні принципи аналогової оптичної обробки інформації.
5. Оптичний зв'язок в інформаційних системах.

Задання для самоперевірки з курсу "Волоконна оптика та оптичні системи зв'язку"

6. Поширення електромагнітних хвиль. Хвильове рівняння, плоскі хвилі. Поглинання світла. Дисперсія. Відбивання плоскої хвилі від межі двох середовищ.
7. Поширення світла в оптичних волокнах.
8. Поширення світла в атмосфері.
9. Оптичні волокна. Оптимізація оптичних волокон.
10. Оптичні матеріали для хвилеводів.
11. Типи оптичних хвилеводів, їх основні характеристики та методи виготовлення.
12. Метод подвійного тигеля.
13. Метод напилення на основі окислення в газовій фазі. Захисти і покриття оптичних хвилеводів.
14. Вимірювання характеристик оптичних волокон.
15. Методи вимірювання оптичних втрат волокна.
16. Методи вимірювання профілю показника заломлення.
17. Методи вимірювання числової апертури.
18. Вимірювання дисперсії.
19. Вимірювання імпульсного відгуку та передаточної функції волокна.
20. Вимірювання часової дисперсії. Середньоквадратична тривалість імпульсів.

Модульний контроль №2

21. Планарні діелектричні хвилеводи.
22. Оптичні кабелі та з'єднання.
23. Типи оптичних кабелів, переваги та недоліки. Оптичні з'єднання.
24. Основні причини втрат світлової енергії при з'єднанні оптичних волокон.
25. Волоконно-оптичні датчики.
26. Загальна характеристика оптичних систем зв'язку.
27. Вимірювання кількості інформації та інформаційно пропускну здатність лінії зв'язку.
28. Структура та основні види оптичних систем зв'язку.
29. Принцип конструювання та критерії підбору компонент оптичних систем зв'язку.
30. Відкриті оптичні системи зв'язку.
31. Приклади та основні характеристики відкритих оптичних систем зв'язку.
32. Наземні системи зв'язку. Перспективність космічної оптичної системи зв'язку.
33. Волоконно- оптичні системи зв'язку. Економічні переваги волоконно-оптичних систем зв'язку над електричними.
34. Зв'язок на далекі відстані. Місцевий розподіл інформації. Телеметрія і локальна передача даних.
35. Цифрові волоконно- оптичні системи зв'язку. Системи першого та другого покоління.
36. Аналогові волоконно- оптичні системи зв'язку. Переваги та недоліки аналогової модуляції.

37. Використання волоконно-оптичні системи зв'язку для локальних мереж зв'язку.

38. Оптичні ретранслятори.

VIII. 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

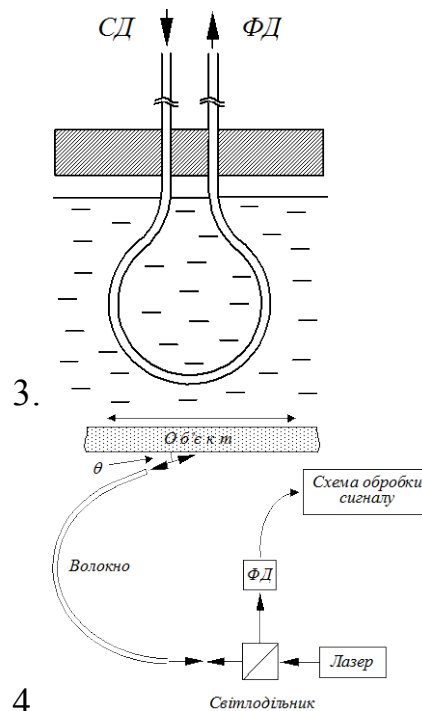
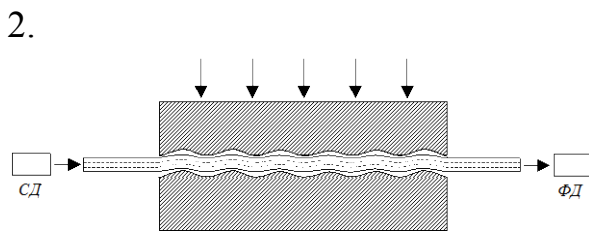
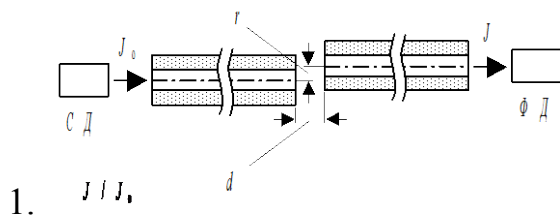
$$1. NA = \sin \theta_a = (n_1^2 - n_2^2)$$

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

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

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

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 | 3. Лява-Мі |
| 2. Раманіським | 4. Тиндаля |

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

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1. Глибина модуляції. | 3. Півхвильова напруга. |
| 2. Оптичні втрати. | 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. $n_{\text{эф}} = n_2 \sin \theta_1$ |
| 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. $C = 2B \log_2 M$, bps | 3. $C = B \log_2 M$, bps |
| 2. $C = 2B \log_2 M$, Mbps | 4. $C = 2 \log_2 M$, bps |

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

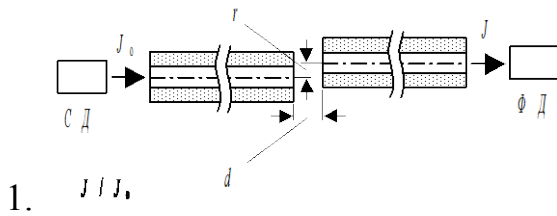
- | | |
|--|--|
| 1. $M = \frac{0.5(NA)^2}{\lambda}$ | 3. $M = \frac{\lambda}{0.5[\theta d(NA)^2]}$ |
| 2. $M = \frac{0.5[\theta d(NA)^2]}{\lambda}$ | 4. $M = \frac{0.5[\theta d(NA)^2]}{\nu}$ |

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

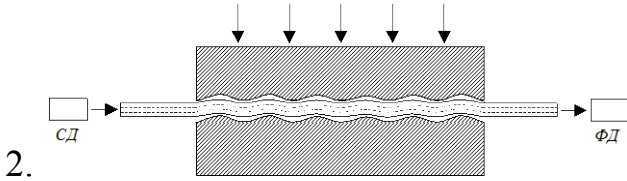
- | | |
|--------------------------|-------------------|
| 1. Стандарти інтерфейсів | 3. Протокол |
| 2. Кодування | 4. Контроль лінії |

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

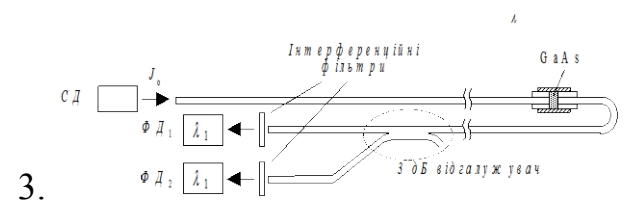
12.



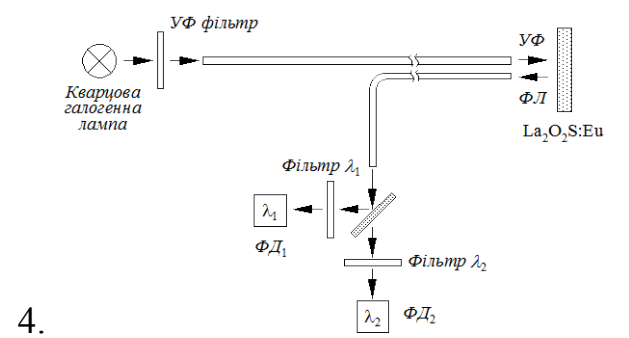
1. J J,



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
- 2. 400 Гбіт/с

- 3. 5 Тбіт/с
- 4. 100 Тбіт/с

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

- 1. Стандарту інтерфейсів
- 2. Кодування

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

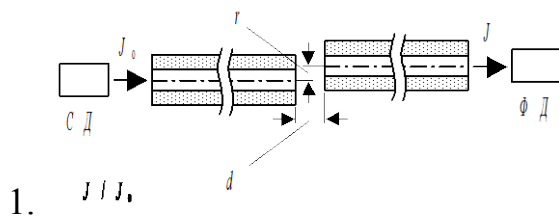
3. $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{N}{3\epsilon_0} \alpha_a$

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

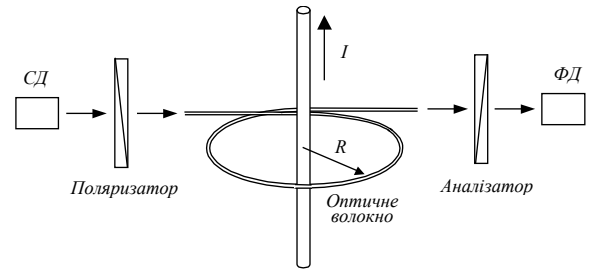
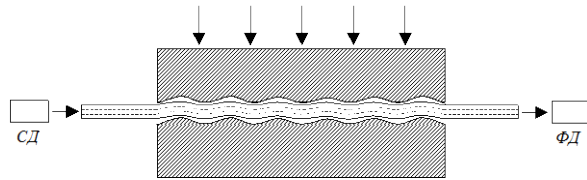
4. $\alpha_a = \sum_i f_i \alpha_{ei} = \sum_i \frac{e^2 / m \cdot f_i}{\omega_{oi}^2 - \omega^2 + i\gamma_i \omega}$

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

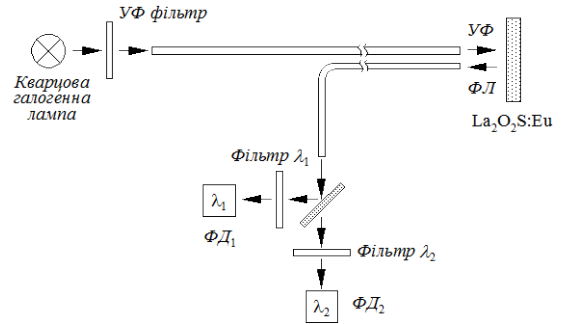
Задання для самоперевірки з курсу "Волоконна оптика та оптичні системи зв'язку"

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

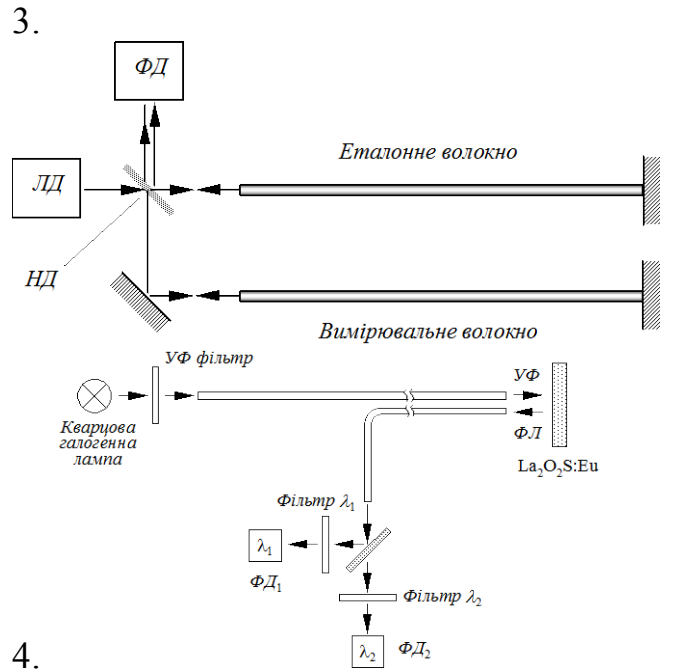
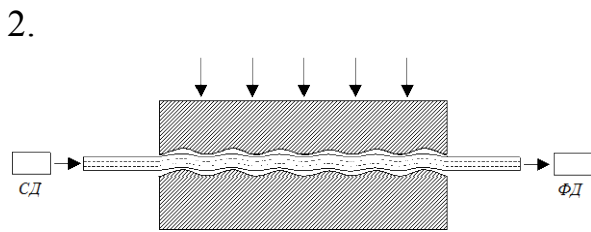
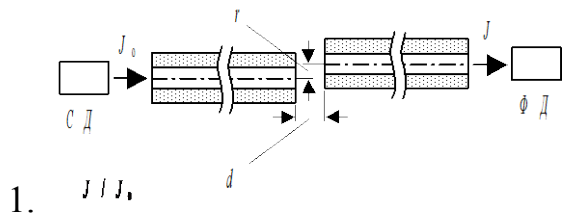
2. роздвоєнні світлового пучка при проходженні через анізотропне середовище на дві хвилі, що мають однакову поляризацію, однакові показники заломлення, однакові швидкості й напрямки розповсюдження

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

2. $N = 1 + V$

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

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

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

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

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

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

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 підкладкою ϕ_2 і покриттям ϕ_3 . Тому умова самоузгодження світлового поля в плоскому хвилеводі приводить до характеристичного рівняння, тобто умови існування хвилеводних мод:

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

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

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

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

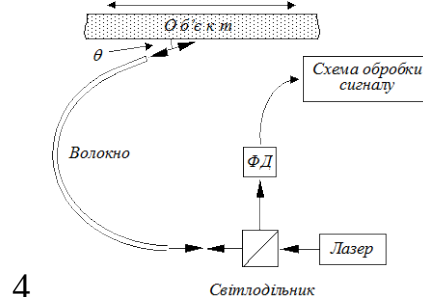
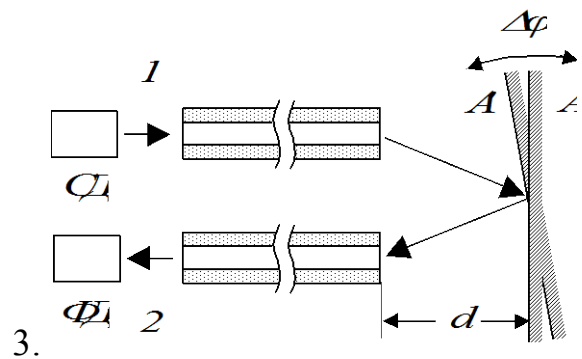
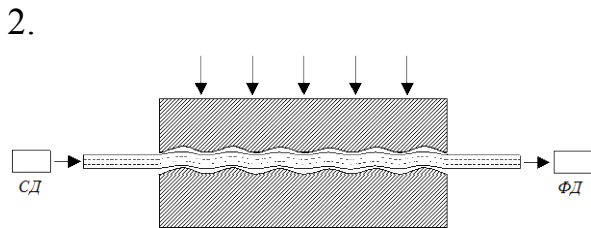
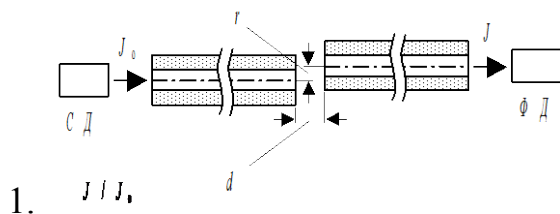
25. Умова одномодовості хвилеводу має вигляд:

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:



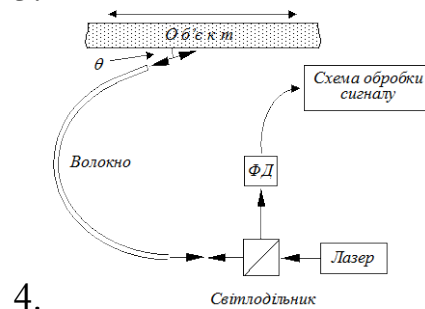
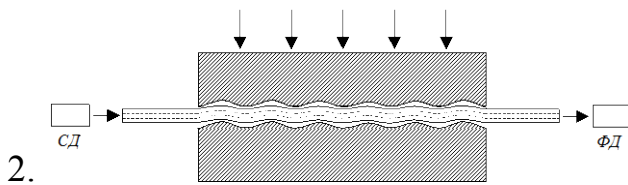
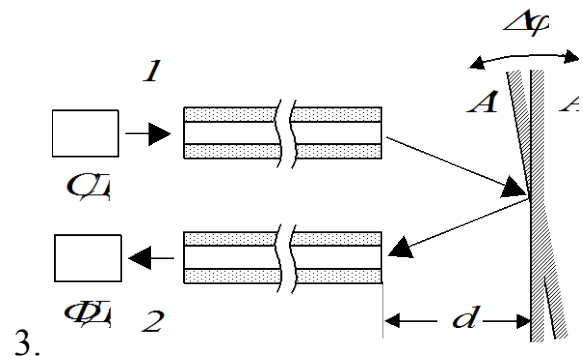
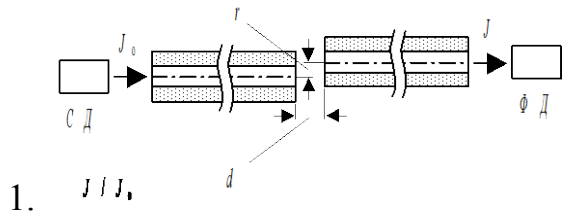
28. Проходження світла по хвилеводу супроводжується наступними видами втрат. Як у планарному, так і стрічковому оптичному хвилеводі втрати, які зазнає світлова хвиля, обумовлюються

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
2. Іонне розпилення
3. Газофазна променева епітаксія
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. $\xi = \frac{10 \lg_{10} \left(\frac{I_{внх}}{I_{вх}} \right)}{l}$

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:

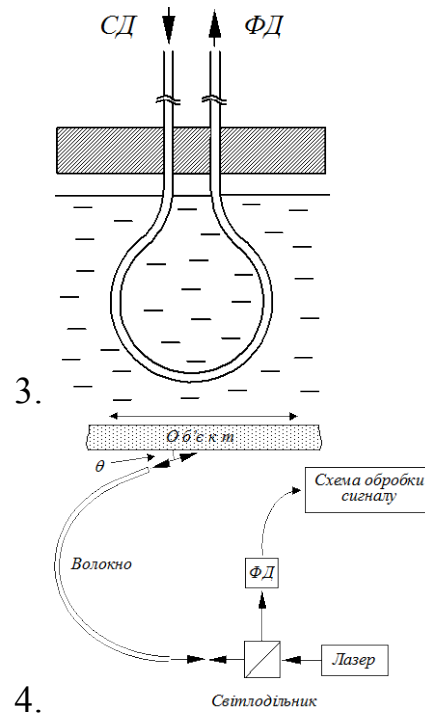
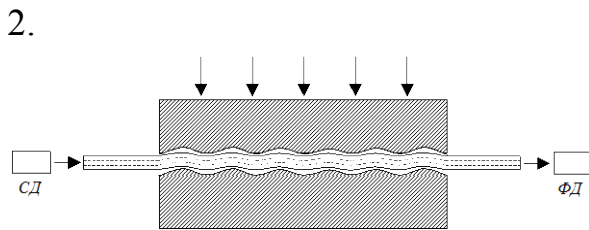
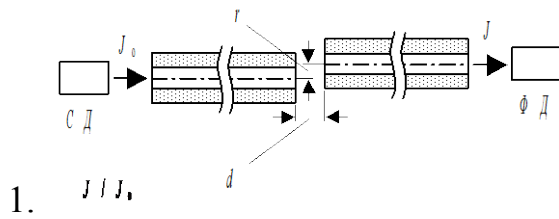
1. $\theta > \theta_c = \sin \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$

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

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

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

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

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

37. Формула Бугера-Ламберта має вигляд:

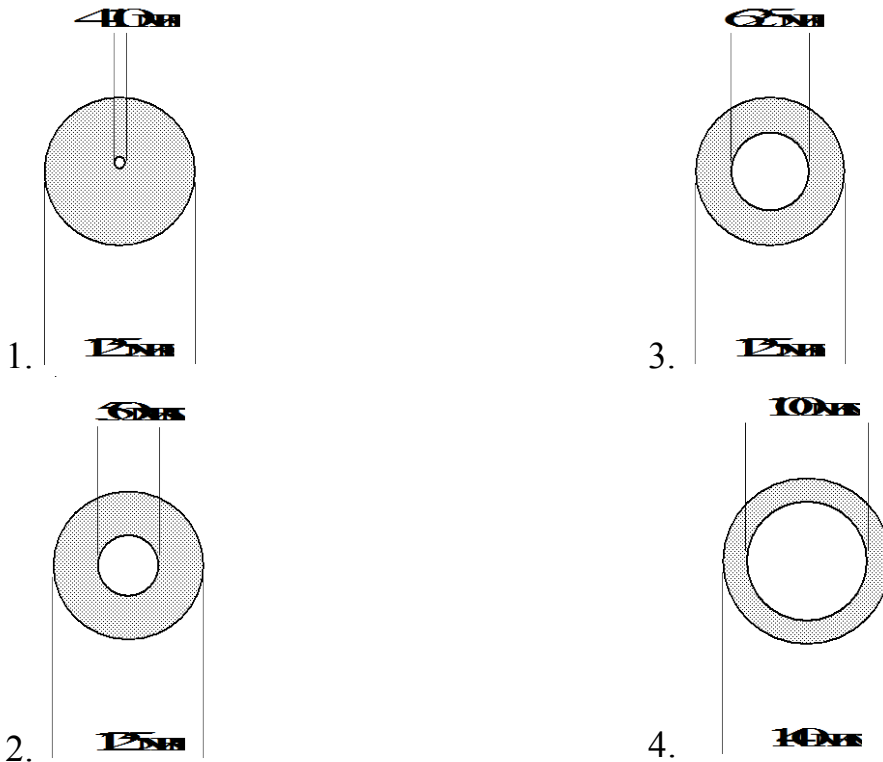
1. $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$,

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.



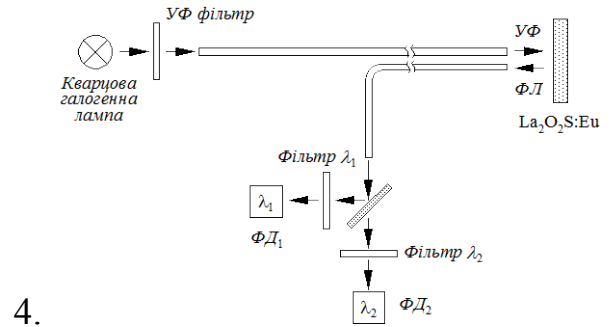
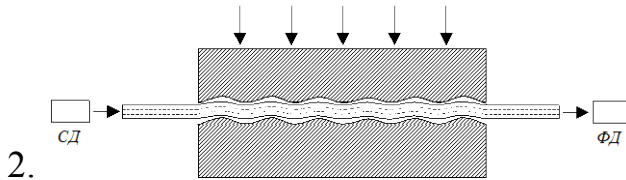
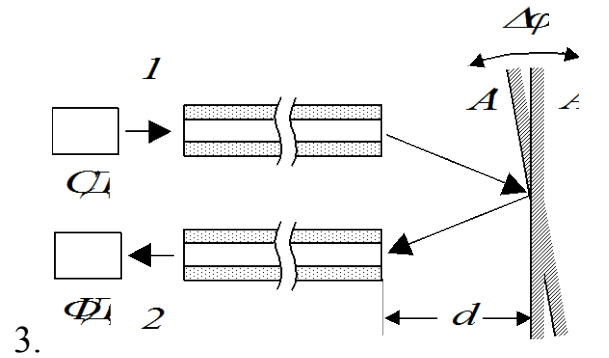
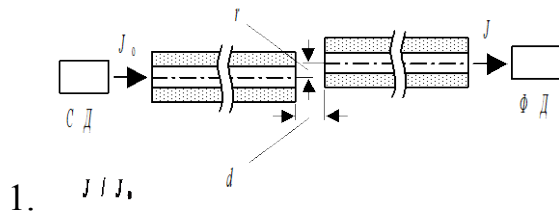
39. Вкажіть на метод ущільнення каналу передачі інформації, в якому використовується випромінювання лазерних діодів з відмінною довжиною хвилі:

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.
2. Метод витягування тонкої скляної нитки із заготівки.
3. Витягування тонкої скляної нитки із заготівки.

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

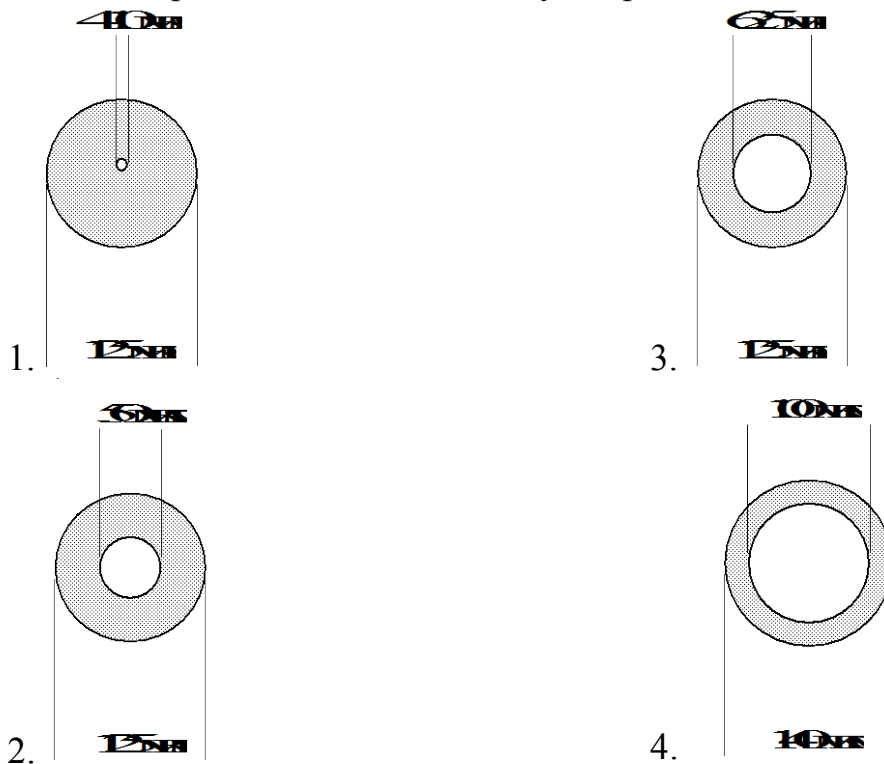
47. Назвіть обов'язкові елементи волоконно-оптичної лінії зв'язку

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

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

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

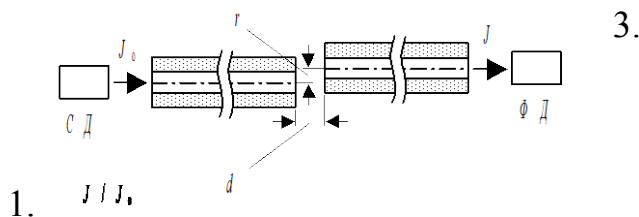
49. Виберіть малюнок, на якому зображене багатомодове оптичне волокно.



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

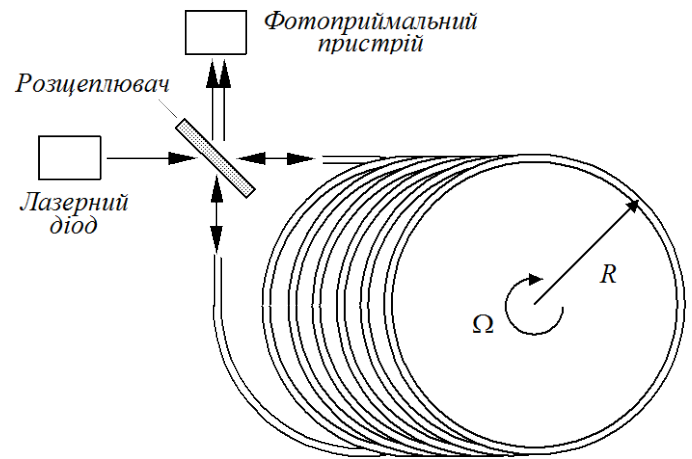
- 1. 50/125 3. 85/125
- 2. 4-5/80 4. 1 мм

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

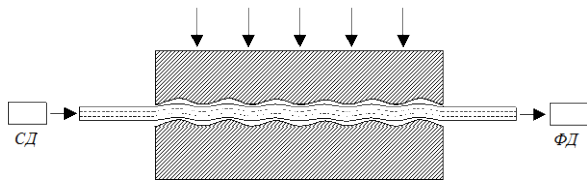


1.

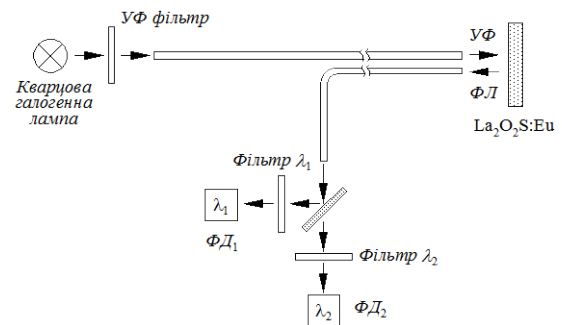
3.



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 елнмент. |

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:

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

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

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

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

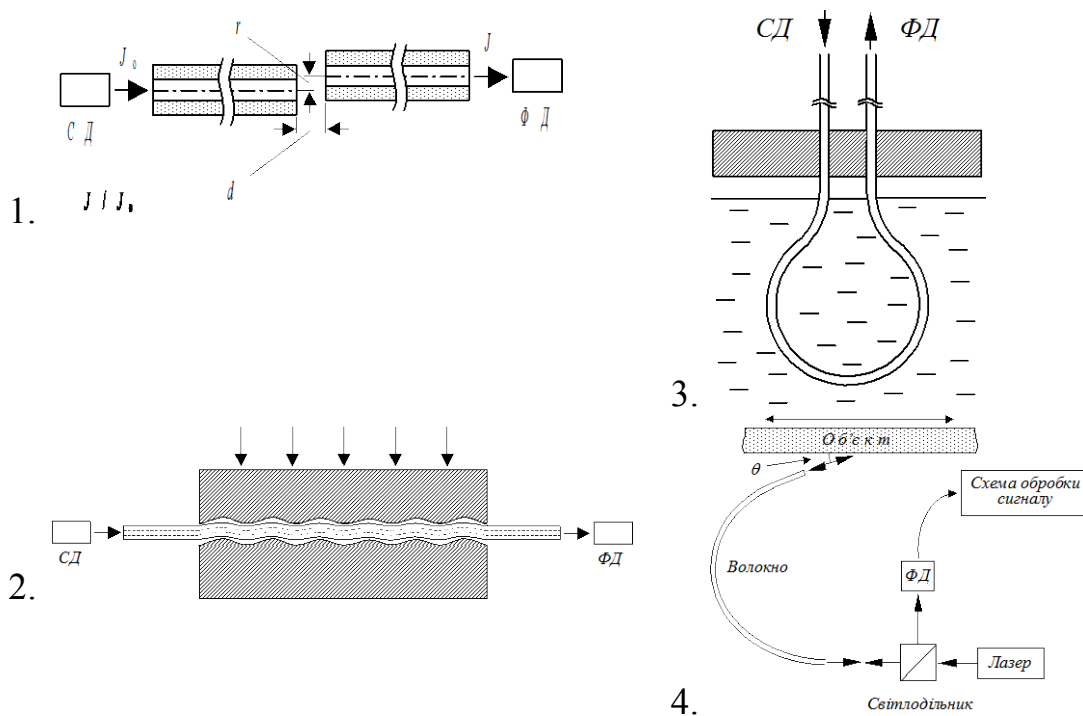
57. Параметр, характеризує ступінь зміни інтенсивності світла під дією керуючого сигналу оптичного модулятора називається:

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.

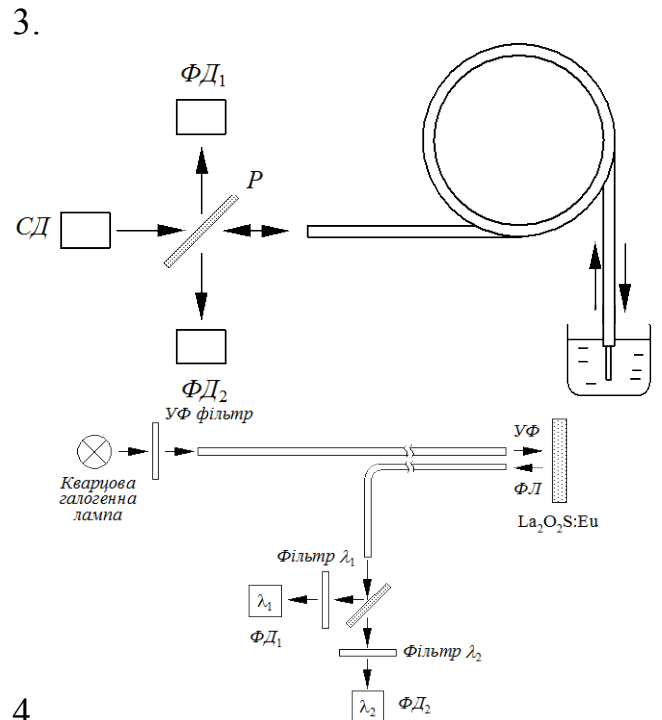
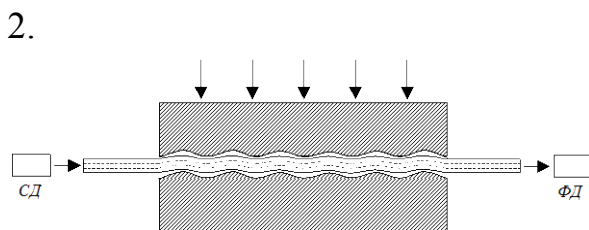
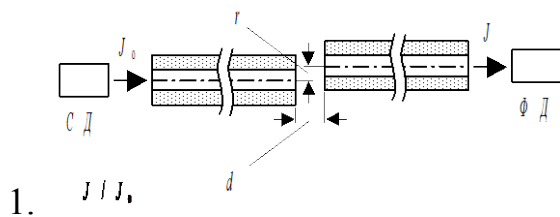
64. Вкажіть на метод ущільнення каналу передачі інформації, при якому кожному каналу відповідає "свій" кут поляризації світла:

- 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:



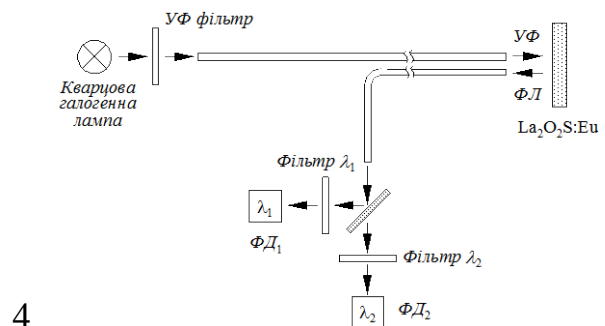
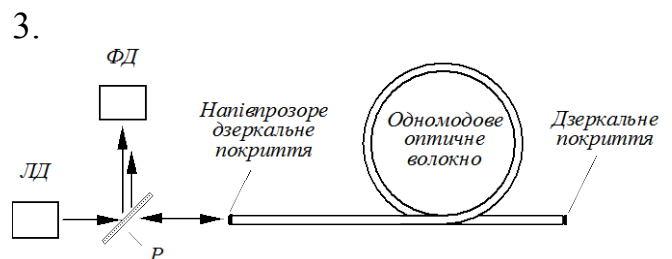
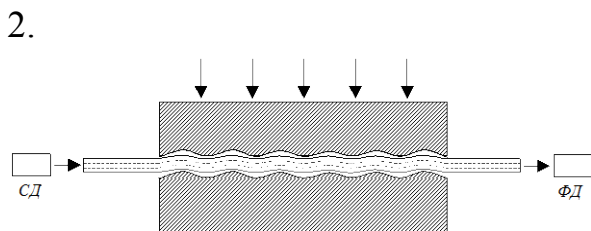
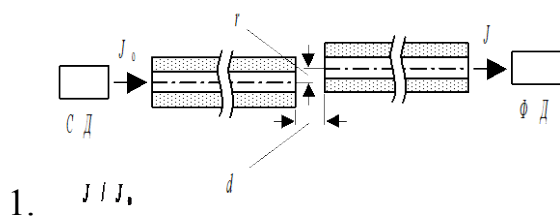
67. На сьогодні використовуються оптоволоконні кабелі із WDM зі швидкостями передачі дані до:

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

ІХ. ОСНОВНА НАВЧАЛЬНА ЛІТЕРАТУРА

1. Введение в оптоэлектронику: учеб.пособие для вузов / И.К.Верещагин, Л.А.Косяченко, С.М.Кокин.- М.: Высш.шк., 1991.- 191 с.
2. Чео П.К. Волоконная оптика: Приборы и системы.- М.: Энергоатомиздат, 1988.- 280 с.
3. Оптика в связь: Опт.передача и обработка информации / А.Козане, Ж.Флере, Г.Мэтр, М.Руссо.- М.: Мир,1984.- 504 с.
4. Дж. Гауэр. Оптические системы связи.- М.: Радио и связь, 1989. - 503 с.
5. Дэвид Бейли, Эдвин Райт/ Волоконная оптика: теория и практика/Пер. с англ. - М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2008. - 320 с.
6. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. — М.: Эко-Трендз, 2-е стереотипное изд. 2002. - 269 с.
7. Шмалько А.В. Цифровые сети связи: основы планирования и построения. - М.: Эко-Трендз, 2001. - 283 с.

Х. ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

1. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (ATM, PDH, SDH, SONET и WDM). - М.: «Радио и связь», 2-е исправленное изд., 2003. - 468с.
2. 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.
3. Агравал Г. Нелинейная волоконная оптика: Пер. с англ. / Под ред. П.В. Мамышева. — М.: Мир, 1996. - 324 с.

Методичне видання

Сливка
Олександр Георгійович

– професор кафедри оптики
фізичного факультету ДВНЗ
”УжНУ”,
доктор фіз.-мат. наук

Гомоннай
Олександр Олександрович

– доцент 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 ”Прикладна фізика ”

Сливка О.Г., Гомоннай О.О., Гомоннай О.В.

”Волоконна оптика та оптичні системи зв’язку”

Методичні рекомендації та тестові завдання
для студентів вищих навчальних закладів
III - IV рівнів акредитації
Спеціальність: 8.070203. «Прикладна фізика»

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*